

PLAN DE ACCIÓN PARA LA ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

CANTÓN SIQUIRRES

Producto 2. Borrador del Diagnóstico

Abril de 2022

El presente documento fue elaborado para la Municipalidad de Siquirres 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.

Abril 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 Siquirres, Talamanca y Corredores (NAP Costa Rica Región Atlántica y Brunca)

Empresas consultoras:

IDOM

IDOM, Engineering, Architecture, Consulting



Centro Para la Sostenibilidad Urbana (CPSU)

Equipo de trabajo:

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

Jessie Vega Méndez, Especialista en procesos participativos

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

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

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

Ruth Martínez Rodríguez, Especialista en adaptación basada en ecosistemas

Aida Fernández Pérez, Especialista en ordenamiento territorial y riesgos

Título del producto:

Producto 2. Diagnóstico

Versión del documento:

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

Supervisión técnica:

Ximena Apéstegui Guardia, Coordinadora del proyecto Plan A

Natalia Gómez Solano, Asistente técnica del proyecto Plan-A

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

Contenidos

Acrónimos y siglas	6
Figuras.....	8
Tablas	9
1 Introducción	11
2 Perfil local	12
2.1 Contexto geográfico	12
2.2 Caracterización socioeconómica	14
2.3 Planificación territorial y sectorial.....	17
2.4 Acciones climáticas en el cantón.....	18
3 Perfil climático	21
3.1 Clima histórico y registro de desastres asociados al clima	22
3.2 Proyecciones climáticas.....	27
3.3 Amenazas asociadas al clima	29
3.4 Categorización de la peligrosidad	32
3.5 Receptores sensibles y cadenas de impacto	40
3.6 Exposición y vulnerabilidad	50
3.7 Riesgos asociados al clima	57
3.8 Capacidad adaptativa actual.....	72
4 Necesidades y oportunidades de adaptación	75
4.1 Políticas y reportes nacionales en materia de acción climática	75
4.2 Análisis de necesidades y oportunidades	77
4.3 Enfoques orientadores del Plan	78
5 Siguiendo pasos.....	80
6 Conclusiones y recomendaciones.....	83
7 Referencias bibliográficas	85
8 Anexo 1. Metodología para el análisis de riesgos.....	87
8.1 Peligrosidad	87
8.2 Exposición y vulnerabilidad	98
8.3 Cálculo del riesgo.....	103
9 Anexo 2. Clima histórico y Proyecciones climáticas en Costa Rica.....	105
9.1 Clima histórico	105
9.2 Proyecciones climáticas.....	105
10 Anexo 3 Resumen del proceso participativo	108
10.1 Avances hasta la fecha.....	108
10.2 Mapeo de actores.....	109

11 Anexo 4. Glosario de términos	112
---	------------

BORRADOR

Acrónimos y siglas

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)
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
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

BORRADOR

Figuras

Figura 1. Localización	12
Figura 2. Áreas de Especial Protección y corredores biológicos	14
Figura 3. Usos del suelo 2020	17
Figura 4. Conceptualización del riesgo climático.....	21
Figura 5. Precipitación media anual en Siquirres	23
Figura 6. Temperatura máxima media anual en Siquirres	24
Figura 7. Temperatura mínima media anual en Siquirres.....	25
Figura 8. Climodiagrama.....	26
Figura 9. Mapa de amenazas hidrometeorológicas	30
Figura 10. Mapa de peligrosidad de inundaciones	34
Figura 11. Mapa de peligrosidad de deslizamientos	36
Figura 12. Mapa de peligrosidad de sequías.....	38
Figura 13. Mapa de vulnerabilidad de la población.....	55
Figura 14. Mapa de vulnerabilidad del hábitat urbano.....	56
Figura 15. Composición espacial del riesgo climático.....	58
Figura 16. Mapa de riesgo de inundaciones sobre población y hábitat urbano ..	62
Figura 17. Mapa de riesgo de inundaciones sobre vías	63
Figura 18. Mapa de riesgo de deslizamientos sobre población y hábitat urbano	67
Figura 19. Mapa de riesgo de sequías sobre sector agropecuario y áreas naturales	69
Figura 20. Mapa de riesgo de olas de calor sobre población y hábitat urbano ..	71
Figura 21. Lineamientos contenidos en la PNACC	75
Figura 22. Fundamentos del análisis DAFO.	77
Figura 23. Índice de aridez promedio	93
Figura 24. Matriz de relevancia de actores.....	110

Tablas

Tabla 1. Población distribuida por zona y sexo	15
Tabla 2. Población activa por tipo de actividad	15
Tabla 3. Cambios en el uso del suelo	16
Tabla 4. Eventos asociados al clima (1988-2019)	26
Tabla 5. Porcentaje de cambio en la precipitación con respecto al período histórico en Siquirres.....	28
Tabla 6. Porcentaje de cambio en la temperatura máxima con respecto al período histórico en Siquirres.....	28
Tabla 7. Porcentaje de cambio en la temperatura mínima con respecto al período histórico en Siquirres.....	29
Tabla 8. Porcentajes de cambio de la variable R95p en Siquirres	33
Tabla 9. Porcentajes de cambio de la variable CDD en Siquirres.....	39
Tabla 10. Receptores sensibles.....	41
Tabla 11. Cadenas de impactos asociadas a las inundaciones	43
Tabla 12. Cadenas de impactos asociadas a los deslizamientos	44
Tabla 13. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores 1988-2019	45
Tabla 14. Cadenas de impactos asociadas a las sequías.....	46
Tabla 15. Cadenas de impactos asociadas a las olas de calor	48
Tabla 16. Impactos indirectos sobre la población en situación de vulnerabilidad frente al cambio climático	49
Tabla 17. Indicadores de análisis de las amenazas	51
Tabla 18. 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.....	60
Tabla 19. 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.....	65
Tabla 20. 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	68
Tabla 21. 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.....	70
Tabla 22. Hitos y fechas de los próximos pasos.	82
Tabla 23. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a lluvias intensas	88
Tabla 24. Categorización de pendientes como criterio para la componer la peligrosidad espacial de inundaciones.....	89
Tabla 25. Peligrosidad a inundaciones.....	89

Tabla 26. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a inundaciones	90
Tabla 27. Categorización de pendientes como criterio para la componer la peligrosidad espacial de deslizamientos	91
Tabla 28. Peligrosidad a deslizamientos	91
Tabla 29. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a deslizamientos	92
Tabla 30. Categorización de la aridez.....	94
Tabla 31. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a déficit de lluvias.....	95
Tabla 32. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a déficit de lluvias	96
Tabla 33. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a olas de calor	97
Tabla 34. Esquema de actividades previsto	108
Tabla 35. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1	109
Tabla 36. Relevancia de actores identificados.	110

1 Introducción

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 en 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 Siquirres, Talamanca y Corredores (NAP Costa Rica Región Atlántica y Brunca)

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 Siquirres. 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 Siquirres (PAAC).

Este cantón se compone por seis unidades geomórficas: con origen en sedimentación aluvial, origen tectónico y erosivo, origen volcánico, originada por remoción en masa, litoral de origen marino y de origen estructural.

2.1.2 Hidrología

El sistema fluvial del cantón corresponde con la subvertiente Caribe de la vertiente del mismo nombre, que pertenece a las cuencas de los ríos Reventazón, Parismina, Pacuare, Madre de Dios y Matina. Algunos de los ríos que conforman este sistema son: Bonilla, Pascua, Peje, Silencio, Chiquero, Siquirres, Madre de Dios o Caño Azul.

2.1.3 Áreas de especial protección y corredores biológicos

En el cantón de Siquirres existen zonas que presentan algún tipo de régimen de protección especial, como son los humedales, las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y los Territorios Indígenas.

En el caso de los humedales, se trata de una categoría de manejo incluida en las Áreas Silvestres Protegidas por la Ley de Biodiversidad (artículo 58), pero dada su entidad en la regulación y balance hídrico, en esta ocasión se ha tratado de forma separada. Además, se ha considerado necesario desagregarlo para el análisis de riesgos, como se explica en el apartado 4.5.

- **Humedales (SINAC):**

En este cantón se encuentran alrededor de 94 km² de humedales, lo que supone casi el 11% del territorio, distribuidos por todo el territorio especialmente en la zona norte. Dos de los más importantes son el humedal Lacustrino Bonilla Bonillita y Nacional Cariari. Los humedales existentes son de tipo lacustre (laguna y lago) y palustre (pantano arbolado y pantano herbáceo). Algunos de ellos se encuentran dentro de Áreas Silvestres Protegidas (ASP), como la Laguna Bonilla que se encuentra dentro del Humedal Lacustrino Bonilla-Bonillita.

- **Áreas Silvestres Protegidas:**

El 14% de la superficie del cantón corresponde con Áreas Silvestres Protegidas (ASP), lo que corresponde con alrededor de 124 km². Estas áreas son el Parque Nacional Barbilla (0,25 km²), las Reservas Forestales Río Pacuare (93,9 km²) y la Cordillera Volcánica Central (22,7 km²), y la Zona Protectora cuenca Río Siquirres (6,9 km²).

- **Territorios Indígenas:**

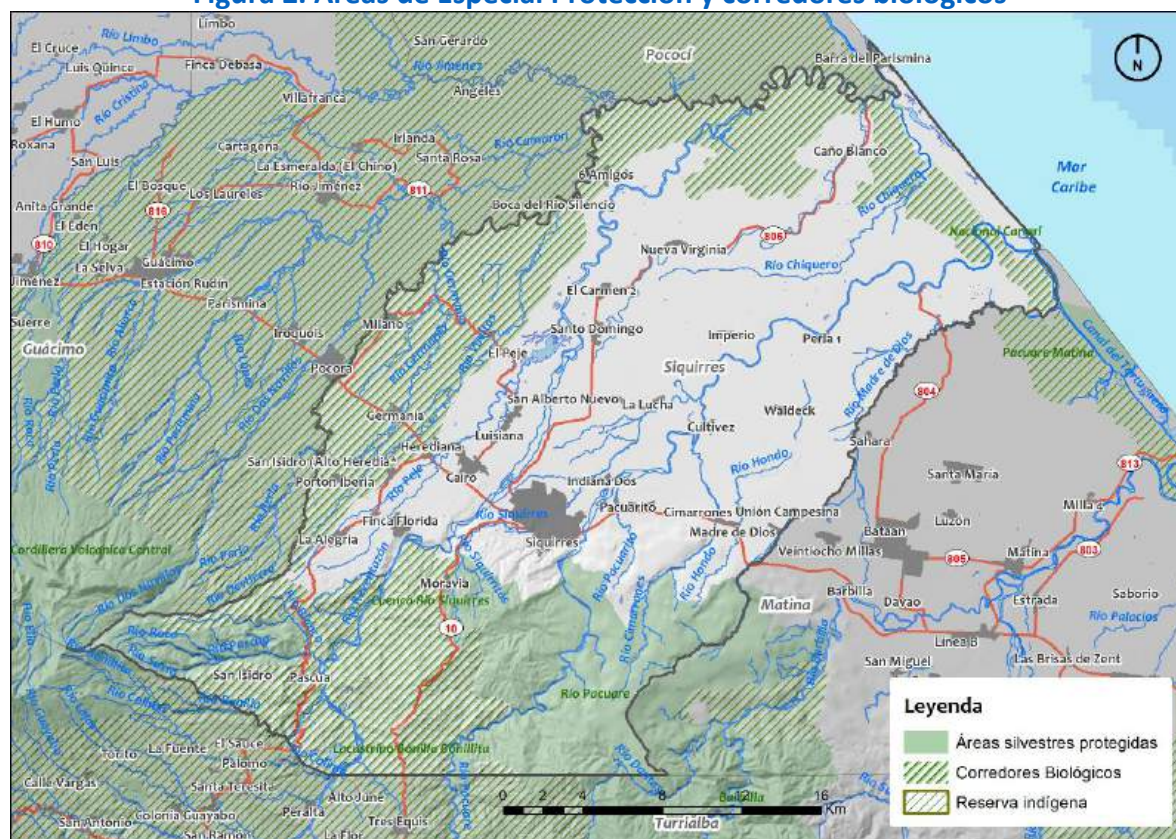
Alrededor del 1% del cantón (9,6 km²) corresponde con el Territorio Indígena Cabecar de Nairi-Awari, situado al sur de Siquirres.

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 corredores:

- C23. Parismina
- C24. Moin Tortuguero
- C55. Volcánica Central Talamanca

Figura 2. Áreas de Especial Protección y corredores biológicos



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

Los distritos de Siquirres y Pacuarito pertenecen al área de conservación La Amistad-Caribe (ACLA-C), según lo recogido en el proyecto BIOMARCC (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013).

2.2 Caracterización socioeconómica

2.2.1 Población

Los datos del último censo oficial publicado en 2011 indican que la población de Siquirres alcanza los 56.786 habitantes, de los que 28.031 son mujeres (49%) y 28.755 son hombres (51%). Esta se distribuye por los distritos de modo que Siquirres acapara la mayoría de la población con casi un 57 %, seguido de Pacuarito con un 15%, El Cairo con 11%, Alegría con

10%, Germania con un 4% y por último Florida con menos de un 4% de los habitantes del cantón. En la Tabla 1. Población distribuida por zona y sexo se muestra la población diferenciando por distritos, sexo y zona urbana-rural. En esta tabla no se concreta la población del cantón Reventazón, puesto que se creó en el año 2018 y el último censo es anterior a esta fecha.

En ese año, casi el 54% de la población se localizaba en zonas urbanas. Atendiendo a los datos de densidad de población que también arroja el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la densidad promedio en el año 2011 se situaba en los 55 hab/km², siendo el distrito que presenta un valor mayor Siquirres con 85 hab/km².

Tabla 1. Población distribuida por zona y sexo

Distritos	Zona urbana			Zona rural		
	Mujeres	Hombres	Total	Mujeres	Hombres	Total
<i>Siquirres</i>	10.680	10.222	20.902	5.088	5.647	10.735
<i>Pacuarito</i>	1.735	1.871	3.606	2.409	2.741	5.150
<i>Florida</i>	395	415	810	660	714	1.374
<i>Germania</i>	636	698	1.334	539	598	1.137
<i>El Cairo</i>	1.705	1.631	3.336	1.319	1.427	2.746
<i>Alegría</i>	293	294	587	2.572	2.497	5.069
Total	15.444	15.131	30.575	12.587	13.624	26.211

Fuente: INEC (2011).

2.2.2 Actividades productivas

En cuanto a la estructura productiva del cantón, predominan los sectores primario y terciario con 44,8% y 44,7%, respectivamente; seguido por el sector secundario con un 10,5% (INEC, 2011).

Como se ha comentado, el **sector primario y terciario**, en los que se aglutinan la agricultura y ganadería por un lado; y actividades como el comercio, la hostelería, el transporte, las actividades inmobiliarias o la enseñanza por el otro; se encuentran ampliamente representados en este territorio. Esto se puede ver también en el número de personas que son empleadas por cada tipo de actividad:

Tabla 2. Población activa por tipo de actividad

Actividad	Trabajadores
Sector primario	6.768
Sector secundario	1.930
Sector terciario	6.289
Total	14.987

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

2.2.3 Usos del suelo

Acorde con la información analizada de la Agencia Espacial Europea bajo la *Climate Change Initiative* (CCI), en los últimos veinte años la cubierta del suelo se ha visto alterada, como se ve en la Tabla 3. Cambios en el uso del suelo. El cantón ha experimentado un retroceso en la superficie dedicada a los cultivos y esta probablemente ha sido recolonizada por vegetación natural y semi-natural, dada la relación entre la tasa de cambio de ambos usos. Por otro lado, la huella urbana del cantón ha aumentado ligeramente lo que puede señalar, junto al abandono de los cultivos, que el cantón sigue una tendencia de urbanización tal y como sucede en buena parte del planeta.

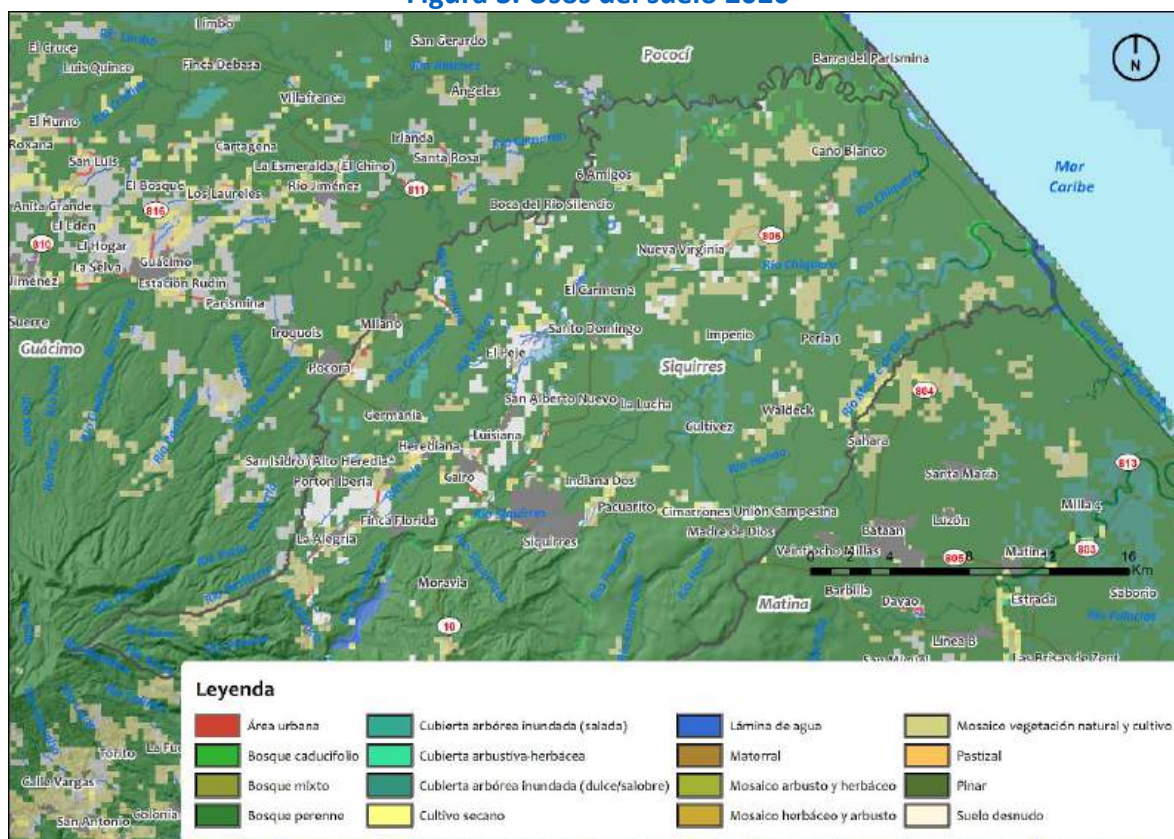
Tabla 3. Cambios en el uso del suelo

Cobertura	2000 (%)	2020 (%)	Tasa de cambio (%)
Cultivos	17,51	13,82	-3,69
Vegetación natural y semi-natural terrestre	78,71	81,53	2,82
Vegetación natural y semi-natural acuática	3,50	4,04	0,54
Áreas urbanas	0,09	0,12	0,03
Láminas de agua	0,14	0,45	0,31
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).

2.3 Planificación territorial y sectorial

El cantón de Siquirres 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 Local 2016-2030 (2016)**

Este Plan supone la definición de la estrategia local de desarrollo cuyo punto objetivo es lograr el territorio que se imaginan sus habitantes en este plazo de 14 años. Su objetivo general es orientar en el ordenamiento y mejora de los recursos para asegurar su uso eficiente. Esta se vertebra en distintas áreas estratégicas de desarrollo sobre los que se definen objetivos específicos:

- Desarrollo social
- Desarrollo de logística en infraestructura y servicios
- Desarrollo productivo/económico

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

- Fortalecimiento y consolidación de la integración de la organización comunal-distrital y de la coordinación municipal e interinstitucional
- Planificación para la conservación, manejo y uso racional de los recursos naturales, ambiente y ordenamiento territorial

Entre sus metas específicas se encuentra la implementación de un sistema de información preventivo de control de los efectos ocasionados por los desastres naturales, así como otras relacionadas con la conservación y el buen manejo de los recursos naturales y el territorio. Ello revierte en un cantón más resiliente donde se trata de evitar los desastres naturales y garantizar la conservación del ambiente.

- **Plan de Gobierno 2016-2020**

El Plan de Gobierno constituye el marco estratégico, cuya visión es “posicionar a Siquirres como un cantón modelo, moderno, con mejores oportunidades de estudio y empleo, con mayor participación ciudadana y liderado por un gobierno local eficiente, con criterio científico y humano”. En este se definen los pilares fundamentales sobre los que se desarrolla la gobernanza. Estos son:

- Empleo
- Infraestructura
- Juventud, deporte y cultura
- Gestión social y educativa
- Gestión ambiental
- Gestión administrativa municipal

Las estrategias que plantea repercuten en la consecución de un cantón con mayor capacidad adaptativa frente al cambio climático por lo que, aunque no especifique medidas concretas en relación con este, de forma transversal trata de resolverlo, haciendo hincapié en las líneas de acción asociadas a la gestión ambiental.

- **Plan Regulador (2020)**

Los objetivos del Plan Regulador se basan en promover y regular una relación óptima entre los usos del suelo para que conservación y desarrollo sean posibles.

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 de respuesta frente a los retos del cambio climático.

2.4 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.

Actualmente, en el cantón de Siquirres, los diferentes actores del territorio desarrollan las siguientes acciones que contribuyen a la adaptación del cantón:

- El plan regulador del cantón está en proceso de realización con lo cual se presente ordenar de manera planificada el cantón de acuerdo a las zonas ambientalmente frágiles y las capacidades de usos del suelo.
- El Comité Municipal de Emergencias se mantiene activo en operación encargado de las acciones referentes a la atención de emergencias y recuperación post desastre.
- En conjunto con la Universidad Técnica Nacional se promueve la formación la capacitación técnica en áreas de innovación y emprendimiento para mujeres, adultos mayores y jóvenes.
- La Unidad Técnica de Gestión y Saneamiento Ambiental brinda el servicio de recolección separada de los residuos valorizables y no valorizables a toda la población del cantón y mantiene de forma permanente la realización de actividades de educación ambiental.
- La municipalidad administra el Centro de Cuido y Desarrollo Infantil del cantón con lo cual colabora el cuido y la educación de las infancias del cantón.
- El Área de Acción Social de la municipalidad desarrolla actividades durante todo el año para el fomento y divulgación de la cosmovisión de las personas afrodescendientes.
- La municipalidad desarrolla anualmente obras de infraestructura vial, puentes, caminos, aceras y de alcantarillado pluvial con el fin de mejorar la conectividad de las poblaciones y el manejo apropiado de las aguas pluviales.

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

- Diversas organizaciones públicas y privadas existentes en el cantón cuentan con el reconocimiento de Bandera Azul Ecológica en sus diferentes categorías, así como el Certificado de Sostenibilidad Turística

Así mismo, el cantón de Siquirres ha fijado algunas acciones climáticas, a tenor de lo incluido en el Plan de Desarrollo Local del cantón para el período 2016-2030:

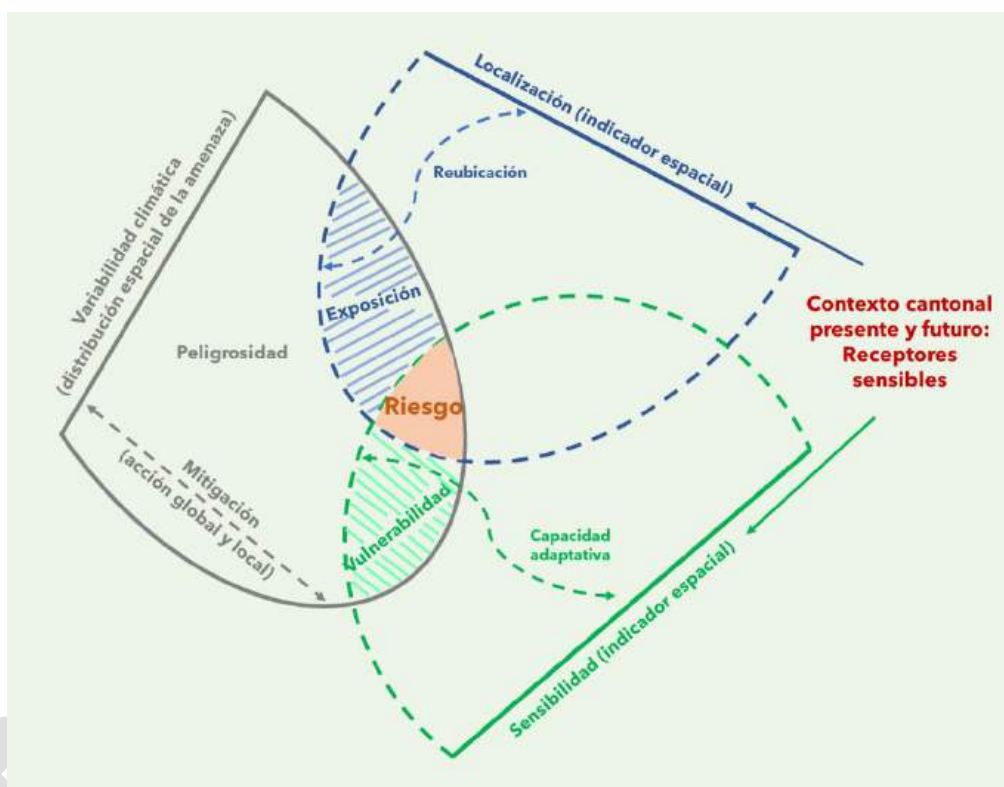
- Iniciar un proceso de mejoramiento de la eficiencia y eficacia de la gestión municipal, que permita promover un desarrollo humano, equitativo y sostenible del cantón.
- Iniciar un proceso de la participación de las comunidades de los distritos del cantón, en lo referente a la toma de decisiones de la inversión municipal y en el acceso a oportunidades de servicios de las instituciones, para lograr un desarrollo humano, equitativo y sostenible del cantón.
- Elaborar en forma participativa un plan para el desarrollo sostenible para los sectores socioproductivos, que permita a las familias ejecutar actividades productivas competitivas, para aumentar el ingreso familiar y mejorar su calidad de vida.
- Elaborar participativamente un plan para la recuperación, conservación el manejo y uso racional de los recursos naturales, de tal manera que se garantice la perpetuidad de su preservación como patrimonio de las futuras generaciones de nuestras comunidades.

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

3 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 el enfoque y los conceptos a utilizar.

Figura 4. Conceptualización del riesgo climático



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

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

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

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

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

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

3.1 Clima histórico y registro de desastres asociados al clima

El clima en el cantón de Siquirres, incluido en la región climática Vertiente del Caribe, es tropical húmedo. No presenta una estación seca definida, ya que en los meses menos lluviosos (de abril a septiembre) las precipitaciones rondan entre los 100 y 200 mm (IMN, 2021).

A continuación, se analizan las tendencias históricas de las precipitaciones y temperatura, así como los desastres asociados al clima. Para más información sobre las proyecciones de Costa Rica y las utilizadas en el presente informe acudir al Anexo 2. Clima histórico y Proyecciones climáticas en Costa Rica.

3.1.1 Precipitación

La precipitación media anual de Siquirres se sitúa alrededor de los 3.600 mm/año, con algunas variaciones a lo largo del cantón, siendo las franjas norte y sur del cantón donde se registran ligeramente menores precipitaciones a lo largo del año, como se puede ver en la Figura 5.

Legenda

Precipitación media anual [mm/año]
WorldClim v2.1 [1970-2000]

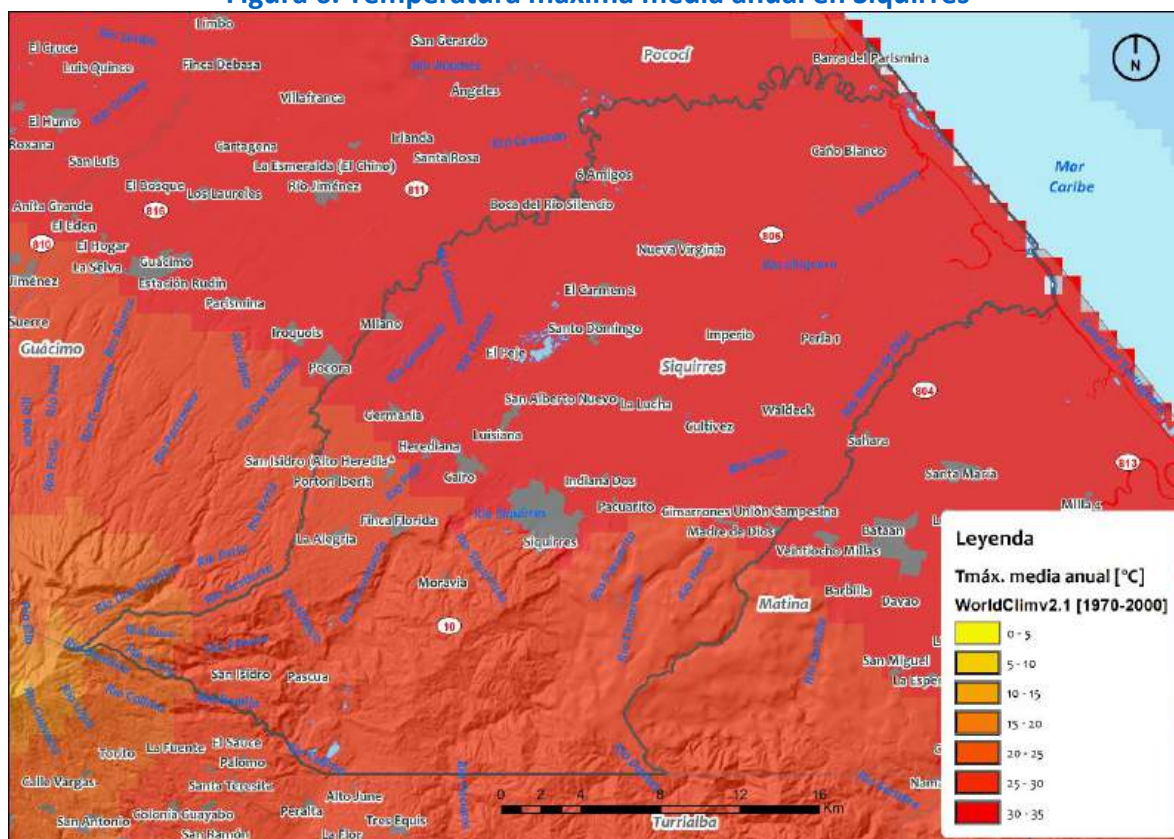
< 1,500
1,500 - 2,000
2,000 - 2,500
2,500 - 3,000
3,000 - 3,500
3,500 - 4,000
4,000 - 4,500
4,500 - 5,000
> 5,000

3.1.2 Temperatura

Plan de Acción para la Adaptación Climática de Siquirres

Producto 2 – Borrador del Diagnóstico

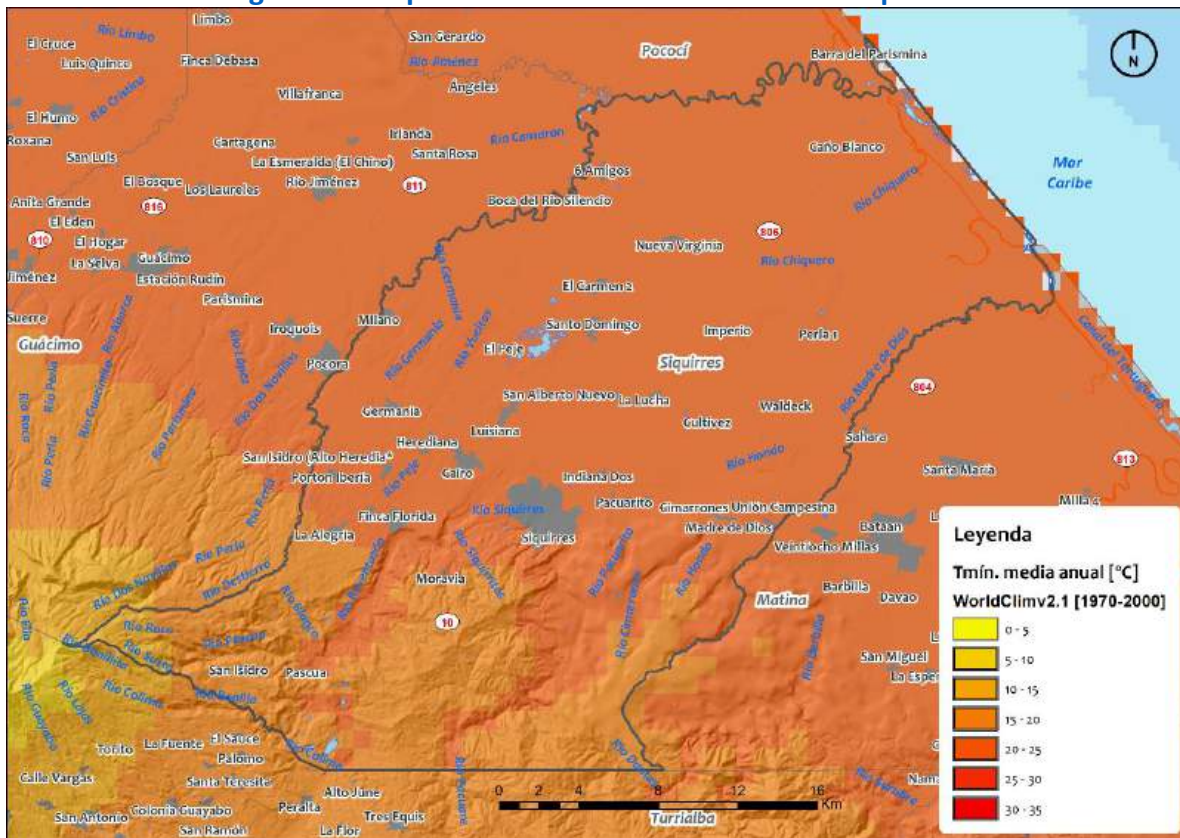
Figura 6. Temperatura máxima media anual en Siquirres



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

En cuanto a la T^a mín sucede un patrón similar donde el cantón se divide en tres franjas, siendo una de ellas predominante que se caracteriza por temperaturas alrededor de los 22°C.

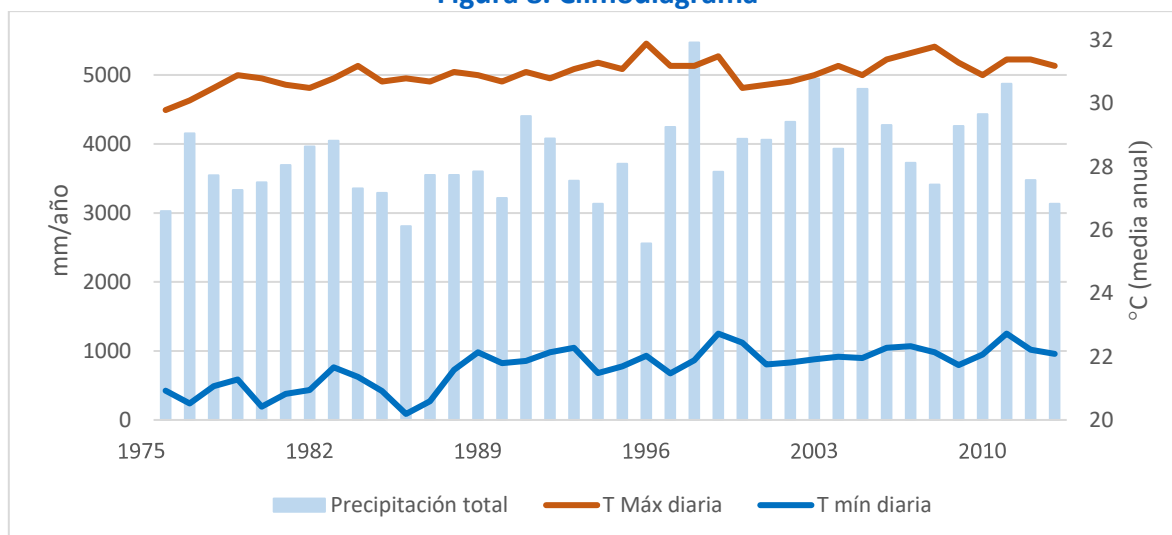
Figura 7. Temperatura mínima media anual en Siquirres



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

Con base en los datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), para la estación de Hacienda El Carmen que es la más cercana al cantón, se completa el siguiente perfil térmico y pluviométrico. Estas dos variables se relacionan en el siguiente climodiagrama (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:

Figura 8. Climodiagrama



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

3.1.3 Eventos asociados al clima

Este cantón ha experimentado a lo largo de la historia la sucesión de distintos eventos asociados al clima que han tenido consecuencias en términos sociales y económicos. El Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) cuenta con información sobre estos desde el año 1988 (MIDEPLAN, 2019), y en el caso de Siquirres son los siguientes:

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

Nº	Evento	Tipo de evento	Año	Duración	Distrito
1	Huracán Juana	Lluvias intensas	Oct 1988	5 días	Siquirres
2	Plan Regulador para los cantones de Turrialba, Jiménez, Paraíso, Sarapiquí, Siquirres, Matina, Limón y Talamanca	Lluvias intensas	Dic 1993	6 días	Siquirres, Pacuarito Florida, y Cairo
3	Depresión tropical Nº 12	Lluvias intensas	Nov 1994	7 días	Alegría y Cairo
4	Temporal del 12 al 14 de febrero de 1996	Lluvias intensas	Feb 1996	3 días	Siquirres, Pacuarito, Alegría y Cairo
5	Inundaciones en la Vertiente Caribe y Zona Norte	Lluvias intensas	Jul 1997	12 días	Siquirres y Pacualito
6	Inundaciones en la Vertiente Caribe y Zona Norte 1997	Lluvias intensas	Ag 1997	5 días	Siquirres, Pacuarito, Florida, Alegría, Germania y Cairo
7	Fenómenos hidrometeorológicos 1999-2000	Lluvias intensas	Nov 1999	81 días	Siquirres y Pacualito

Nº	Evento	Tipo de evento	Año	Duración	Distrito
8	Lluvias semipermanentes y de variable intensidad en la Vertiente Caribe y Norte	Lluvias intensas	Nov 2001	38 días	Siquirres, Pacuarito, Florida, Alegría y Cairo
9	Plan Regulador decreto de emergencia Nº 30456	Lluvias intensas	May 2002	3 días	-
10	Plan regulador por inundaciones Vertiente Atlántica	Lluvias intensas	Nov 2002	11 días	Siquirres, Pacuarito, Florida, Alegría, Germania y Cairo
11	Inundaciones en la Vertiente del Caribe y Zona Norte	Lluvias intensas	Dic 2003	3 días	Siquirres, Pacuarito, Florida y Cairo
12	Inundación en las provincias de Limón, Heredia, Cartago y Alajuela	Lluvias intensas	En 2005	14 días	Siquirres, Pacuarito, Florida y Cairo
13	Sistemas de baja presión en Zona Norte y Vertiente Caribe	Lluvias intensas	Jun 2007	10 días	Siquirres, Pacuarito, Florida, Alegría, Germania y Cairo
14	Depresión tropical Nº 16	Lluvias intensas	Oct 2008	4 días	Siquirres
15	Interacción de baja y alta presión (Decretos 34906 y 34973)	Lluvias intensas	Nov 2008	15 días	Siquirres, Pacuarito, Florida, Alegría, Germania y Cairo
16	Inundaciones por influencia de frente frío	Lluvias intensas	Feb 2009	7 días	Siquirres, Pacuarito y Cairo
17	Temporal y paso de un sistema de baja presión. Provincia de Limón y cantones de Sarapiquí y Turrialba	Lluvias intensas	Jun 2015	8 días	Siquirres, Pacuarito, Florida, Alegría, Germania y Cairo

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 3.5 del presente documento.

3.2 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. Clima histórico y Proyecciones climáticas en Costa Rica. En los siguientes apartados se presentan los resultados obtenidos.

3.2.1 Precipitación

La precipitación media anual muestra una tendencia de aumento. En la Tabla 5 se aprecia cómo para el escenario RCP 4.5 hay un aumento de la precipitación media en ambos horizontes temporales (2030 y 2060), siendo algo superior en el período temporal más cercano.

Para el escenario RCP 8.5 la tendencia es similar pero más acentuada. Ambos horizontes temporales muestran un aumento de la precipitación media, siendo el incremento en el horizonte temporal más cercano (2030) casi el doble que en el horizonte lejano (2060). Del mismo modo, la anomalía también aumenta con relación al escenario climático RCP 4.5 y RCP 8.5.

Tabla 5. Porcentaje de cambio en la precipitación con respecto al período histórico en Siquirres

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la precipitación media anual (%)	RCP4.5	2030	2,90 %	0,39 %	2,15 %	3,11 %
		2060	1,99 %	0,38 %	1,31 %	2,29 %
	RCP8.5	2030	7,54 %	0,52 %	6,84 %	8,17 %
		2060	3,94 %	0,59 %	2,97 %	4,54 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

3.2.2 Temperatura

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

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

Tabla 6. Porcentaje de cambio en la temperatura máxima con respecto al período histórico en Siquirres

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la temperatura máxima (°C)	RCP4.5	2030	0,88 °C	0,01 °C	0,87 °C	0,90 °C

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
		2060	1,53 °C	0,01 °C	1,51 °C	1,54 °C
	RCP8.5	2030	1,05 °C	0,01 °C	1,04 °C	1,06 °C
		2060	2,23 °C	0,02 °C	2,20 °C	2,26 °C

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Por otro lado, la temperatura mínima sigue un patrón muy similar al anterior. Para el escenario de emisiones RCP 4.5 hay un aumento de 1,5°C. De nuevo, en el escenario de emisiones RCP 8.5 el aumento de la temperatura mínima llega hasta los 2,22°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 7. Porcentaje de cambio en la temperatura mínima con respecto al período histórico en Siquirres

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la temperatura mínima (°C)	RCP4.5	2030	0,88 °C	0,01 °C	0,86 °C	0,89 °C
		2060	1,50 °C	0,02 °C	1,48 °C	1,53 °C
	RCP8.5	2030	1,07 °C	0,01 °C	1,05 °C	1,08 °C
		2060	2,22 °C	0,02 °C	2,18 °C	2,25 °C

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

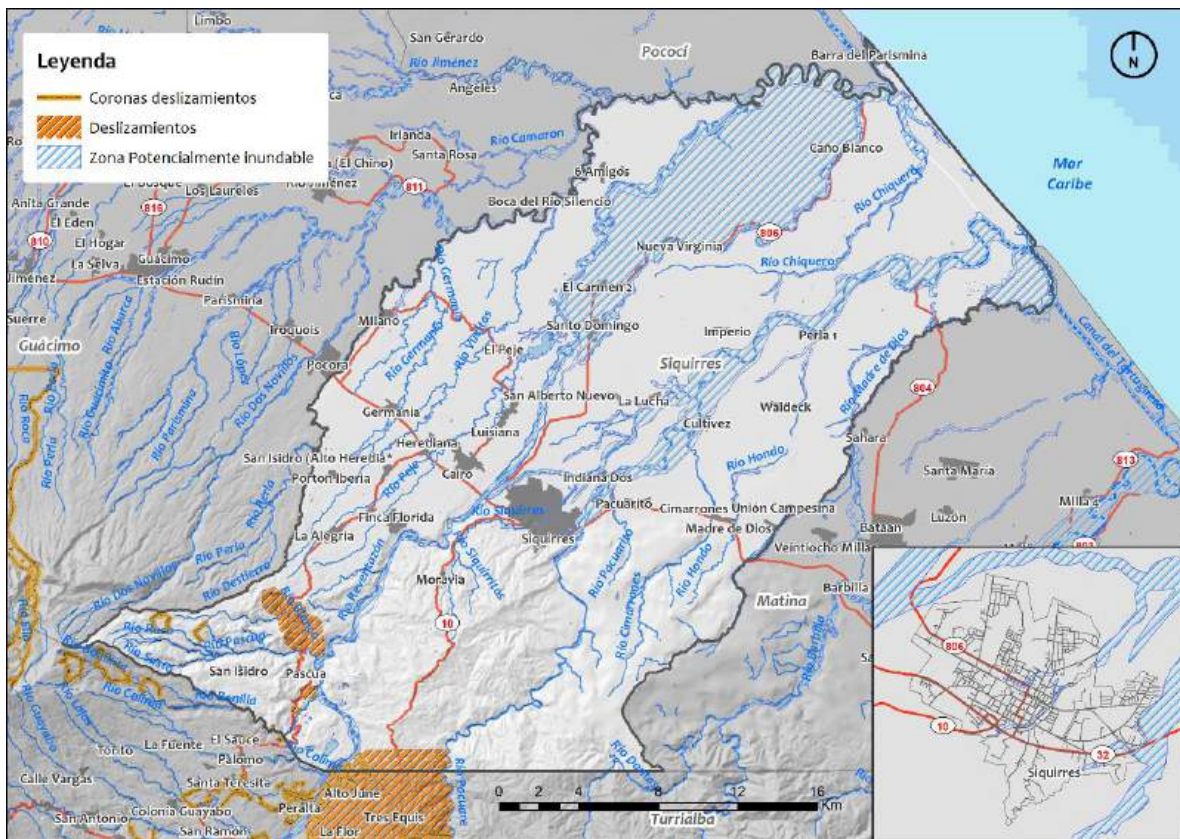
3.3 Amenazas asociadas al clima

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

Figura 9. Mapa de amenazas hidrometeorológicas



Fuente: IDOM-CPSU (2021) a partir de la información de la CNE (datos del 2006, consultado en 2022)

3.3.1 Inundaciones

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

Como se ha comentado, este cantón tiene una red fluvial definida principalmente por los ríos Madre de Dios, Cimarrones, Pacuare, Siquirres, Bonilla, Reventazón, Destierro, Peje y Chiquero. Algunos de estos han disminuido su período de recurrencia de inundaciones a un año o incluso períodos menores debido a la ocupación de las planicies de inundación y el desarrollo urbano desordenado y sin planificar. Además, a esta situación se le suma el lanzamiento de desechos sólidos a los cauces, lo que reduce aún más la capacidad de la sección hidráulica, lo que provoca el desbordamiento de ríos y quebradas. Esta situación se ve empeorada por los serios problemas de construcción de viviendas cercanas a los ríos del cantón.

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

Las zonas o barrios más afectados por las inundaciones de ríos y quebradas del cantón, según la CNE⁴ (CNE, 2022), son Madre de Dios, San Carlos, Fincas Bananeras, Cimarrones, Santa Rosa, Betania, Indianas, Pacuarito, Manila, Imperio, Encanto, Perla, Siquirres, Bonilla Abajo, Lomas, Florida, Junta, Tres Millas, Santo Domingo, Milano, Cocal y Cuatro Millas.

3.3.2 Deslizamientos

Los deslizamientos pueden deberse a períodos de fuertes lluvias y su grado de incidencia dependerá de las pendientes, grado de deforestación y tipos de rocas. En el caso de Siquirres, la inestabilidad de laderas se localiza principalmente hacia el suroeste del cantón, donde la pendiente es más abrupta. Además, son susceptibles a inestabilidad de suelos aquellos lugares donde se han practicado cortes de caminos y rellenos poco compactos.

3.3.3 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.

3.3.4 Olas de calor

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

En los puntos donde el suelo se encuentra sellado, como resultado de la artificialización del entorno, como ocurre en las zonas urbanas, el efecto isla de calor provocada por esta situación incrementa la exposición de la población a mayores temperaturas diarias y nocturnas, por lo que aumenta el riesgo sobre la salud (pudiendo sufrir mareos, por ejemplo). Como se ha señalado en el apartado 2.2.3, en los últimos años la superficie de suelo urbano ha aumentado por lo que la incidencia de esta amenaza puede incrementarse del mismo modo.

⁴ Disponible en: https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/mapas_amenzas/index.aspx

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.

3.4 Categorización de la peligrosidad

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

La amenaza es calculada en función de la evolución temporal de una serie de indicadores estadísticos seleccionados a partir de los definidos por el Panel de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI por sus siglas en inglés) y divulgados a través de la iniciativa Climdex⁵, para representar sequías, lluvias intensas, heladas y altas temperaturas. La metodología y la categorización se detallan en el Anexo 1 de este documento.

3.4.1 Lluvias intensas

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

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

En la Tabla 8 se aprecia el nivel de la amenaza correspondiente a los porcentajes de cambio previamente presentados. Como se observa, el porcentaje de cambio del escenario RCP4.5 (2030) es inferior al 10%, lo que, como se indica en la Tabla 23, supone un nivel de amenaza bajo. Para ese mismo escenario climático pero en el período temporal 2060, el valor medio es ligeramente superior a 10%, por lo que ya se considera medio bajo. Esto implica que el número de días de lluvias extremas registra un aumento entre un 10 y un 20% respecto al número de eventos sucedidos en el período de referencia. En el caso del escenario RCP8.5, en ambos períodos temporales el valor medio está por encima del 10%, incluso para el año 2060 se estima un porcentaje superior al 20%. En este último caso, el nivel de amenaza ascendería a medio. En conjunto supone, que sí habrá cambios en el número de días con lluvias extremas, aunque este cambio se producirá principalmente en el escenario más desfavorable (RCP8.5).

⁵ <https://www.climdex.org/>

Tabla 8. Porcentajes de cambio de la variable R95p en Siquirres

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en el R95p	RCP4.5	2030	6,55 %	0,58 %	5,59 %	6,66 %
		2060	10,66 %	0,45 %	9,77 %	10,74 %
	RCP8.5	2030	14,99 %	0,09 %	14,85 %	15,09 %
		2060	20,31 %	1,20 %	18,33 %	21,20 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

3.4.1.1 Inundaciones

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

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

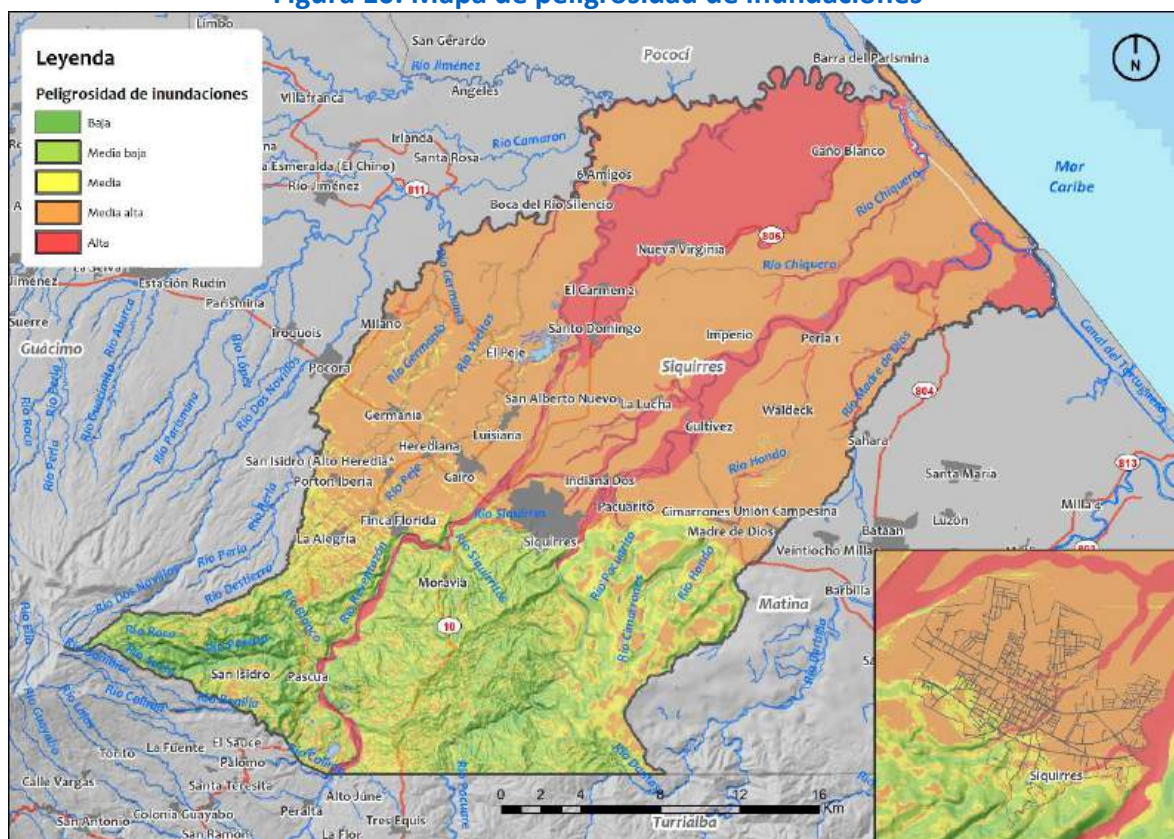
Por otro lado, se ha procedido a la generación de un mapa de peligrosidad, obtenido a partir del mapa de pendientes. Así, las zonas con pendientes más bajas y asociadas a valles y depresiones son las que presentan una mayor susceptibilidad a anegamientos o desbordamiento de los cauces.

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

Peligrosidad actual a inundaciones

Como se puede apreciar en la Figura 10 las zonas con mayor peligro de inundación coinciden con más de la mitad norte del cantón. Como se ve en el zoom de la figura, la zona urbana de Siquirres tiene un nivel medio alto en casi toda su superficie con algunas manchas de nivel alto que corresponden con el río Siquirres y la Quebrada.

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.

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 Siquirres, de acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 8, el incremento de la peligrosidad en las zonas con niveles de riesgo bajo y medio bajo será reducido. En las zonas con riesgo medio alto y alto no se esperan modificaciones respecto al mapa actual, como se señala en la Tabla 26.

3.4.1.2 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.

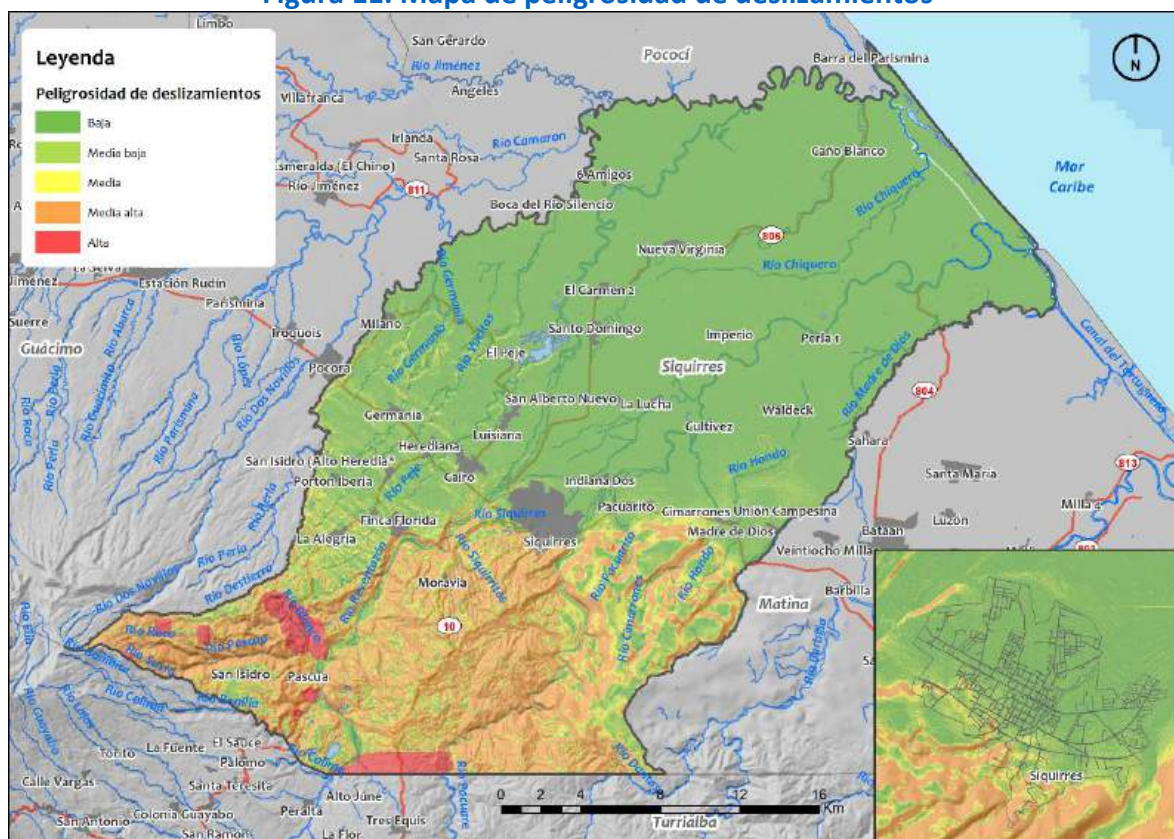
Por otro lado, se ha procedido a la generación de un mapa de peligrosidad. Actualmente no existe un mapa de susceptibilidad a deslizamientos en Costa Rica, por lo que se ha optado por una simplificación de la susceptibilidad a través de un mapa de pendientes. Así, las zonas con pendientes más altas y 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 inundación a partir de la elaboración de un mapa de zonas potencialmente inundables de la CNE y un mapa de pendientes.

Peligrosidad actual a deslizamientos

Este mapa de peligrosidad (Figura 11) refleja que las zonas urbanas de los distritos presentan una peligrosidad baja ante eventos de deslizamientos, especialmente en los distritos de la zona norte, como Reventazón, El Cairo y Alegría. Cabe destacar las zonas de peligro alto localizadas al sur del cantón, en los distritos de Siquirres (en la frontera con el cantón de Turrialba) y Florida.

Figura 11. Mapa de peligrosidad de deslizamientos



Fuente: IDOM-CPSU

Peligrosidad futura a deslizamientos

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

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

En base a estos cruces, se ha procedido a obtener los mapas de peligrosidad por deslizamientos en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075. En Siquirres, de acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 8, el incremento de la peligrosidad en las zonas con niveles de riesgo bajo y medio bajo será reducido. En las zonas con riesgo medio alto y alto no se esperan modificaciones respecto al mapa actual, como se señala en la Tabla 26.

3.4.2 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.

Peligrosidad actual a sequía

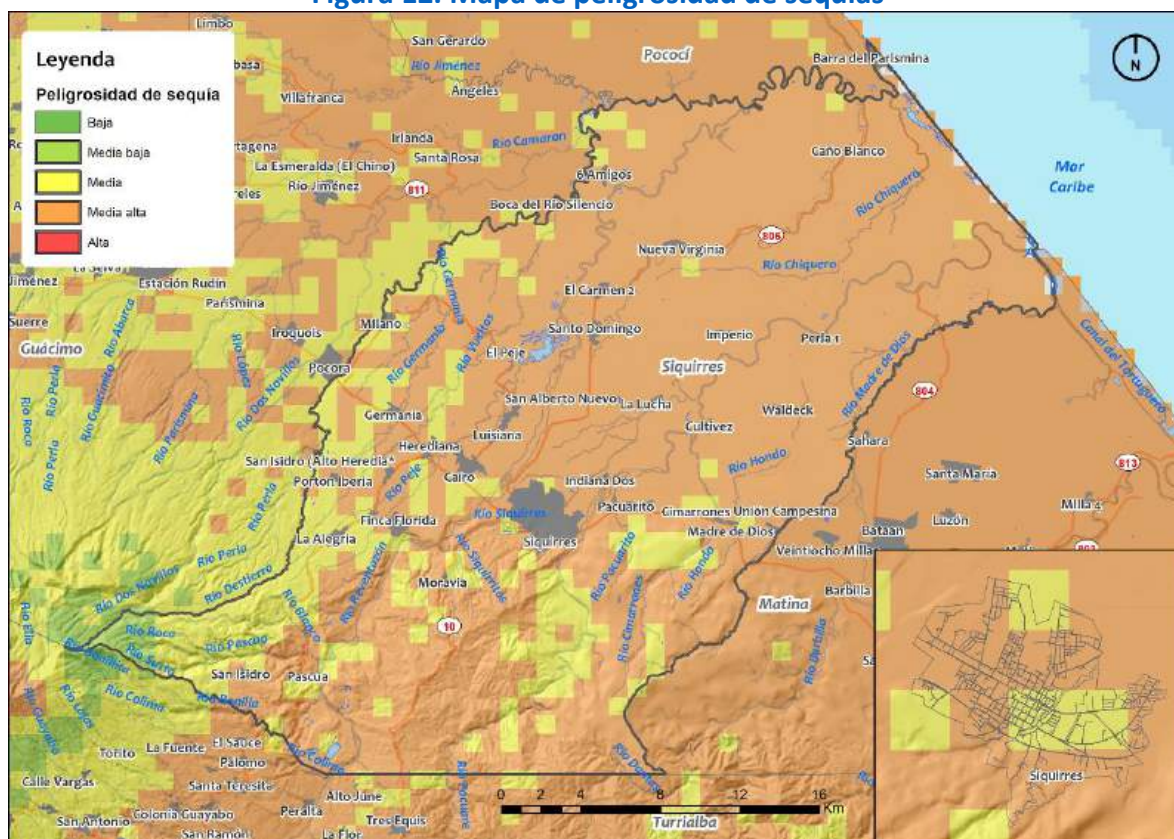
Para caracterizar la peligrosidad de sequías en el territorio se ha utilizado un índice de aridez global (Trabucco & Zomer, 2019), obtenido a partir de los datos WorldClim 2.0 (1970-2000). Este índice representa la relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial (que a su vez depende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

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

Hay algunas zonas hacia el sur, en la frontera con los cantones de Turrialba y Guácimo con valores bajos, coincidentes con los puntos donde mayor densidad de vegetación se encuentra.

⁶ (Mishra & Singh, 2010)

Figura 12. Mapa de peligrosidad de sequías



Fuente: IDOM-CPSU

Peligrosidad futura a sequía

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

En la Tabla 9 se presenta el porcentaje de cambio del indicador CDD bajo los dos escenarios RCP y horizontes temporales considerados. El porcentaje de cambio del índice es menor al 25% en todos los escenarios y horizontes temporales, por lo que existe un ligero aumento en el número de días secos consecutivos con respecto al período de referencia. En el caso del escenario RCP4.5, los valores son negativos, por lo que se estima una ligera reducción en el número de días secos consecutivos.

Tabla 9. Porcentajes de cambio de la variable CDD en Siquirres

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medic	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
CDD	RCP4.5	2030	-2,34%	0,54 %	-3,27 %	-1,94 %
		2060	-2,44 %	0,34 %	-2,67 %	-1,92 %
	RCP8.5	2030	3,14 %	0,36 %	2,86 %	3,75 %
		2060	11,64 %	1,63 %	9,69 %	13,88 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

3.4.3 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 calor⁷ (WHO, 2015), sin embargo, como definición operacional se entiende como un período 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 la propias

⁷ 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.

edificaciones.

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

Peligrosidad futura a olas de calor

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

Cabe destacar, que todos los valores de los cambios porcentuales del indicador WSDI para los dos escenarios considerados (RCP4.5 y RCP8.5) y para los dos horizontes temporales, son siempre superiores al 100%, por lo tanto, la evolución futura de la amenaza es la misma en todos los casos planteados (para más detalle sobre la metodología de cálculo acudir al apartado 8).

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.

3.5 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 3.3. En este caso, se han agrupado por los sectores de población, hábitat urbano, sector primario, infraestructuras, equipamientos y áreas protegidas.

En el caso de estas últimas, se ha decidido analizar de forma separada los humedales de las ASP debido a su importancia particular para visibilizar sus impactos de forma diferenciada, principalmente en las sequías, ya que es un fenómeno recurrente en este territorio. Del mismo modo, aunque no se analiza la disponibilidad hídrica, para la Municipalidad es relevante conocer el riesgo sobre los humedales para poder hacer estudios de detalle asociados al recurso hídrico.

Tabla 10. Receptores sensibles

Áreas de acción	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	Aeródromos	Aeródromo
	Ferrovías	Ferrovías
	Vías	Carreteras y caminos
	Puentes	Relacionados con la red vial
Equipamientos	Educación	Centros educativos
	Recurso hídrico	ASADAS
Áreas protegidas	Humedales	Láminas de agua protegidas
	Territorios indígenas	Población indígena en dichos territorios
	Áreas naturales	Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y corredores biológicos

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

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

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

Cabe señalar que en el apartado 3.5.4 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.

3.5.1 Lluvias intensas

Las lluvias intensas pueden convertirse en el factor desencadenante de distintas amenazas, como es el caso de las **inundaciones o los deslizamientos de tierra**. En este apartado se van a comentar en detalle cada una de estas amenazas identificadas en el cantón, así como la

cuantificación de los daños económicos derivados de los eventos sucedidos en este territorio.

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

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

BORRADOR

Tabla 11. Cadenas de impactos asociadas a las inundaciones

Áreas de acción	Receptor	Potenciales impactos
Población	Población	Incremento de la accidentalidad y probabilidad de siniestros con daño personal
		Enfermedades por vectores
		Posible aumento de las migraciones
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Daños estructurales a edificaciones
Sector primario	Agrícola	Posible pérdida de cosechas por fuertes lluvias
	Pecuario	Posible pérdida de cabezas de ganado
		Posible desabastecimiento de alimentos para el ganado derivados de la agricultura
Infraestructuras	Aeródromos	Posibles daños físicos a la infraestructura de movilidad
	Ferrovías	Posible corte en la circulación y operatividad
	Vías	
Equipamientos	Puentes	
	Educación	Posibles daños en las edificaciones educativas e interrupción del servicio
		Posible saturación de la infraestructura de drenaje y abastecimiento
	Recurso hídrico	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
Áreas protegidas	Territorios indígenas	Afección sobre la población indígena que vive en estos territorios y a la biodiversidad

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

Tabla 12. Cadenas de impactos asociadas a los deslizamientos

Áreas de acción	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	Aeródromo Ferrovías Vías Puentes	Posibles daños físicos a la infraestructura de movilidad
Equipamientos	Educación	Posibles daños en las edificaciones educativas e interrupción del servicio
	Recurso hídrico	Posible saturación de la infraestructura de drenaje y abastecimiento Posible corte de suministro por daño directo a infraestructuras de abastecimiento
Áreas protegidas	Territorios indígenas	Afección sobre la población indígena que vive en estos territorios y a la biodiversidad

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Como se ha incluido en el apartado 3.1.3, los distintos desastres o eventos relacionados con el clima que ha sufrido el cantón, en relación con las lluvias intensas, han tenido consecuencias cuantificables basadas en pérdidas económicas. Esta información está recogida en la base de datos de pérdidas ocasionadas por fenómenos naturales de MIDEPLAN que lleva actualizando esta desde el año 1988.

En la siguiente tabla se recogen de forma desglosada estos costes, siendo el monto total superior a **cuarenta y seis millones de dólares (USD)**. De entre todos los costes, son notables los asociados a las inundaciones y los que no están asociados a ningún tipo de evento concreto en la información de MIDEPLAN. Por otro lado, es destacable que los costes por daños a vías y al sector agropecuario son los más significativos, siendo los asociados a los equipamientos de educación los que menos gastos han supuesto.

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

Tipo de evento	Daños (\$)							
	Vivienda	Agropecuario	Ferrovías	Vías	Puentes	Educación	Salud	TOTAL
Deslizamiento	-	-	-	2.184.130,85	-	-	-	2.184,130,85
Aumento de caudal	-	-	4.969,50	1.618.011,50	2.372.600,18	-	-	3.995.581,18
Inundación	-	4.402.512,54	16.972,07	5.273.711,66	818.421,76	33.644,88	35.031,91	10.580.294,81
-	878.539,59	13.017.350,13	148.029,63	9.979.759,50	6.610.833,04	10.734,92	211.100,83	30.856.347,64
TOTAL	878.539,59	17.419.862,67	169.971,21	19.055.613,51	9.801.854,97	44.379,80	246.132,74	46.737.814,89

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

3.5.2 Déficit de lluvias

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

Como es de esperar, el sector primario puede sufrir las consecuencias en su producción, ya que se trata de la actividad productiva principal del cantón.

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

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

En la siguiente tabla se recoge la cadena de impacto al respecto de esta amenaza, donde se muestra la relación entre sectores, receptores y los impactos potenciales sobre estos. Cabe señalar, que, aunque en esta ocasión no se ha analizado el receptor de recurso hídrico, las ASADAS también se pueden ver afectadas por las sequías de manera significativa.

Tabla 14. Cadenas de impactos asociadas a las sequías

Áreas de acción	Receptor	Potenciales impactos
Sector primario	Agrícola	Posible pérdida de áreas de cultivo
		Pérdida de productividad agrícola por limitaciones con el abastecimiento de agua
		Posible impacto económico por limitaciones en abastecimiento de agua para riego
		Expansión de frontera agrícola e invasión de zonas naturales
		Sobreexplotación de agua subterránea
Áreas protegidas	Pecuario	Posible pérdida de áreas de pastoreo
		Posible pérdida de productividad por reducción de abastecimiento de agua e impacto económico asociado
		Sobreexplotación de agua subterránea
	Humedales Territorios indígenas	Posibles cambios en la distribución de hábitats y

Áreas de acción	Receptor	Potenciales impactos
	Áreas naturales	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).

En este cantón no se han registrado eventos por déficit de precipitaciones.

3.5.3 Altas temperaturas

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

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

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

Tabla 15. Cadenas de impactos asociadas a las olas de calor

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Respecto a lo eventos o desastres asociados al clima ocurridos en Siquirres en relación con las altas temperaturas, MIDEPLAN no tiene registrado ninguno para el período 1988-2019.

Las altas temperaturas implican el aumento de la temperatura superficial del mar, que conlleva impactos asociados que afectan a la biodiversidad marina. Es el caso del blanqueamiento de los arrecifes de coral como consecuencias del estrés térmico acumulado entre 4 y 8 semanas. También afecta al metabolismo de los pastos marinos. Por ejemplo, temperaturas superiores a los 35°C provocan que las raíces de ciertas especies rebroten. En la actualidad, tanto los arrecifes como los pastos marinos y los estuarios no se encuentran bajo estrés hídrico, pero se estima que esta situación cambiará en el futuro (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013).

3.5.4 Equidad de género e inclusión social

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

En este sentido, la incorporación del enfoque de género e inclusión social en la 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 en Siquirres: mujeres, niñas,

niños y adolescentes, personas adultas mayores, pueblos indígenas, migrantes y comunidades campesinas.

Tabla 16. Impactos indirectos sobre la población en situación de vulnerabilidad frente al cambio climático

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

3.6 Exposición y vulnerabilidad

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

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

En este caso, se ha categorizado la vulnerabilidad en tres niveles: **Alta, Media y Baja**. Para cada uno de ellos se han establecido rangos que se han propuesto con el objetivo de representar la realidad del territorio. 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. La representación en forma de mapa solo se ha realizado para dos de ellos, población y hábitat urbano, a modo de ejemplo. Cabe recordar que toda la información cartográfica se recopilará en una geodatabase donde estarán incluidos todas las áreas de acción.

Tabla 17. Indicadores de análisis de las amenazas

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

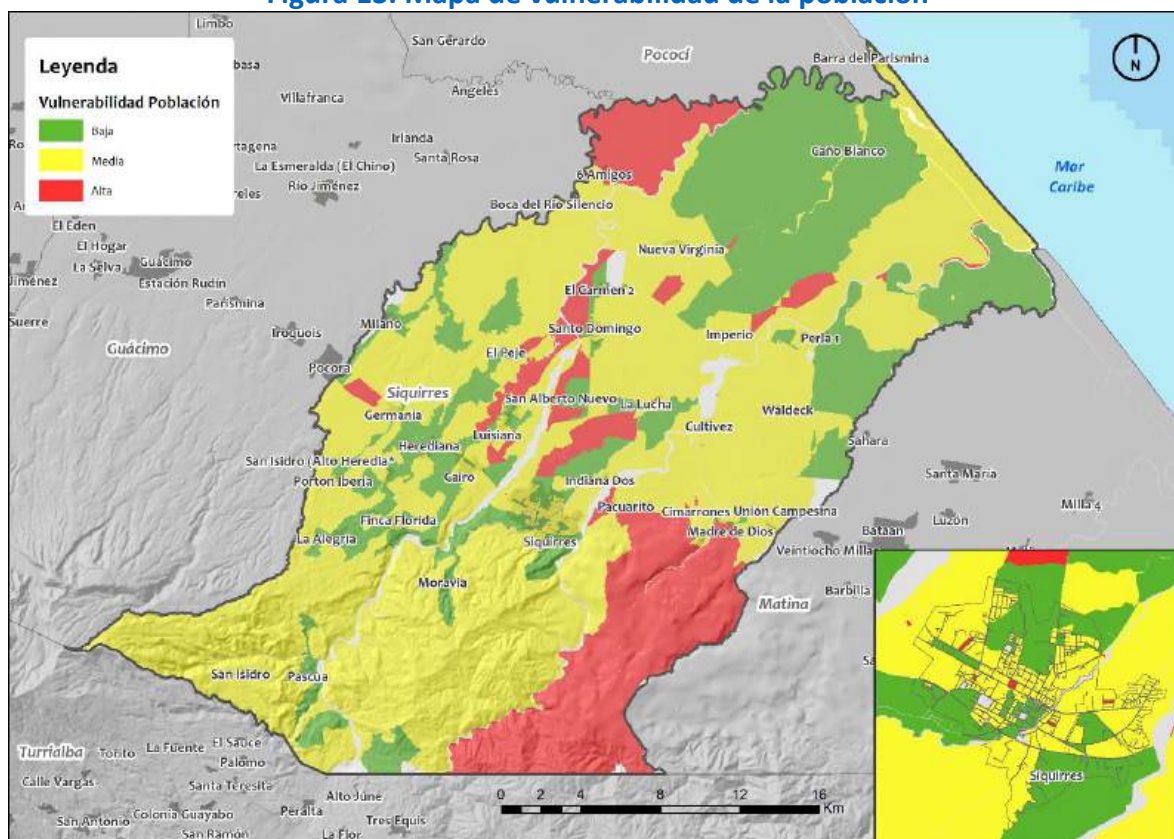
Áreas de acción	Receptor	Amenaza	Indicador exposición	Fuente	Indicador vulnerabilidad	Fuente	Rangos	
					Principal fuente de agua	Censo Agropecuario	Alta	Divergencia uso/capacidad
						Censo Agropecuario	Baja	Acueducto / Proyecto de riego SENARA
							Media	Otras
							Alta	Cosecha de agua / pozo / manantial / río
Infraestructuras	Aeródromo	Deslizamientos Inundaciones	Aeródromos	IGN MPOT	Tipo de aeródromo	IGN MPOT	Baja	Campo de aterrizaje abandonado
							Media	Internacionales/Aeródromo
							Alta	Campo de aterrizaje/Pista de aterrizaje
	Vías		Red Vial	MOPT	Tipo de vía	MOPT	Baja	Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas
							Media	Vías cantonales / Centro urbano
							Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra
	Ferrovías		Red ferroviaria		Tipo de ferrovía		Baja	-
							Media	Ferrovías
							Alta	-
	Puentes		Puentes	IGN	Tipo de puente	IGN	Baja	Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas
							Media	Vías cantonales / Centro urbano
							Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra

Áreas de acción	Receptor	Amenaza	Indicador exposición	Fuente	Indicador vulnerabilidad	Fuente	Rangos	
Equipamientos	Salud	Deslizamientos Inundaciones	Hospitales	IGN	Número de camas	ATLAS CR 2014	Baja	0-100
							Media	100-200 / ND
							Alta	>200
	Educación		Centros educativos	MEP	Tipo de centro educativo	MEP	Baja	Colegio virtual
							Media	CINDEA / Colegio público / Colegio nocturno / CTP / Escuela nocturna / Escuela pública / IPEC / Telesecundaria
							Alta	Preescolar público / Centro especial / CAIPAD
	Recurso hídrico		ASADAS	PNUD	ASADAS	PNUD	Baja	-
							Media	ASADAS
							Alta	-
Áreas protegidas	Humedales	Sequías	Humedales	SINAC	Tipo de humedal	SINAC	Baja	Bajos de lodo
							Media	Pantano arbustivo / Otros
							Alta	Pantano herbáceo / manglar / lago / laguna / laguna costera / estero
	Territorios indígenas	Deslizamientos Inundaciones Sequías	Territorios indígenas	ATLAS CR 2014	Porcentaje de población indígenas dentro del territorio indígena	INEC (UGM) ATLAS CR 2014	Baja	<25%
							Media	25%-75%; sin de datos población por UGM
							Alta	>75%
	Áreas naturales	Sequías	Áreas silvestres protegidas Corredores biológicos	SINAC	Tipo de área natural en función de la susceptibilidad al riesgo de incendios	IGN SINAC	Baja	Pasto en corredor biológico / otras coberturas
Media							Pasto en Área Silvestre Protegida	

Áreas de acción	Receptor	Amenaza	Indicador exposición	Fuente	Indicador vulnerabilidad	Fuente	Rangos	
							Alta	Forestal en corredor biológico / Forestal en área silvestre protegida

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Figura 13. Mapa de vulnerabilidad de la población

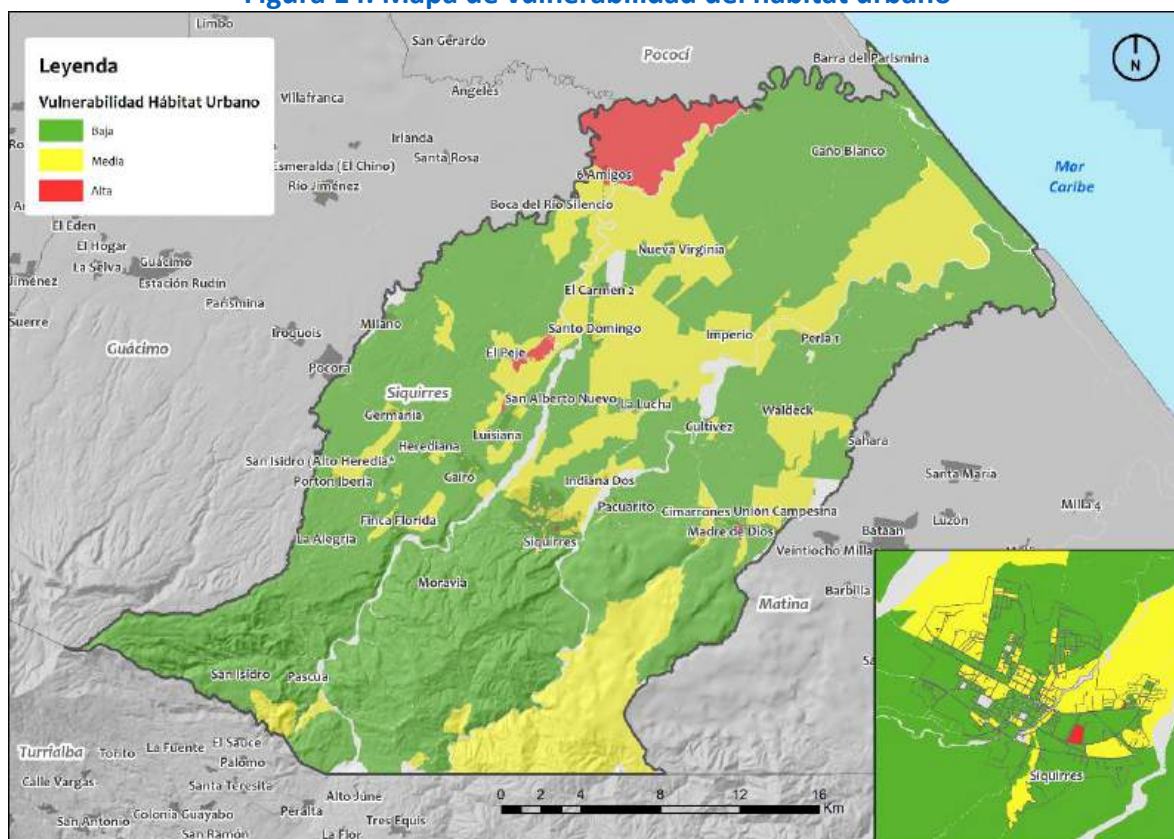


Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En general, en toda la extensión del cantón de Siquirres la vulnerabilidad de la población es principalmente media, aunque cuenta con una gran zona de vulnerabilidad alta al sur del territorio, en la frontera con Matina y Turrialba. En la zona urbana del distrito de Siquirres hay una mezcla entre los tres niveles de vulnerabilidad, aunque destaca el medio. Esto se debe a que tanto la densidad de población como la población con edad inferior a los 18 años y superior a los 60, se encuentra en un rango medio, como se detalla en la tabla anterior (Tabla 17). En cuanto a la población con necesidades básicas insatisfechas, el rango es bajo. Cabe indicar que en este ámbito urbano, las zonas con vulnerabilidad alta corresponden con edificaciones donde la densidad es muy alta.

Sin embargo, en zonas rurales como en el distrito de Reventazón, al norte del cantón, ocurre lo contrario, la combinación de densidades poblacionales y necesidades básicas insatisfechas bajas, ocasionan que la vulnerabilidad sea baja, a pesar de que la población mayor de 60 años es más elevada que en la zona urbana.

Figura 14. Mapa de vulnerabilidad del hábitat urbano



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Si atendemos al mapa de vulnerabilidad del hábitat urbano, la dinámica es diferente al de población, ya que es más acentuada la baja vulnerabilidad en el conjunto del territorio. Se aprecia que la zona rural tiene en general una vulnerabilidad baja asociada a un bajo nivel de hacinamiento en dormitorios aunque un nivel medio-bajo de viviendas en estado malo. En la zona urbana sucede algo parecido, por lo que la vulnerabilidad en general es baja.

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

- Conocimiento de su biodiversidad: hay algunos vacíos de información, a pesar de los esfuerzos ya realizados en la identificación de nuevas especies, distribución de estas o su abundancia temporal.
- Gestión de áreas marino-costeras y humedales: no se protegen de forma adecuada puesto que se ha determinado que hay pérdida de cobertura vegetal, contaminación fecal y otras problemáticas derivadas de la ocupación humana y del desarrollo de

actividades económicas no ordenadas. Por el momento resulta complejo monitorear y reducir las actividades ilegales.

- Gestión territorial: el aumento de la actividad turística está afectando al medio natural y sus recursos, así como en la sociedad y la economía local.
- Contaminación: un estudio de Acueductos y Alcantarillados determinó que el litoral Caribe tiene las desembocaduras más contaminadas con materia fecal.
- Gestión de la pesca: aunque no hay registros actualizados desde el año 2007, sí hay datos que demuestran que las importaciones de productos pesqueros han ido aumentando en los últimos años.

En este cantón, los distritos Siquirres y Pacuarito, tienen un índice de vulnerabilidad al cambio climático bajo y medio respectivamente (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013).

3.7 Riesgos asociados al clima

Este capítulo recoge el trabajo acumulado para componer el análisis espacial de riesgos climáticos, atendiendo a la metodología presentada en el apartado 3. 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.

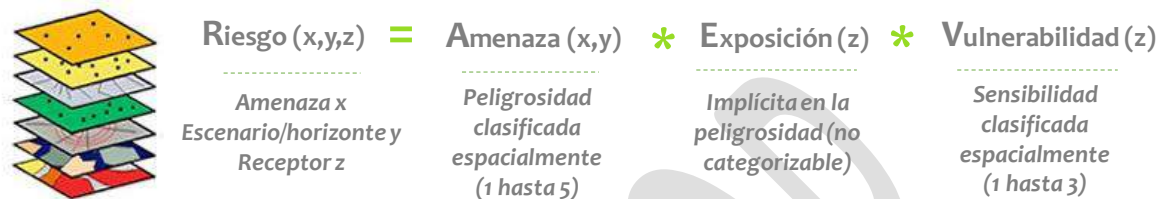
Las amenazas climáticas consideradas han sido inundaciones, deslizamientos, sequías y olas de calor. En el apartado 3.4 se ha caracterizado su peligrosidad para los escenarios climáticos RCP 4.5 (escenario intermedio) y RCP 8.5 (escenario pesimista), y para los horizontes temporales futuros cercano (2015-2045) 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 3.6. La capacidad adaptativa se ha tratado a escala municipal (ver apartado 3.8), teniendo en cuenta el nivel de desagregación espacial de la información disponible.

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

Figura 15. Composición espacial del riesgo climático



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

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

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

3.7.1 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 18) 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):**

En el caso del hábitat urbano, más del 82% se encuentran en zonas de riesgo medio alto y alto de inundación, y en cuanto a la población, alrededor del 81%. Desde el punto de vista distrital, los distritos con mayor porcentaje de población ubicada en niveles medio alto y alto, siguen este orden descendente: Siquirres (42%), Pacuarito (14%), El Cairo (10%), Alegría (9%), Germania (4%), Florida (3%) y Reventazón (sin población).

La población cantonal que se encuentra en riesgo medio alto y alto de inundaciones, como ya se ha comentado, es aproximadamente un 81%. De esta última cifra, alrededor casi el 39% son mujeres y alrededor del 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 3.5.4, 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 alto y alto principalmente. Casi el 81% de las fincas agropecuarias están en riesgo medio alto y alto. En el caso de los aeródromos, tres de ellos están en riesgo medio alto y los otros dos en riesgo alto. Más del 80% de los centros educativos están ubicados también en estos niveles de riesgo de inundación. Por otro lado, alrededor del 89% de las vías están en los niveles de riesgo más alto, al igual que las ferrovías (85%). En cuanto a las ASADAS, el 70% de ellas están en estos rangos de riesgo. El grueso de los territorios indígenas está en un nivel medio de riesgo, estando solo un 0,05% en riesgo alto.

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

En estos escenarios, los porcentajes referentes al hábitat urbano y a la población en los niveles de riesgo medio alto y alto se mantienen en los mismos resultados que los otros escenarios analizados. El cambio ha venido en los escenarios bajos y medios, que han aumentado sus porcentajes ligeramente, no encontrándose población en el nivel bajo.

A nivel de distrito, siguen la misma distribución que los anteriores escenarios, solo en el caso de Pacuarito, el total de población en niveles medio alto y alto ha aumentado menos de una unidad porcentual.

En cuanto a su caracterización demográfica, desde el punto de vista de los grupos vulnerables (mujeres, población indígena y grupos de edad inferior a 18 años y superior a los 60), es la misma que en los anteriores escenarios, puesto que no ha habido variaciones en la proporción de población en zonas con niveles de riesgo medio alto y alto.

El resto de receptores sigue el mismo patrón que en los otros escenarios, puesto que los cambios han aparecido en los niveles medios de riesgo de inundación. Así es el caso de los centros educativos, ya que en nivel medio han pasado de 15% a 20% en este escenario; y en las ASADAS, que han pasado de 13% a un 23% en ese mismo nivel. En el caso de las vías hay una reducción a la mitad en niveles medios (del 8% al 4%) y un aumento del 17% al 24% en los niveles medio altos. Del mismo modo, en los territorios indígenas hay una disminución a casi la mitad en los niveles medios (46% a 25%) y un aumento de más del doble en los niveles medio altos (23% a 69%).

Tabla 18. 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		Aeródromo		Vías		Ferrovías		Educación		Recurso hídrico		Territorios indígenas	
		nº edificios	%	nº edificios	%	nº fincas	%	nº	%	ha	%	km	%	nº	%	nº	%	ha	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	316,00	1,30	354,00	1,46	30,00	2,02	0,00	0,00	7,98	0,19	2,24	2,43	0,00	0,00	2,00	6,67	0,52	0,05
	medio-bajo	1.221,00	5,02	1.285,00	5,29	94,00	6,34	0,00	0,00	111,87	2,71	3,92	4,24	4,00	4,88	3,00	10,00	243,79	25,49
	medio	2.982,00	12,27	3.052,00	12,56	165,00	11,13	0,00	0,00	338,21	8,20	7,29	7,89	12,00	14,63	4,00	13,33	440,61	46,07
	medio-alto	16.624,00	68,39	18.026,00	74,16	651,00	43,90	3,00	60,00	704,28	17,07	58,00	62,77	50,00	60,98	16,00	53,33	215,28	22,51
	alto	3.163,00	13,01	1.589,00	6,54	543,00	36,61	2,00	40,00	2.964,24	71,83	20,95	22,67	16,00	19,51	5,00	16,67	56,11	5,87
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045	bajo	316,00	1,30	354,00	1,46	30,00	2,02	0,00	0,00	7,98	0,19	2,24	2,43	0,00	0,00	2,00	6,67	0,52	0,05
	medio-bajo	1.221,00	5,02	1.285,00	5,29	94,00	6,34	0,00	0,00	111,87	2,71	3,92	4,24	4,00	4,88	3,00	10,00	243,79	25,49
	medio	2.982,00	12,27	3.052,00	12,56	165,00	11,13	0,00	0,00	338,21	8,20	7,29	7,89	12,00	14,63	4,00	13,33	440,61	46,07
	medio-alto	16.624,00	68,39	18.026,00	74,16	651,00	43,90	3,00	60,00	704,28	17,07	58,00	62,77	50,00	60,98	16,00	53,33	215,28	22,51
	alto	3.163,00	13,01	1.589,00	6,54	543,00	36,61	2,00	40,00	2.964,24	71,83	20,95	22,67	16,00	19,51	5,00	16,67	56,11	5,87
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2045-2075	bajo	316,00	1,30	354,00	1,46	30,00	2,02	0,00	0,00	7,98	0,19	2,24	2,43	0,00	0,00	2,00	6,67	0,52	0,05
	medio-bajo	1.221,00	5,02	1.285,00	5,29	94,00	6,34	0,00	0,00	111,87	2,71	3,92	4,24	4,00	4,88	3,00	10,00	243,79	25,49
	medio	2.982,00	12,27	3.052,00	12,56	165,00	11,13	0,00	0,00	338,21	8,20	7,29	7,89	12,00	14,63	4,00	13,33	440,61	46,07
	medio-alto	16.624,00	68,39	18.026,00	74,16	651,00	43,90	3,00	60,00	704,28	17,07	58,00	62,77	50,00	60,98	16,00	53,33	215,28	22,51
	alto	3.163,00	13,01	1.589,00	6,54	543,00	36,61	2,00	40,00	2.964,24	71,83	20,95	22,67	16,00	19,51	5,00	16,67	56,11	5,87
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	501,00	2,06	546,00	2,25	30,00	2,02	0,00	0,00	7,98	0,19	2,24	2,43	0,00	0,00	2,00	6,67	0,52	0,05
	medio	3.923,00	16,14	4.145,00	17,05	235,00	15,85	0,00	0,00	173,21	4,20	11,21	12,13	16,00	19,51	7,00	23,33	243,79	25,49
	medio-alto	16.719,00	68,79	18.026,00	74,16	675,00	45,52	3,00	60,00	981,14	23,78	58,00	62,77	50,00	60,98	16,00	53,33	655,88	68,59
	alto	3.163,00	13,01	1.589,00	6,54	543,00	36,61	2,00	40,00	2.964,24	71,83	20,95	22,67	16,00	19,51	5,00	16,67	56,11	5,87
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2045-2075	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	501,00	2,06	546,00	2,25	30,00	2,02	0,00	0,00	7,98	0,19	2,24	2,43	0,00	0,00	2,00	6,67	0,52	0,05
	medio	3.923,00	16,14	4.145,00	17,05	235,00	15,85	0,00	0,00	173,21	4,20	11,21	12,13	16,00	19,51	7,00	23,33	243,79	25,49
	medio-alto	16.719,00	68,79	18.026,00	74,16	675,00	45,52	3,00	60,00	981,14	23,78	58,00	62,77	50,00	60,98	16,00	53,33	655,88	68,59
	alto	3.163,00	13,01	1.589,00	6,54	543,00	36,61	2,00	40,00	2.964,24	71,83	20,95	22,67	16,00	19,51	5,00	16,67	56,11	5,87

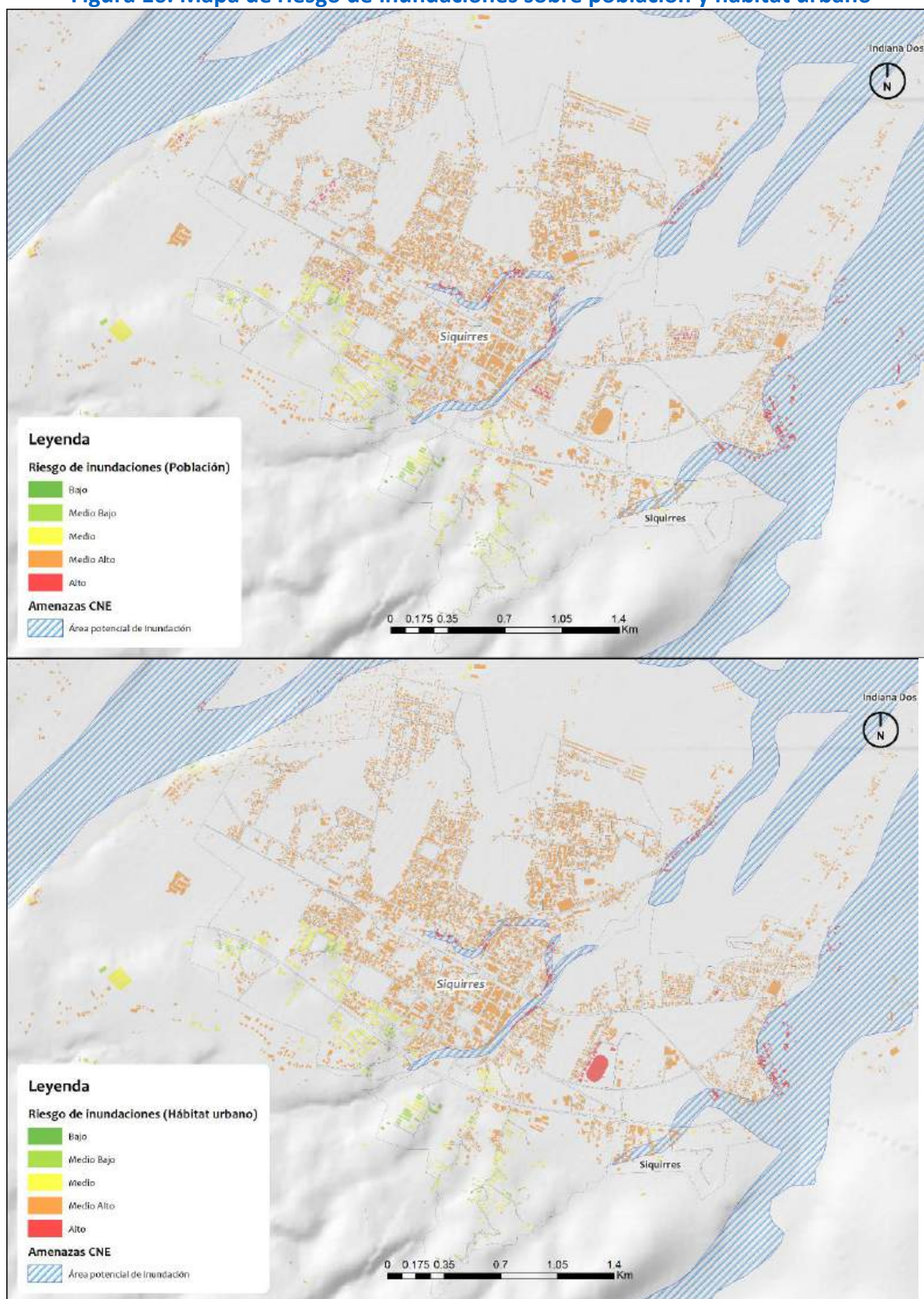
Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las Figura 16 y Figura 17 se representa la variabilidad del nivel de riesgo de algunos de los receptores sensibles considerados para el escenario actual y los escenarios RCP4.5 (en ambos horizontes temporales) a modo de ejemplo.

En el caso del riesgo de inundación para la población y el hábitat urbano, los valores son muy similares, destacando las zonas con un nivel de riesgo medio alto (color naranja). En la mayoría de los casos, coinciden las zonas de nivel de riesgo alto con las áreas potenciales de inundación definidas por la CNE.

BORRADOR

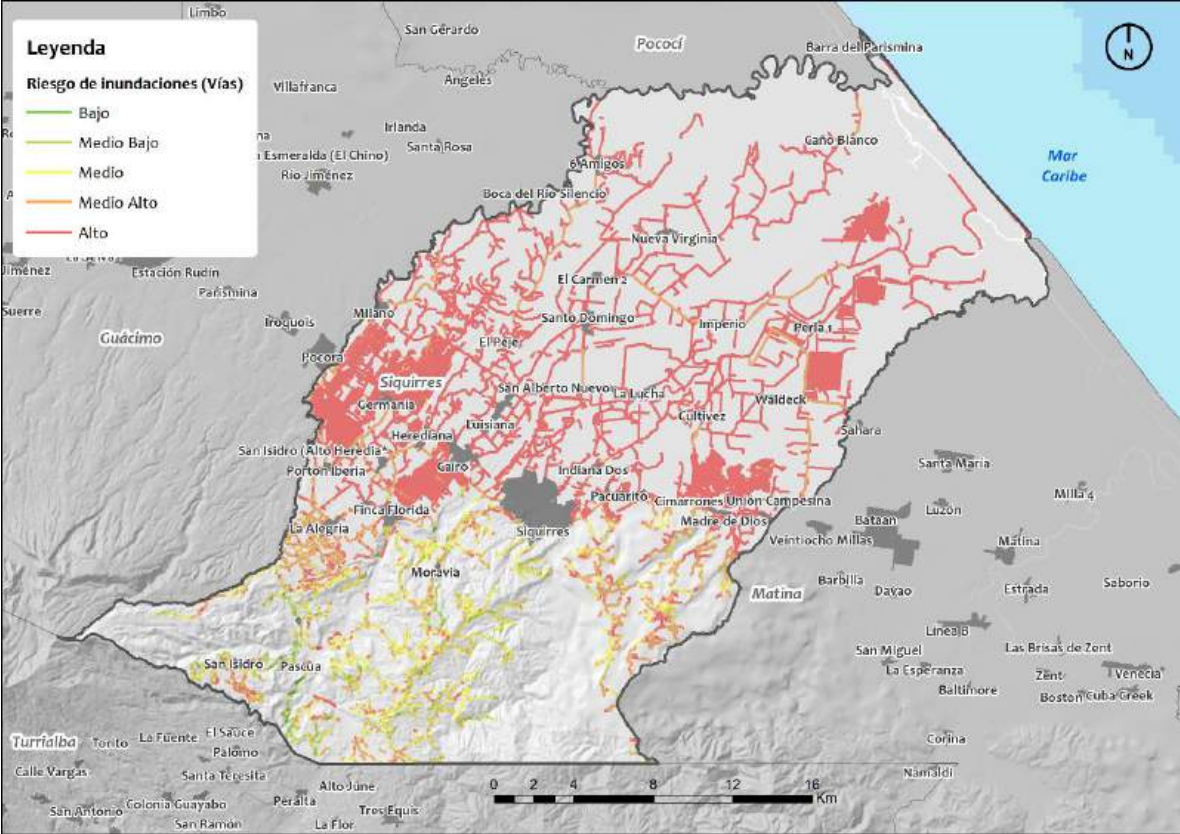
Figura 16. Mapa de riesgo de inundaciones sobre población y hábitat urbano



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En el caso del riesgo de inundación sobre las vías, como se puede ver la Figura 17, la mayor parte se encuentran en riesgo alto. En cambio, en la parte sur del cantón, este nivel de riesgo se reduce a niveles medio altos o medios.

Figura 17. Mapa de riesgo de inundaciones sobre vías



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

3.7.2 Deslizamientos

En la siguiente tabla (Tabla 19.) se aglutinan los resultados del riesgo por deslizamientos sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios de cambio climático y los horizontes temporales.

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

En cuanto a los deslizamientos, se trata de un riesgo menos acusado que en el caso de las inundaciones, puesto que la mayor parte de los receptores analizados se encuentran en niveles bajos y medios.

La mayoría de la población se encuentra en niveles de riesgo bajo (alrededor del 60%), ya que solo el 8% de esta estaría en zonas con riesgo medio alto y alto. De este 8%, más del 41% son mujeres y casi el 4% es población considerada 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 3.5.4, 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.

A nivel distrital, Siquirres es el que se vería más afectado ya que tiene el porcentaje total de población mayor bajo los niveles más altos de riesgo de deslizamiento, alrededor del 5%. Por detrás estarían Florida, Pacuarito, Alegría y El Cairo; no encontrándose población afectada en Reventazón y Germania.

El porcentaje más notable de superficie localizada en estas zonas de riesgo alto corresponde con los territorios indígenas, ya que supera el 88%. Alrededor del 15% de las vías está en riesgo medio alto y alto, aunque la mayoría de estas están en riesgo medio bajo (58%). En cuanto a los centros educativos, el 5% se ubican en riesgo medio alto y alto; y el 23% de las ASADAS.

Por último, no se localiza ningún aeródromo en estos niveles de riesgo alto y medio alto.

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

En este escenario, los porcentajes de población y hábitat urbano han aumentado muy ligeramente en comparación con los otros escenarios analizados. En el caso de la población, en los niveles medio alto y alto, han aumentado hasta un 9% (en el otro escenario era un 8%). Respecto al hábitat urbano, el aumento ha sido menor, ya que ha pasado de un 7,95% a un 8,10%.

La mayoría de la población se encuentra en niveles de riesgo medio bajo, llegando al 61%. Del 9% que ya se ha indicado que están en riesgo medio alto y alto, más del 40% son mujeres y el 3% es población considerada indígena. Estos son porcentajes algo inferiores a los otros escenarios, pero es necesario tener en cuenta, que el cómputo total de población afectada es superior.

En el caso de las vías hay una reducción significativa del nivel de vías en niveles medio bajos (del 58% al 6%) y un aumento considerable en niveles medios (del 21% al 60%) y medio altos (del 6% al 26%). De manera similar ocurre en las ferrovías, donde los niveles pasan, en su mayoría, de valores bajos y medio bajos (65% y 20%, respectivamente) a medio bajos y medios (57% y 38%, respectivamente).

A nivel distrital, se mantiene la misma proporción que en el caso de los otros escenarios, aunque los porcentajes de población en riesgo medio alto y alto han aumentado en los distritos de Siquirres, Pacuarito, El Cairo y Germania.

En el resto de los receptores no se observan variaciones relevantes respecto a los resultados analizados en los otros escenarios.

Tabla 19. 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		Aeródromo		Vías		Ferrovías		Educación		Recurso hídrico		Territorios indígenas	
		nº edificios	%	nº edificios	%	nº	%	ha	%	km	%	nº	%	nº	%	ha	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	14.525,00	59,76	15.264,00	62,80	3,00	60,00	235,39	5,70	60,37	65,35	47,00	57,32	18,00	60,00	0,00	0,00
	medio-bajo	6.192,00	25,48	5.661,00	23,29	2,00	40,00	2.409,94	58,40	18,83	20,38	27,00	32,93	1,00	3,33	25,56	2,67
	medio	1.570,00	6,46	1.450,00	5,97	0,00	0,00	844,23	20,46	4,28	4,63	4,00	4,88	4,00	13,33	85,83	8,98
	medio-alto	1.734,00	7,13	1.895,00	7,80	0,00	0,00	263,62	6,39	8,09	8,76	3,00	3,66	5,00	16,67	160,53	16,79
	alto	285,00	1,17	36,00	0,15	0,00	0,00	373,39	9,05	0,81	0,88	1,00	1,22	2,00	6,67	684,39	71,57
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045	bajo	14.525,00	59,76	15.264,00	62,80	3,00	60,00	235,39	5,70	60,37	65,35	47,00	57,32	18,00	60,00	0,00	0,00
	medio-bajo	6.192,00	25,48	5.661,00	23,29	2,00	40,00	2.409,94	58,40	18,83	20,38	27,00	32,93	1,00	3,33	25,56	2,67
	medio	1.570,00	6,46	1.450,00	5,97	0,00	0,00	844,23	20,46	4,28	4,63	4,00	4,88	4,00	13,33	85,83	8,98
	medio-alto	1.734,00	7,13	1.895,00	7,80	0,00	0,00	263,62	6,39	8,09	8,76	3,00	3,66	5,00	16,67	160,53	16,79
	alto	285,00	1,17	36,00	0,15	0,00	0,00	373,39	9,05	0,81	0,88	1,00	1,22	2,00	6,67	684,39	71,57
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2045-2075	bajo	14.525,00	59,76	15.264,00	62,80	3,00	60,00	235,39	5,70	60,37	65,35	47,00	57,32	18,00	60,00	0,00	0,00
	medio-bajo	6.192,00	25,48	5.661,00	23,29	2,00	40,00	2.409,94	58,40	18,83	20,38	27,00	32,93	1,00	3,33	25,56	2,67
	medio	1.570,00	6,46	1.450,00	5,97	0,00	0,00	844,23	20,46	4,28	4,63	4,00	4,88	4,00	13,33	85,83	8,98
	medio-alto	1.734,00	7,13	1.895,00	7,80	0,00	0,00	263,62	6,39	8,09	8,76	3,00	3,66	5,00	16,67	160,53	16,79
	alto	285,00	1,17	36,00	0,15	0,00	0,00	373,39	9,05	0,81	0,88	1,00	1,22	2,00	6,67	684,39	71,57
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	14.865,00	61,16	15.619,00	64,26	3,00	60,00	235,39	5,70	60,37	65,35	47,00	57,32	18,00	60,00	0,00	0,00
	medio	7.191,00	29,59	6.718,00	27,64	2,00	40,00	2.434,32	58,99	23,11	25,02	31,00	37,80	5,00	16,67	25,56	2,67
	medio-alto	1.965,00	8,08	1.933,00	7,95	0,00	0,00	1.083,47	26,26	8,09	8,76	3,00	3,66	5,00	16,67	246,35	25,76
	alto	285,00	1,17	36,00	0,15	0,00	0,00	373,39	9,05	0,81	0,88	1,00	1,22	2,00	6,67	684,39	71,57
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2045-2075	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	14.865,00	61,16	15.619,00	64,26	3,00	60,00	235,39	5,70	60,37	65,35	47,00	57,32	18,00	60,00	0,00	0,00
	medio	7.191,00	29,59	6.718,00	27,64	2,00	40,00	2.434,32	58,99	23,11	25,02	31,00	37,80	5,00	16,67	25,56	2,67
	medio-alto	1.965,00	8,08	1.933,00	7,95	0,00	0,00	1.083,47	26,26	8,09	8,76	3,00	3,66	5,00	16,67	246,35	25,76
	alto	285,00	1,17	36,00	0,15	0,00	0,00	373,39	9,05	0,81	0,88	1,00	1,22	2,00	6,67	684,39	71,57

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En la siguiente figura (Figura 18) se representa la variabilidad del nivel de riesgo de algunos de los receptores sensibles considerados para el escenario actual y los escenarios RCP4.5 (ambos horizontes temporales) a modo de ejemplo. En el caso de estos dos receptores, población y hábitat urbano, en el ámbito urbano de Siquirres, se localizan en zonas donde el nivel de riesgo es bajo principalmente.

BORRADOR

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



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

3.7.3 Sequía

En cuanto a los episodios de sequía, los territorios indígenas destacan por encontrarse gran parte de su superficie en riesgo alto (79%). Los otros tres receptores, agropecuario, humedales y áreas naturales, se encuentran en niveles medio alto y alto principalmente.

Respecto al sector agropecuario, las fincas que se encuentran en nivel alto de riesgo, se caracterizan por dedicarse al ganado vacuno y al cultivo de plátano y banano.

Tabla 20. 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

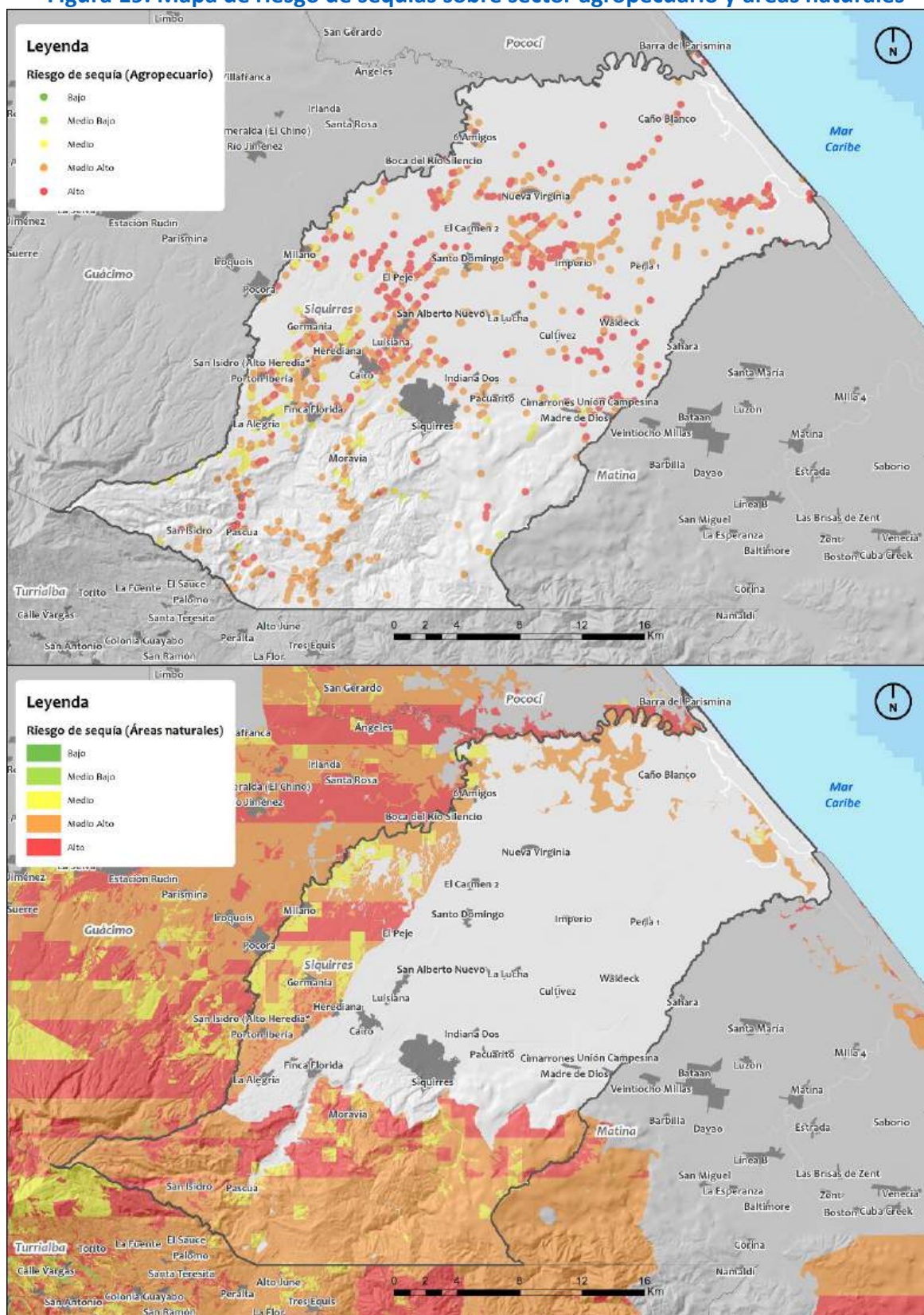
Escenario/Horizonte temporal (*)	Categoría de riesgo	Agropecuario		Humedales		Territorios indígenas		Áreas naturales	
		nº fincas	%	ha	%	ha	%	ha	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,85	0,11
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	medio	175,00	11,80	415,10	14,75	0,00	0,00	5.685,26	16,52
	medio-alto	881,00	59,41	1.223,00	43,46	323,70	20,62	18.630,16	54,12
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	alto	427,00	28,79	1.175,68	41,78	1.245,77	79,38	10.068,63	29,25

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

(*) En este caso, los datos son comunes a todos los escenarios RCP y horizontes temporales.

En las siguientes figuras se representa la variabilidad del nivel de riesgo de los receptores sensibles considerados para ambos escenarios climáticos y horizontes temporales. En el caso del riesgo de sequía en el sector agropecuario, destacan las fincas agrícolas y ganaderas que se encuentran en zonas con riesgo medio alto (color naranja). En cuanto a las áreas naturales presentes en el cantón, están en zonas con riesgo medio alto principalmente, tal y como se ve en la figura siguiente (Figura 19).

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



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

3.7.4 Olas de calor

En la Tabla 21. 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, más del 51% de la población afectada por olas de calor, vive en Siquirres, seguido por Pacuarito (15%), Alegría (12%), El Cairo (11%), Florida (7%) y Germania (4%).

Tabla 21. 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

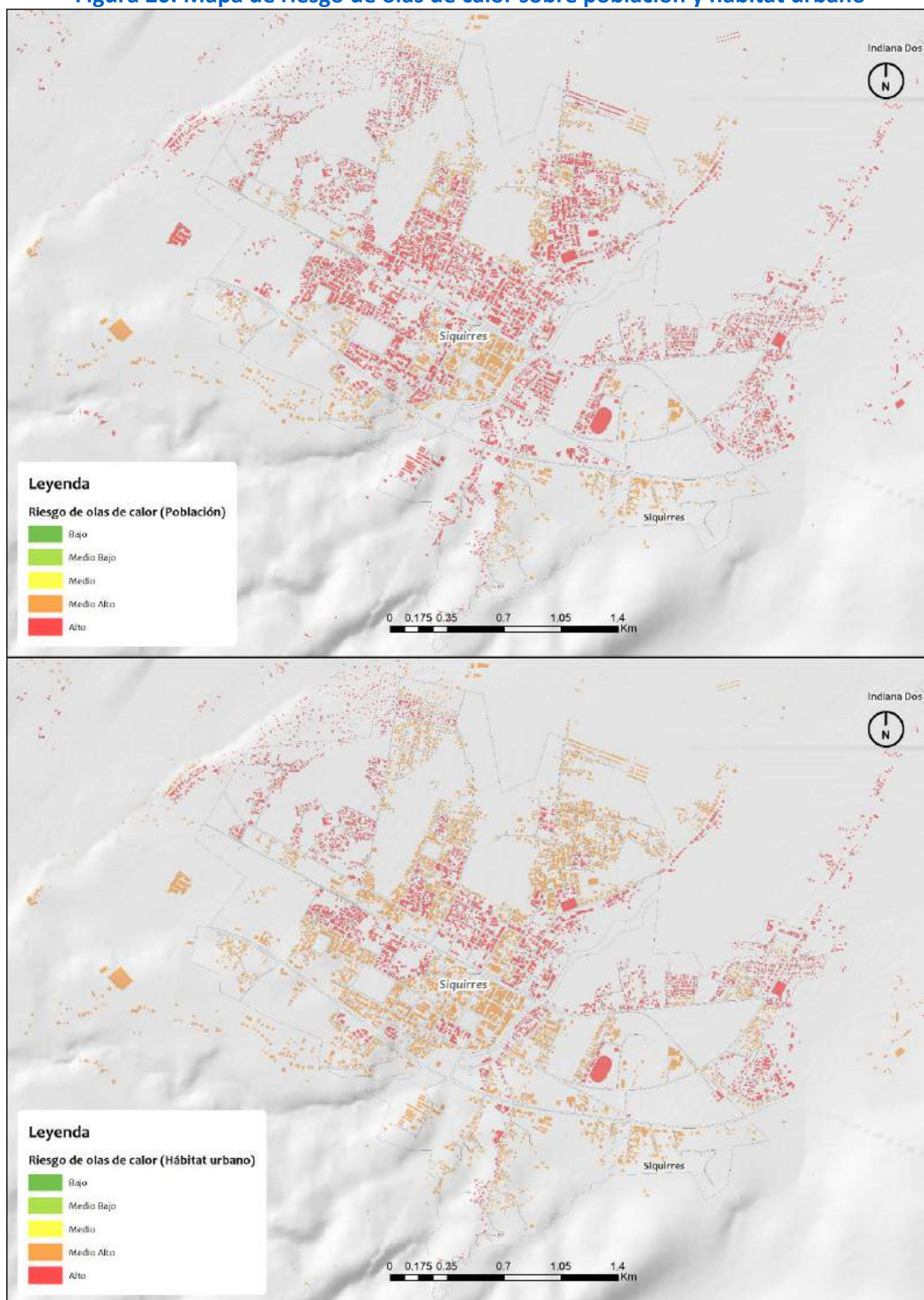
Escenario/Horizonte temporal (*)	Categoría de riesgo	Población		Hábitat urbano	
		nº edificios	%	nº edificios	%
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075 Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-alto	6.181,00	25,41	16.158,00	66,43
	alto	18.141,00	74,59	8.164,00	33,57

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

(*) En este caso, los datos son comunes a todos los escenarios RCP y horizontes temporales.

En las siguientes figuras (Figura 20. Mapa de riesgo de olas de calor sobre población y hábitat urbano) se representa la variabilidad del nivel de riesgo de olas de calor de los receptores sensibles considerados para ambos escenarios climáticos y horizontes temporales. En el caso de la población en la zona urbana de Siquirres, la mayoría se encuentra en zonas con riesgo alto con algunas zonas con riesgo medio alto. Este esquema se revierte en el sector hábitat urbano, donde la mayoría están en zonas de riesgo medio alto.

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



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

3.8 Capacidad adaptativa actual

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

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

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 y gestión municipal**

Para poder valorar esta dimensión, se han analizado distintas variables como el desarrollo y gestión institucional, la planificación, la participación ciudadana, la gestión de desarrollo ambiental o de servicios sociales. Todas ellas conforman el Índice de Gestión Municipal (IGM) que en el año 2018 logró una puntuación de 62,13. Cabe destacar que la gestión de desarrollo ambiental es la que cuenta con la peor puntuación, por lo que los esfuerzos deben ajustarse hacia ese lado sin dejar de atender el resto de necesidades.

- **Instituciones y derechos**

Esta dimensión hace referencia a todas las capacidades institucionales que garantizan el acceso a activos, programas sociales y equidad. 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.

Los niveles de escolaridad, de inclusión o de acceso a agua y saneamiento no son del 100%, por lo que se debe hacer hincapié en dichas cuestiones.

- **Conocimiento e información**

El 61% de su población tiene acceso a información y comunicaciones, mientras que el acceso a computadoras en los colegios es inferior al 35%. La comprensión de los cambios futuros y sobre las opciones de adaptación, así como la capacidad de implementar intervenciones adecuadas son parte del beneficio de tener una comunidad con acceso a información, por lo que resulta imprescindible mejorar estos aspectos.

▪ **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. Esto está ligado al Índice de Competitividad Cantonal, que en Siquirres es muy bajo.

▪ **Gobernanza y toma de decisiones**

Hace referencia principalmente 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.

▪ **Exposición ante amenazas naturales**

Algunos de los barrios se encuentran amenazados por riesgos presentes en el cantón. Estas amenazas son de naturaleza hidrometeorológica y geológica, como inundaciones, sismos o deslizamientos. En el caso de las inundaciones, parte de sus efectos negativos son consecuencia de la reducción de la capacidad de la sección hidráulica de los cauces por la presencia de desechos sólidos y la falta de planificación urbana que deriva en desarrollos desordenados.

También resulta de interés resaltar en este punto el Índice de Desarrollo Humano Cantonal (IDH), que se compone de la esperanza de vida al nacer, los años esperados y promedio de escolaridad, y el consumo eléctrico per cápita. El cantón de Siquirres tiene un valor de 0,783 lo que lo sitúa en la posición 55 de un total de 81 cantones de Costa Rica, según el Atlas de Desarrollo Humano Cantonal 2020⁸. Este resultado es bajo, ya que se sitúa por debajo de la media respecto al resto de cantones.

Desde la perspectiva de la planificación territorial, como se ha comentado en el apartado anterior, definen objetivos a implementar en un marco temporal acotado, relacionados con el aumento de la resiliencia y la capacidad de adaptación del cantón. Esto 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 Siquirres es mejorable, teniendo en cuenta que hay todavía un camino por recorrer en aras de mejorar algunos aspectos relevantes como el acceso a la información y mejorar el acceso a servicios básicos (agua, electricidad, alcantarillado e internet) en algunas comunidades. Además, dos

⁸ Disponible en: <https://www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/atlas-de-desarrollo-humano-cantonal.html>

el distrito costero de Pacuarito tiene un índice de vulnerabilidad al cambio climático medio, según el estudio asociado al Proyecto BIOMARCC (BIOMARCC-SINAC-GIZ, 2013).

BORRADOR

4 Necesidades y oportunidades de adaptación

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.

4.1 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 Figura 21, 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.

Figura 21. 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 relacionados 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.

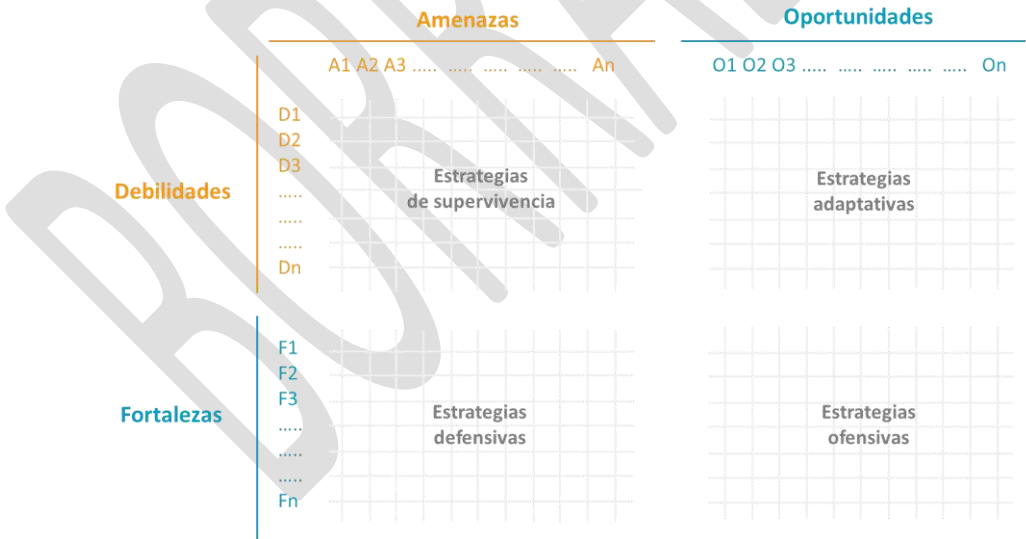
4.2 Análisis de necesidades y oportunidades

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 Figura 22, 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.

Figura 22. Fundamentos del análisis DAFO.



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Este trabajo se completará con los resultados del taller 1, con todos los actores locales implicados en el proceso.

4.3 Enfoques orientadores del Plan

El trabajo de análisis y diagnóstico realizado 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. A continuación, se detallan los elementos estructuradores del Plan.

- **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.

5 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 22 recoge el conjunto de fechas propuesto para cada uno de los hitos que componen el proceso definido para completar la elaboración del PAAC.

Tabla 22. Hitos y fechas de los próximos pasos.

Hito	Fecha propuesta
Entrega Diagnóstico	Semana del 28 de marzo de 2022
Reunión técnica 2-3	Semana del 25 de abril de 2022
Primer taller de validación (Presencial)	Semana del 09 de mayo de 2022
Entrega Diagnóstico consolidado	Semana del 16 de mayo de 2022
Segundo taller de validación (Presencial)	Semana del 23 de mayo de 2022
Entrega Borrador Plan de Acción para la Adaptación	Semana del 6 de junio de 2022
Reunión técnica 4 (Presencial)	Semana del 20 de junio de 2022
Entrega Plan de Acción para la Adaptación consolidado	Semana del 04 de julio de 2022
Tercer taller de presentación final (Presencial)	Semana del 11 de julio de 2022

6 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 Siquirres.

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 las inundaciones, 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 aumento con respecto al actual, especialmente en el escenario RCP8.5 (futuro lejano). 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 en el escenario RCP8.5, y llegando a reducirse en el escenario RCP4.5.

Analizando los receptores del impacto, se deberá prestar especial atención a las actividades agropecuarias, humedales, territorios indígenas y a las áreas naturales, en relación con la sequía, puesto que la mayoría de sus elementos y superficies se encuentran en los niveles de riesgo medio alto y alto. Gran parte de la población sufrirá el aumento de las temperaturas en forma de olas de calor y por inundaciones.

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.

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.

7 Referencias bibliográficas

- Barahona, D., Méndez, J., & Sjöbohm, L. (2013). *Análisis de la susceptibilidad a deslizamientos en el distrito de Tres Equis: una base para la gestión del riesgo y ordenamiento territorial*. San José.
- BIOMARCC-SINAC-GIZ. (2013). *Análisis de vulnerabilidad de las zonas oceánicas y marino-costeras de Costa Rica frente al cambio climático*. San José, Costa Rica.
- Bonsal, B. R. et al. (2011). Drought Research in Canada: A Review. *Atmosphere-Ocean*, 49(4), 303-319.
- CNE. (Enero de 2022). Obtenido de https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/mapas_amenzas/index.aspx
- Deschenes, O. (2014). Temperature, human health and adaptation: A review of the empirical literature. *Energy Economics*(46), 606-619.
- ESA. (2021). *Climate Change Initiative*.
- Gobierno de Costa Rica. (2018).
- Gobierno de Costa Rica. (2018). *Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático*.
- Gobierno de Costa Rica. (2020a). *Contribución Nacionalmente Determinada*.
- Gobierno de Costa Rica. (2020b). *Lineamientos generales para la incorporación de las medidas de resiliencia en infraestructura pública*.
- 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.
- 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. (2021). *Guía para la planificación de la adaptación ante el cambio climático desde el ámbito cantonal. Proyecto Plan A: Territorios Resilientes ante el Cambio Climático*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021). *Guía para la priorización de medidas de adaptación al cambio climático utilizando el método Análisis Multicriterio. Proyecto Plan A: Territorios Resilientes ante el Cambio Climático*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021d). *Bases conceptuales para la adaptación al cambio climático en Costa Rica*. 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 Siquirres*.
- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1-2), 202-216.
- Municipalidad de Siquirres. (2015). *Plan de Desarrollo Local 2016-2030*.
- Municipalidad de Siquirres. (2015). *Plan de Gobierno 2016-2020*.
- Municipalidad de Siquirres. (2020). *Plan Regulador*.

-
- O'Neill, M. S., & Ebi, K. L. (2009). Temperature Extremes and Health: Impacts o Climate Variability and Change in the United States. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 51(1), 13-25.
- Trabucco, A., & Zomer, R. (2019). *Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration (ET0) Climate Database v2*. *Figshare Dataset*. Obtenido de <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7504448.v3>
- 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
- 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

8 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*

8.1 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.

8.1.1 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 23. 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)

8.1.1.1 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 24. 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 25. 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 26. 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)

8.1.1.2 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 27. El mapa de pendientes obtenido es el que se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 27. 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 28. 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 29. 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)

8.1.2 Déficit de lluvias - Sequía

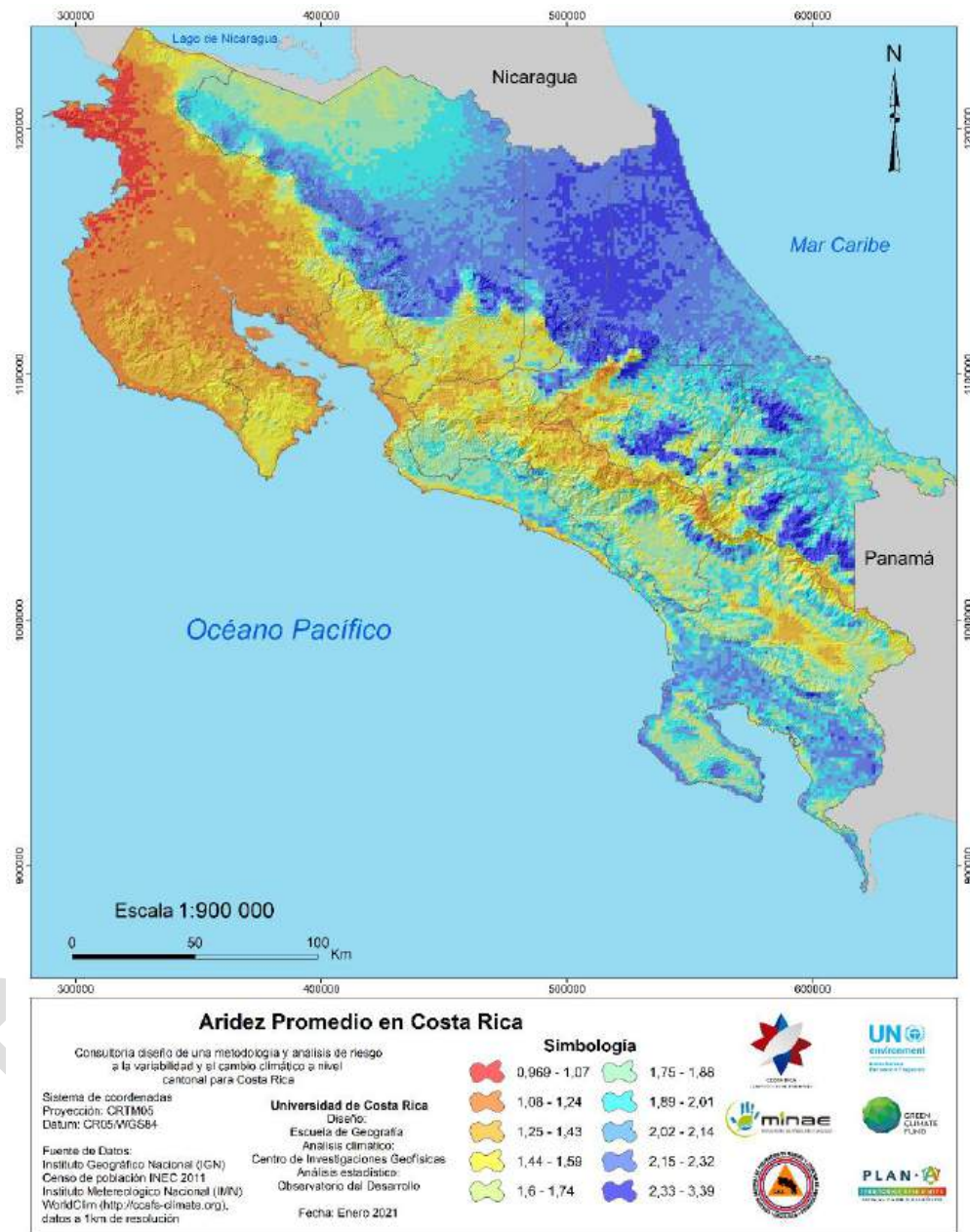
En el presente estudio se hace referencia a la sequía meteorológica, como una amenaza caracterizada por períodos prolongados sin lluvias, o con volúmenes de precipitación muy bajos.

Peligrosidad actual a sequía

Para caracterizar la peligrosidad de sequías en el territorio se ha utilizado un índice de aridez⁹ 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).

⁹ 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 23. 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 30. 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 31. 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 32. 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)

8.1.3 Altas temperaturas – Olas de calor

Peligrosidad actual a olas de calor

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

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

Peligrosidad futura a olas de calor

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

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

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

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

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

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

Tabla 33. 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

8.2 Exposición y vulnerabilidad

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

La justificación de esa elección queda detallada en el apartado de Cadenas de impacto (apartado 3.5), 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 3.6)

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:

Áreas de acción	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	

Áreas de acción	Receptor	Amenaza	Indicador vulnerabilidad	Rangos		Criterio adoptado			
					base de pastos naturales	Se asocia la divergencia de uso entre la capacidad real de un suelo y su uso actual con una mayor vulnerabilidad.			
			Divergencia uso / capacidad tierra	Baja	Concordancia uso/capacidad				
				Media	Concordancia restringida				
				Alta	Divergencia uso/capacidad				
			Principal fuente de agua	Baja	Acueducto / Proyecto de riego SENARA	Se asocia la dificultad de acceso al recurso hídrico como fuente principal de agua, influenciada por la ausencia de precipitaciones, con una mayor vulnerabilidad.			
				Media	Otras				
				Alta	Cosecha de agua / pozo / manantial / río				
			Infraestructuras	Vías	Deslizamientos Inundaciones	Tipo de vía	Baja	Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas	Se asocian las vías no pavimentadas de tierra con una mayor vulnerabilidad de la infraestructura. Se asocia el nivel jerárquico de las carreteras con el tipo de pavimento que cuentan. Igualmente, se asocia una menor redundancia de la red vial (posibilidad de usar rutas alternas) con una mayor vulnerabilidad. Se asume que las vías de menor nivel jerárquico tienen menos redundancia.
							Media	Vías cantonales / Centro urbano	
							Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra	
Ferrovías	Tipo de ferrovía	Baja		-		Al no contarse con información específica de las ferrovías se asocian todas ellas con una vulnerabilidad media.			
		Media		Ferrovías					
		Alta		-					
Puentes	Tipo de puente	Baja		Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas		Se asocia la presencia de puentes en vías no pavimentadas y con menor			

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

Áreas de acción	Receptor	Amenaza	Indicador vulnerabilidad	Rangos		Criterio adoptado
	Territorios indígenas	Inundaciones Sequías	Porcentaje de población indígena dentro del territorio indígena	Media	25%-75%; sin de datos población por UGM	Se asocia una mayor presencia de población indígena en un territorio indígena con una mayor vulnerabilidad.
				Alta	>75%	
	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

8.3 Cálculo del riesgo

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

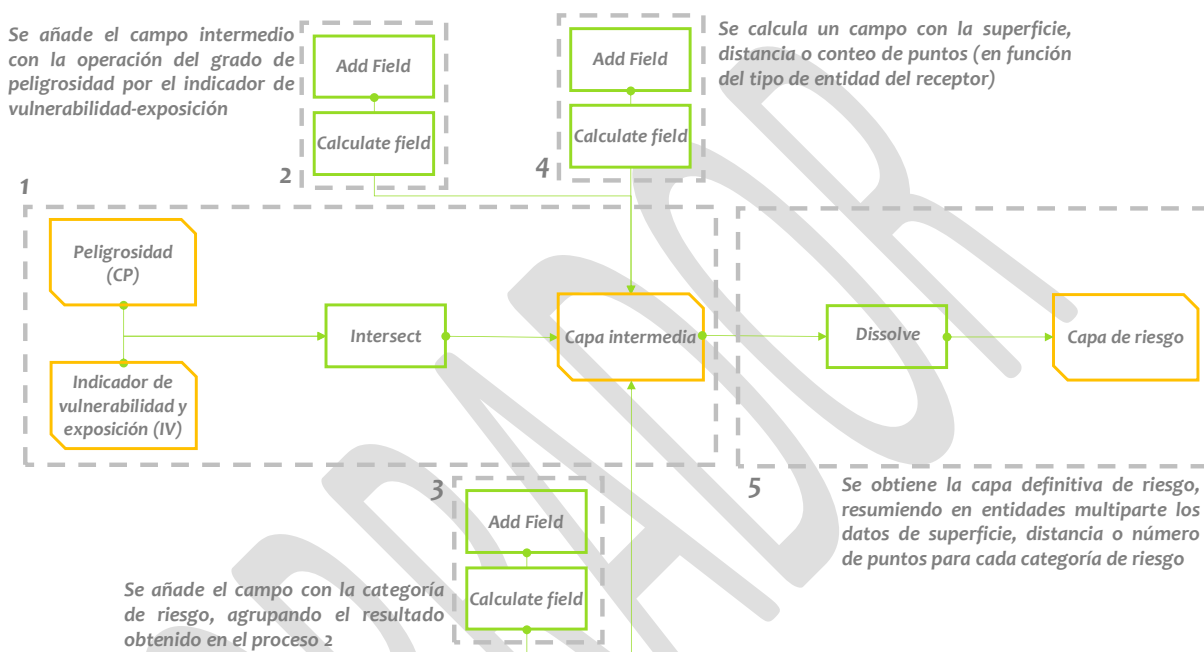
1. Se realiza el proceso de intersección (herramienta *Intersect*) de la capa de Peligrosidad junto con la capa del indicador de Exposición y Vulnerabilidad, de manera que se obtiene una capa única con la información de ambos insumos combinada.
2. Se agrega un nuevo campo que contendrá la categoría de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

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

3. Una vez obtenida la categorización del riesgo, dependiendo del tipo de entidad - polígono, línea o punto- se agrega un nuevo campo (*Add Field*) y se calcula (*Calculate Field*) la superficie, distancia o conteo de puntos del resultado, respectivamente.
4. Finalmente, sobre la capa resultante se aplica un geoprocuro 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.



9 Anexo 2. Clima histórico y Proyecciones climáticas en Costa Rica

9.1 Clima histórico

Para caracterizar el clima histórico del apartado 4.1 se ha utilizado la siguiente información:

- Estaciones meteorológicas del Instituto Meteorológico Nacional (IMN),
- 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 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.

9.2 Proyecciones climáticas

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://cgloba.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/ProyeccionesEscenariosClimaticos/ofline/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 33 para un listado de los modelos y su origen). Se trata de información de libre acceso a la cual se puede [acceder aquí](#).

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

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

Modelo	Centro	País	Resolución (original)		Resolución (NASA-NEX)	
			Lat (°)	Lon (°)	Lat (°)	Lon (°)
BCC-CSM1-1	GCESS	China	2.79	2.81	0.25	0.25
BNU-ESM	NSF-DOE-NCAR	China	2.79	2.81	0.25	0.25
CanESM2	LASG-CES	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 NASA¹⁰.

¹⁰ Disponible en: <https://www.nccs.nasa.gov/services/data-collections/land-based-products/nex-gddp>

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.
- 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).

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

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

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

10 Anexo 3 Resumen del 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 34) se muestra el grado de avance en el esquema de actividades previsto.

Tabla 34. 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” Definir las principales amenazas climáticas a analizar Análisis inicial de exposición y vulnerabilidad Preparación del proceso participativo
Reunión técnica 2-3 (Virtual)	Revisión y aprobación del Diagnóstico Propuesta de visión y objetivos principales para la adaptación
Primer taller de validación (Presencial)	Presentación general del proceso Validación del Diagnóstico Integral 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 (Presencial)	Presentación del borrador del Plan de Acción
Tercer taller de presentación final (Presencial)	Presentación final del plan

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

10.1 Avances hasta la fecha

Como se evidencia en el recurso anterior, hasta el momento se ha llevado a cabo la reunión técnica 1. Esta se realizó el día 6 de diciembre del 2021. Contando con la participación de personas de la municipalidad y de personas de la comunidad. En el siguiente recurso (Tabla 35. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1) se brinda la información de quienes participaron.

Tabla 35. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Asier Rodríguez	IDOM
Natalia Gómez	Plan A
Raquel Gómez	Plan A
Jessie Vega	CPSU
Pablo Castro	CPSU
Álvaro Ramírez	Municipalidad de Siquirres
Susana Zamora	Municipalidad de Siquirres
Biryeh Elizondo	Municipalidad de Siquirres
Karla Cruz	Municipalidad de Siquirres
Maureén Cash	Municipalidad de Siquirres

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

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 el equipo de la Municipalidad de Siquirres validó el Plan de Trabajo.

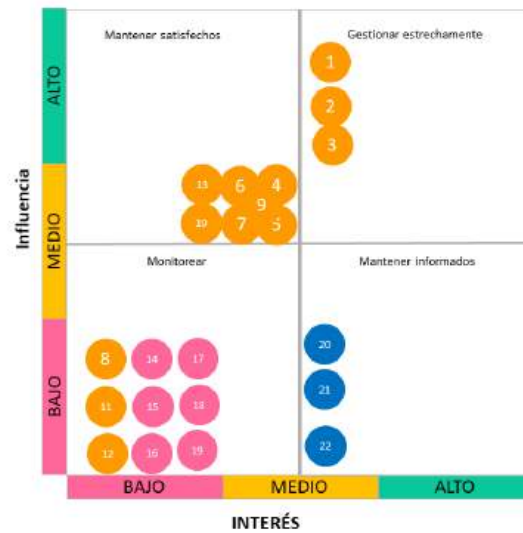
Sobre la Caja de Herramientas para este momento se encontraba en elaboración y el equipo municipal se comprometió a concluir el documento y aportar aquella información adicional que consideraron relevante.

Además, se acordaron los próximos pasos y la fecha para la segunda reunión técnica.

10.2 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 24 y la Tabla 36.

Figura 24. Matriz de relevancia de actores.



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Tabla 36. Relevancia de actores identificados.

Categoría de Actor	#	Nombre	Influencia	Interés
Sector Público	1	Alcaldía Municipal	1	2
Sector Público	2	Concejo Municipal	1	2
Sector Público	3	Equipo Municipal	1	2
Sector Público	4	Comité Municipal de Emergencias	2	2
Sector Público	5	Ministerio de Salud	2	2
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	Instituto De Desarrollo Rural	2	2
Sector Público	10	Asadas	2	2
Sector Público	11	Cruz Roja	3	3
Sector Público	12	Bomberos	3	3
Sector Público	13	SINAC	2	2
Sector Privado	14	Cámaras de turismo	3	3
Sector Privado	15	Cámaras de comercio	3	3
Sector Privado	16	Bancos	3	3
Sector Privado	17	Empresa del cantón	3	3
Sociedad Civil	18	Asociaciones de Desarrollo	3	3
Sociedad Civil	19	Comite de la persona joven	3	3
Sociedad Civil	20	Colectivos de sociedad civil	2	3
Academia	21	UCR	2	3
Academia	22	EARTH	2	3

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).

11 Anexo 4. Glosario de términos

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 de los glosarios que acompañan los últimos informes publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos para el Cambio Climático como el AR5 o el informe especial del calentamiento global de 1,5°C.

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.

Desviación o anomalía

Desviación de una variable a partir de su valor promediado durante un período de referencia.

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.

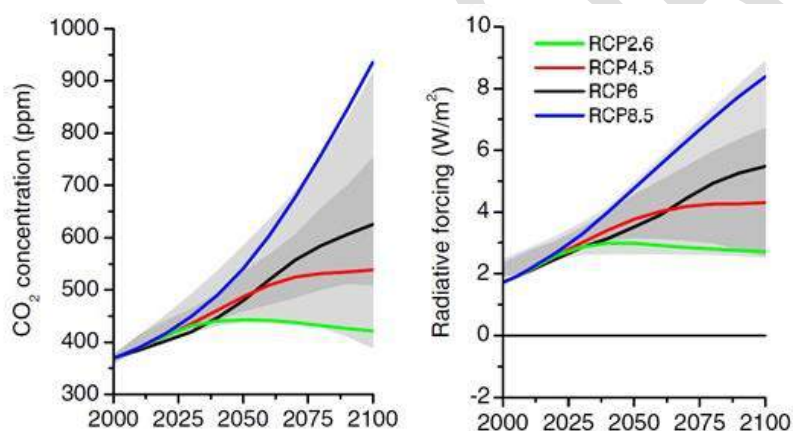


Figura 1. Escenarios de trayectorias de concentración representativas (van Vuuren et al. 2011)

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.