

PLAN · 

TERRITORIOS RESILIENTES
ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

PLAN DE ACCIÓN PARA LA ADAPTACIÓN CLIMÁTICA

CANTÓN BELÉN

Producto 2. Diagnóstico

Febrero de 2022



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

Febrero de 2022, San José, Costa Rica

Contrato:

Consultoría para la integración efectiva de estrategias de adaptación al cambio climático en procesos de planificación municipal en los cantones de Naranjo, Turrialba, Belén y Acosta (NAP Costa Rica Región Central)

Empresas consultoras:

IDOM

IDOM, Engineering, Architecture, Consulting



Centro Para la Sostenibilidad Urbana (CPSU)

Equipo de trabajo:

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

Jessie Vega Méndez, Especialista en procesos participativos

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

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

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

Ruth Martínez Rodríguez, Especialista en adaptación basada en ecosistemas

Aida Fernández Pérez, Especialista en ordenamiento territorial y riesgos

Título del producto:

Producto 2. Diagnóstico

Versión del documento:

Versión 2. Diagnóstico consolidado

Supervisión técnica:

Ximena Apéstegui Guardia, Coordinadora del proyecto Plan A

Natalia Gómez Solano, Asistente técnica de proyecto Plan-A

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

Contenidos

Abreviaciones	6
Figuras	8
Tablas	9
1 Glosario	11
2 Presentación	15
3 Perfil local	16
3.1 Contexto geográfico	16
3.2 Caracterización socioeconómica	18
3.3 Planificación territorial y sectorial.....	23
3.4 Acciones climáticas en el cantón.....	26
4 Perfil climático	31
4.1 Clima histórico y registro de desastres asociados al clima	32
4.2 Proyecciones climáticas.....	36
4.3 Amenazas a considerar	37
4.4 Categorización de la peligrosidad	39
4.5 Receptores sensibles y cadenas de impacto	47
4.6 Exposición y vulnerabilidad	53
4.7 Caracterización de riesgos climáticos.....	61
4.8 Capacidad adaptativa actual.....	70
5 Lineamientos estratégicos	72
5.1 Políticas y reportes nacionales en materia de acción climática	72
5.2 Análisis DAFO.....	74
5.3 Elementos estructuradores de la propuesta de adaptación	76
6 Avances en el proceso participativo	79
6.1 Avances hasta la fecha.....	79
6.2 Mapeo de actores.....	83
7 Sigüientes pasos	85
8 Conclusiones y recomendaciones	88
9 Referencias	91
10 Anexo 1. Metodología para el análisis de riesgos	93
10.1 Peligrosidad	93
10.2 Exposición y vulnerabilidad	101
10.3 Cálculo del riesgo.....	106
11 Anexo 2. Proyecciones climáticas en Costa Rica	108
12 Anexo 3. Análisis DAFO	111



Abreviaciones

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

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

Figuras

Figura 1. Localización	16
Figura 2. Usos del suelo 2020	21
Figura 3. Conceptualización del riesgo climático	31
Figura 4. Precipitación media anual en Belén	33
Figura 5. Temperatura máxima media anual en Belén	34
Figura 6. Temperatura mínima media anual en Belén	35
Figura 7. Mapa de amenazas hidrometeorológicas	38
Figura 8. Mapa de peligrosidad de inundaciones	42
Figura 9. Mapa de peligrosidad de sequías	44
Figura 10. Mapa de vulnerabilidad de la población.....	59
Figura 11. Mapa de vulnerabilidad de del hábitat urbano	60
Figura 12. Composición espacial del riesgo climático.....	62
Figura 13. Mapa de riesgo de inundaciones sobre población y hábitat urbano.	65
Figura 14. Mapa de riesgo de inundaciones sobre sector agropecuario y vías ..	66
Figura 15. Mapa de riesgo de sequías sobre sector agropecuario y áreas naturales	68
Figura 16. Mapa de riesgo de olas de calor sobre población y hábitat urbano ..	69
Figura 17. Matriz de relevancia de actores	83
Figura 18. Índice de aridez promedio	97

Tablas

Tabla 1. Población distribuida por distrito.....	19
Tabla 2. Comparativa usos del suelo.....	20
Tabla 3. Cambios en el uso del suelo.....	20
Tabla 4. Eventos asociados al clima (1988-2019).....	36
Tabla 5. Proyecciones climáticas de precipitación en Belén.....	36
Tabla 6. Proyecciones climáticas de temperatura máxima en Belén.....	37
Tabla 7. Proyecciones climáticas de temperatura mínima en Belén.....	37
Tabla 8. Porcentajes de cambio de la variable R95p.....	40
Tabla 9. Porcentajes de cambio de la variable CDD.....	45
Tabla 10. Receptores sensibles.....	47
Tabla 11. Cadenas de impactos asociadas a las inundaciones.....	48
Tabla 12. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores 1988-2019.....	49
Tabla 13. Cadenas de impactos asociadas a las sequías.....	50
Tabla 14. Cadenas de impactos asociadas a las olas de calor.....	51
Tabla 15. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores.....	52
Tabla 16. Impactos indirectos sobre la población en situación de vulnerabilidad frente al cambio climático.....	52
Tabla 17. Indicadores de análisis de las amenazas.....	55
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.....	64
Tabla 19. 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.....	67
Tabla 20. 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.....	69
Tabla 21. Lineamientos contenidos en la PNACC.....	73
Tabla 22. Fundamentos del análisis DAFO.....	75
Tabla 23. Esquema de actividades previsto.....	79
Tabla 24. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1.....	80
Tabla 25. Personas asistentes a la Reunión Técnica 2.....	81
Tabla 26. Personas asistentes al Taller 1.....	82
Tabla 27. Relevancia de actores identificados.....	83
Tabla 28. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a lluvias intensas.....	94
Tabla 29. Categorización de pendientes como criterio para la componer la peligrosidad espacial de inundaciones.....	95
Tabla 30. Peligrosidad a inundaciones.....	95
Tabla 31. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a inundaciones.....	96

Tabla 32. Categorización de la aridez	98
Tabla 33. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a déficit de lluvias	99
Tabla 34. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a déficit de lluvias	99
Tabla 35. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a olas de calor	101
Tabla 36. Modelos climáticos incluidos en el ensamble NASA-NEX y sus características.....	109
Tabla 37. Resumen de las debilidades identificadas	111
Tabla 38. Resumen de las amenazas identificadas	112
Tabla 39. Resumen de las fortalezas identificadas.....	113
Tabla 40. Resumen de las oportunidades identificadas	114

1 Glosario

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

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

Adaptación

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

Amenaza

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

Capacidad adaptativa

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

Exposición

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

Impacto

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

Mitigación

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

Medida de adaptación

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

Peligrosidad

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

Percentil

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

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

RCP (*Representative Concentration Pathway*)

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

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

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

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

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

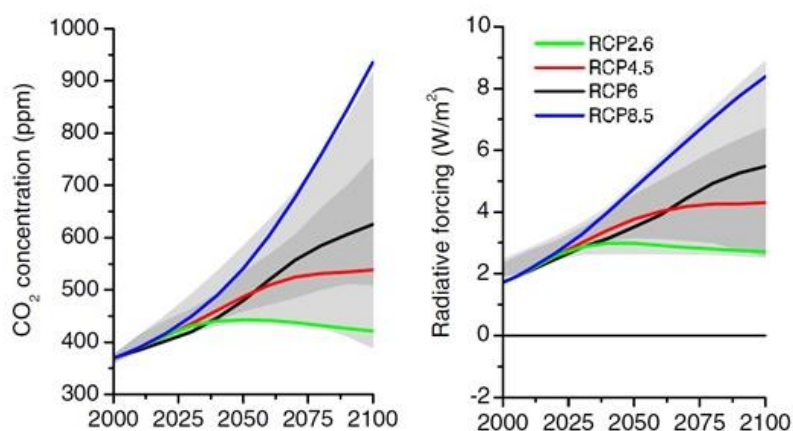


Figura 1. Escenarios de trayectorias de concentración representativas (van Vuuren et al. 2011)

Receptores sensibles

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

Resiliencia

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

Riesgo

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

Sensibilidad

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

Susceptibilidad

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

Vulnerabilidad

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

2 Presentación

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

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

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

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

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

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

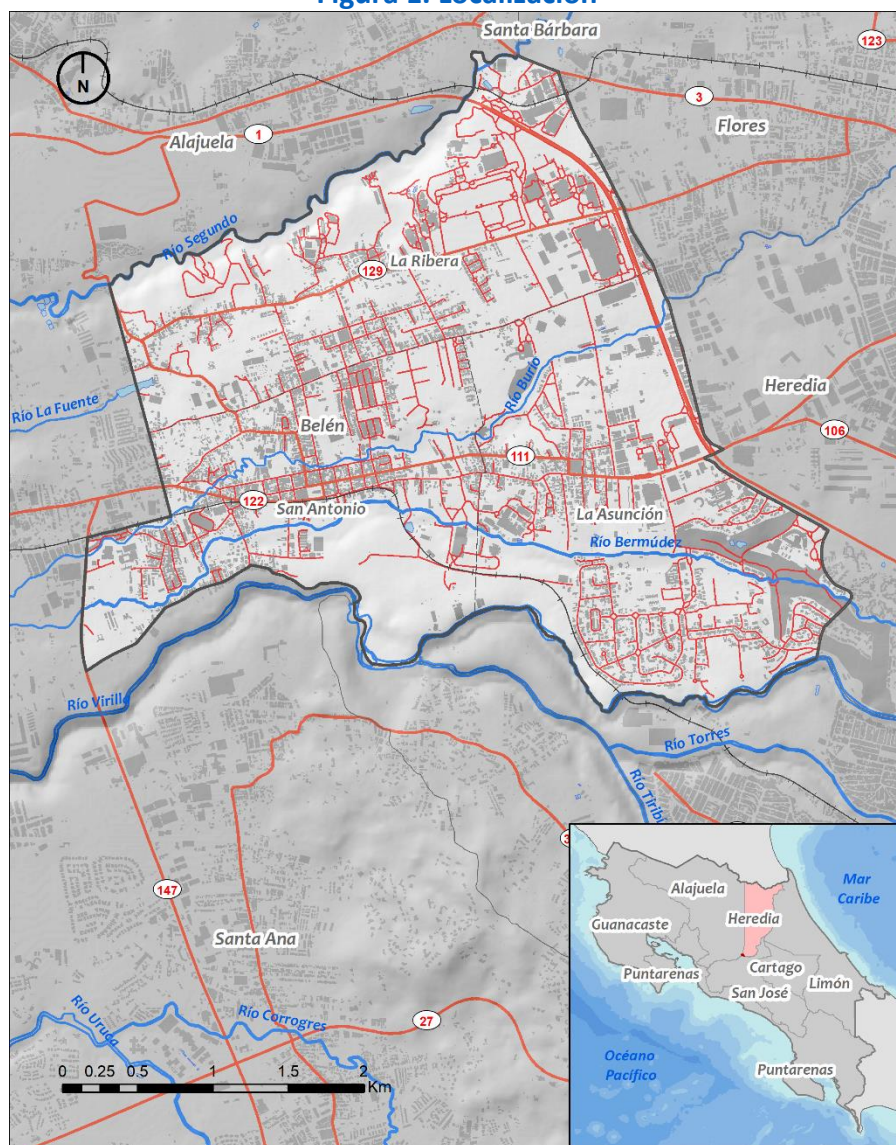
3 Perfil local

3.1 Contexto geográfico

Belén es el cantón número siete de la provincia de Heredia. Su extensión aproximada es de 11,8 km² con un carácter eminentemente urbano (Municipalidad de Belén, 2012a). Se encuentra limitado al norte y oeste con el cantón de Alajuela, al suroeste con el cantón de Santa Ana, al sur con los cantones de Escazú y San José, al este con los cantones de Flores y Heredia, y al noreste con Santa Bárbara .

Este cantón está conformado por tres distritos: San Antonio, La Asunción y La Ribera, tal y como se representa en la Figura 1. Localización.

Figura 1. Localización



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

3.1.1 Topografía, geología y geomorfología

Se caracteriza por ser un territorio con una altitud mínima de 850 msnm y la altitud máxima, localizada al este del distrito de La Asunción es de 995 msnm. Esta información perfila un cantón con pendientes suaves, ya que solo el 2% de este supera el 30% (Municipalidad de Belén, 2010a).

Este ámbito se encuentra en la parte noreste de la unidad geomorfológica del Valle Central. El cantón de Belén se localiza en la parte central noreste de la Meseta Volcánica del Valle Central cerca del límite sur de la parte distal del talud de edificio estratovolcánico del volcán Barva, que forma parte del cinturón de volcanes activos de la Cordillera Central. Esta unidad se puede clasificar en: Lahares (con relieve alto), Cenizas Cuaternarias (con relieve moderado), Formación Tiribí (relieve moderado-alto), Formación Colima (con relieve moderado-alto), y los Depósitos Aluviales (con relieve bajo).

Su estratigrafía se concreta por rocas volcánicas del Cuaternario (Municipalidad de Belén, 2010a):

- **Formación lavas intracañón (Pleistoceno):** comprende algunas coladas de 10-30 metros de espesor que afloran en la parte baja de los valles de los ríos Virilla y Tiribí, ocupando gran parte de la zona central sur.
- **Formación avalancha ardiente (Pleistoceno):** su base está compuesta por una capa de pómez de hasta 3 metros de espesor. Los flujos piroclásticos tienen un espesor promedio de 45 metros y cubren un área de 500 km². Esta formación aflora principalmente en el sector noroeste de la parte central del área de estudio, especialmente en las cercanías de la Planta de Electriona.
- **Formación Barva (Cuaternario):** se trata de materiales que pueden ser parte de las últimas actividades lávicas procedentes del macizo Barva. Se trata de sucesiones de rocas volcánicas subrecientes y recientes (Pleistoceno Superior y Holoceno) con un marcado patrón geomorfológico.
- **Cenizas subrecientes:** representan las últimas manifestaciones de la actividad volcánica dentro del cantón, que cubre un área extensa de la meseta volcánica fuera de los cañones de ríos. De forma predominante consiste en componentes de grano fino-intermedio de color café con un espesor de 8 metros aproximadamente.

3.1.2 Hidrología

El sistema hidrológico del cantón forma parte de la cuenca del río Grande de Tárcoles perteneciente a la vertiente del Pacífico. La superficie de esta cuenca es de 2.189 km²

aproximadamente, sobre la que se localiza el 80% de las actividades industriales, comerciales y de servicios.

La red hídrica local está compuesta por cuatro ríos: al norte el río Segundo (orientación noreste-suroeste) y hacia el sur los ríos Quebrada Seca (orientación noreste-suroeste), Bermúdez (orientación este-oeste) y Virilla (orientación este-oeste).

El cantón cuenta con cinco manantiales que actualmente están captados por la Municipalidad de Belén y por el AyA (Puente de Mulas) y son empleados para el consumo humano, así como con otros que no están dedicados a tal fin.

En relación con las aguas subterráneas, los acuíferos que se encuentran en este ámbito son Colima y Barva. Estos son recargados por infiltración de lluvia y percolación vertical de los acuíferos superiores.

Según los datos del Servicio de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (Senara), existen 93 pozos de los que se extrae agua, principalmente del acuífero Colima (Municipalidad de Belén, 2019b). También se han encontrado pozos captando en las zonas fracturadas de las ignimbritas de la formación Tiribí, donde el potencial para la extracción de agua subterránea se clasifica muy reducido debido a su baja permeabilidad. Por este motivo, se trabaja en la protección de estas zonas para conservar los recursos hídricos y la biodiversidad asociada a estos entornos.

3.1.3 Áreas de especial protección

El cantón de Belén no presenta ningún tipo de régimen de protección especial, como Áreas Silvestres Protegidas y Territorios Indígenas, ya que como se ha mencionado se trata de un territorio urbano. Sin embargo, sí cuenta en la parte sur con una pequeña superficie considerada corredor biológico. Esta figura no se encuentra protegida pero están impulsados por el SINAC y corresponde con la segunda estrategia de conservación más importante. En este caso se trata del corredor Interurbano Río Torres (C48).

3.2 Caracterización socioeconómica

3.2.1 Población

Los datos del último censo oficial publicado en 2011 indican que la población de Belén alcanza los 21.808 habitantes, de lo que 10.568 son hombres (48%) y 11.240 son mujeres (52%). Esta se distribuye por los distritos de modo que San Antonio acapara la mayoría de la población con un 47%, seguido de La Ribera con un 28% y Asunción con un 26% de la población del cantón, como se recoge en la Tabla 1. Población distribuida por distrito. Cabe señalar que, dada su ubicación estratégica y urbana, hay una población flotante de 25.000 personas aproximadamente que acude a trabajar al cantón.

Como ya se ha comentado, se trata de un cantón urbano, por lo que el total de la población se encuentra en zona urbana. Atendiendo a los datos de densidad de población que también arroja el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la densidad en el año 2011 se situaba en los 1.795 hab/km², siendo el distrito que presenta un valor mayor San Antonio.

Tabla 1. Población distribuida por distrito

Distrito	Área km ²	%	Población	%	Densidad (hab/km ²)
<i>San Antonio</i>	3,51	29%	10.193	47%	2.904
<i>La Ribera</i>	4,17	34%	6.024	28%	1.445
<i>Asunción</i>	4,47	37%	5.591	26%	1.251
Total	12,15	100%	21.808	100%	1.795

Fuente: INEC (2011).

El número de viviendas llega a los 6.566, según datos del INEC para el año 2011, donde casi la mitad se encuentran en el distrito de San Antonio y la otra mitad se reparten entre los otros dos distritos.

Atendiendo a los grupos de edad, queda de relieve que alrededor del 78% de la población están en edad activa de trabajar ya que son mayores de 12 años, lo que favorece el desarrollo de actividades económicas del cantón.

3.2.2 Actividades productivas

En cuanto a los aspectos socioeconómicos del cantón existió en el siglo pasado una proceso de transformación incentivado por la actividad del ferrocarril, que favorecía el comercio del café. Luego se pasó al sector primario hasta que en los años 50-60 se inicia el desarrollo del sector industrial como principal actividad productiva.

Cuenta con 1.058 empresas donde predomina el sector comercial con casi un 89% de estas dedicadas a dicha actividad, seguido del sector industrial (7,37%) y el sector servicios gastronómicos y hoteleros (3,68%).

Los sectores comercial y de servicios gastronómicos son predominantes en el distrito de San Antonio, y los sectores industrial y de servicios hoteleros en Asunción.

En términos de empleo, el sector industrial destaca por ser el que mayor número de empleos genera, a pesar de representar menos del 8% de la patentes registradas. El siguiente en generar empleos es el sector comercial, y por último el sector agropecuario, como cabe esperar de un entorno urbano. Sobre este último sector, destaca el cultivo de cebolla, tomate, maíz, café y la producción avícola (Municipalidad de Belén, 2012a).

3.2.3 Usos del suelo

El estudio más reciente de uso del suelo en el cantón de Belén comprende el período 2006-2013. Las variaciones que ha sufrido cada uso se presentan en la siguiente tabla (Tabla 2. Comparativa usos del suelo):

Tabla 2. Comparativa usos del suelo

Uso	2006 (ha)	2013 (ha)
Cultivos anuales	53,28	38,26
Cultivos perennes	24,88	19,47
Cultivos perennes con árboles	20,78	19,55
Bosques	28,90	30,34
Plantaciones forestales	4,56	4,85
Pastos	243,14	194,78
Pastos arbolados	119,88	95,75
Nube	1,69	0
Cuerpos de agua	7,64	9,43
Tierra desnuda	14,71	15,32
Asentamientos	622,62	708,23
Árboles de asentamientos	94,17	100,26
Humedal	1,30	1,31
Total	1.237,55	1.237,55

Fuente: IDOM-CPSU a partir del Inventario de emisiones-absorciones de gases de efecto invernadero en el sector forestal y uso del suelo (FOLU) del cantón de Belén, 2006-2013.

Resulta interesante remarcar el aumento de la mancha construida, puesto que los asentamientos han aumentado alrededor de 90 ha; en contraposición de la reducción de los usos del suelo relacionados con la actividad agropecuaria.

Esa misma tendencia regresiva del uso agrícola es señalada por otra fuente, la Agencia Espacial Europea bajo la *Climate Change Initiative* (CCI). Tal y como se muestra en la Tabla 3. Cambios en el uso del suelo, la huella urbana ha aumentado más de un 36% en las últimas dos décadas, lo que contribuye a un cambio de modelo territorial que va aislando al sector primario. La Figura 2 muestra el mapa de usos del suelo en 2020.

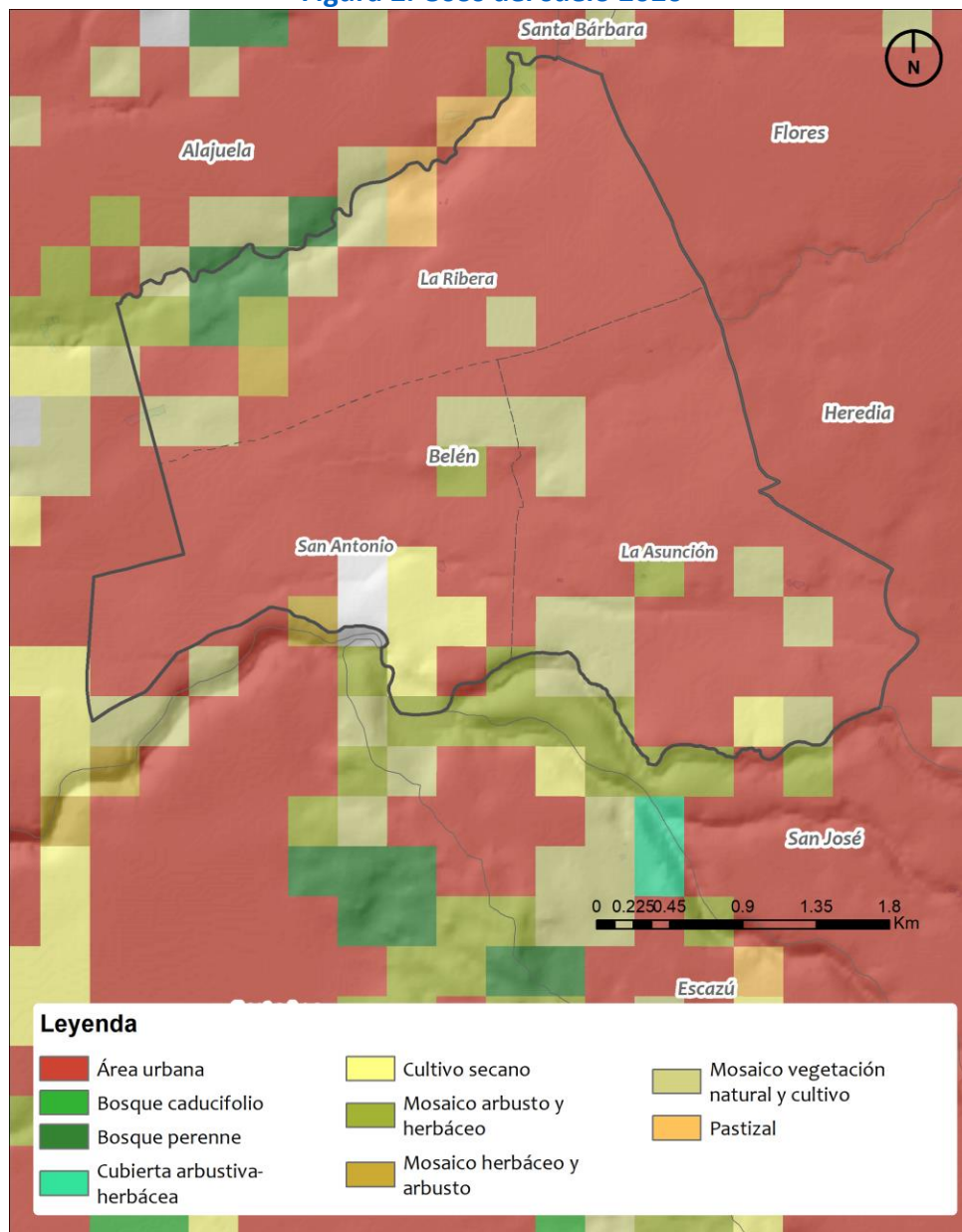
Tabla 3. Cambios en el uso del suelo

Cobertura	2000 (%)	2020 (%)	Tasa de cambio (%)
Cultivos	37,21	17,05	-20,16
Vegetación natural y semi-natural terrestre	20,16	6,20	-13,96
Herbazal	4,65	2,33	-2,32
Áreas urbanas	37,98	74,42	36,44

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

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

Figura 2. Usos del suelo 2020



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

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

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

En sentido general, los patrones del uso de la tierra se pueden diferenciar en Zonas Residenciales, Zonas Comerciales, Zonas Industriales, Zonas de Uso Mixto y Zonas de Uso Comunal (Municipalidad de Belén, 2010a).

- **Zonas Residenciales:** el uso habitacional del suelo está determinado por la existencia de las viviendas de las personas que viven de forma permanente en los distritos que integran el cantón. Según la base de datos de asentamientos en precario de la Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI), en este cantón no existen asentamientos en condición de precario.
- **Zonas comerciales:** por todo el cantón se encuentran establecimientos comerciales que brindan bienes y servicios a los residentes, así como los que se movilizan por el lugar. En el distrito de San Antonio es más intensa su presencia.
- **Zonas industriales:** en este tipo de uso destaca la presencia de las instalaciones de INTEL y varias empresas dedicadas a la producción de distintos bienes y servicios. En la zona de la autopista General Cañas se desarrolla actividad industrial por lo que se puede estimar que esta puede aumentar en este ámbito considerando la facilidad de las comunicaciones por los caminos de acceso.
- **Zonas de uso mixto:**
 - Uso residencial y/o comercial: esta situación se presenta particularmente en los sectores más poblados del cantón, especialmente en San Antonio.
 - Uso industrial y/o comercial: gran parte de las instalaciones industriales que se han identificado en el cantón se caracterizan por estar situadas en las cercanías de la autopista General Cañas.
 - Uso residencial y/o agropecuario: este tipo está presente en las inmediaciones de las zonas más alejadas de los distritos de Ribera y Asunción.
- **Zonas de uso comunal:** se trata de infraestructuras que son utilizadas por los habitantes de los poblados para socializar, como son los centros educativos, instalaciones deportivas, salones multiusos, templos religiosos o las sedes de los Equipos Básicos de Atención Integral en Salud (EBAIS).
- **Zona boscosa:** el área boscosa natural es bastante reducida en el cantón, a pesar de que su aptitud forestal es mayor, y se encuentra limitada a las zonas aledañas a las fuentes de agua y ríos. Como han comentado en las reuniones técnicas y talleres mantenidos con la municipalidad, de acuerdo con el último censo de arbolado, se cuenta con más de 16.000 árboles, siendo La Asunción el distrito que cuenta con más vegetación.
- **Zonas de uso agropecuario:** en Belén se pueden encontrar zonas de pastos, que se distinguen en pastos donde predominan gramíneas y su uso principal es el

ganadero; y pastos con árboles dispersos caracterizadas por haber sido objeto de pastoreo donde se dejaron algunos árboles como sombra. Este uso mantiene tres concentraciones importantes en el norte, en la parte central y al sur, y cerca del cañón del río Virilla.

3.3 Planificación territorial y sectorial

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

- **Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2013-2022 (2012)**

Este Plan es un insumo fundamental para aportar orientaciones al Consejo Cantonal de Coordinación Institucional y es el resultado de un proceso participativo con una proyección de 10 años. Propone una visión en la que proyecta Belén como “un cantón participativo, solidario, sostenible y competitivo, promoviendo un desarrollo integral, con equidad y calidad de vida”.

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

- Mantener un ambiente sano y limpio por medio de la protección y uso racional de los recursos naturales y la educación ambiental (EJE GESTIÓN AMBIENTAL).
- Implementar estrategias de desarrollo económico orientadas a la generación de nuevas fuentes de empleo y ampliación de la oferta educativa (EJE ESTÍMULO ECONÓMICO LOCAL).
- Regular y ordenar el territorio, previendo la infraestructura necesaria y mejorar los servicios para beneficio de la población (EJE ORDENAMIENTO URBANO Y SERVICIOS PÚBLICOS).
- Promover un desarrollo social integral, a través del desarrollo de programas y actividades orientadas a la atención de la población en condición de desventaja social (EJE DESARROLLO HUMANO Y SEGURIDAD CIUDADANA).

Los objetivos desarrollados para el eje de gestión ambiental van en línea con el reforzamiento del territorio a través de la conservación de los recursos, la educación ambiental o la implementación de medidas para disminuir la huella de carbono, entre otros. De este modo, se contribuye de forma activa a la capacidad adaptativa del cantón.

- **Plan de Desarrollo Estratégico Municipal de Belén del año 2020-2024 (2020)**

Se trata de una herramienta de planificación a medio plazo que tiene por misión gestionar el desarrollo equilibrado del cantón para el bienestar de la ciudadanía, sobre la que se asientan los siguientes objetivos generales:

- Lograr un ordenamiento territorial que permita un equilibrio económico social y ambiental.
- Implementar una gestión socioambiental con el fin de favorecer la calidad de vida.
- Fortalecer las capacidades institucionales.
- Dotar al cantón de la infraestructura necesaria y vanguardista que facilite el desarrollo.
- Lograr que los servicios públicos municipales cuenten con buena cobertura.
- Perdurar acciones direccionadas a la adecuada atención de las necesidades de la población.

La visión de la Municipalidad de Belén se concreta en “ser un agente innovador del desarrollo local sustentable”.

Este Plan está en consonancia con los ODS en la medida de las competencias del cantón. De forma concreta, en lo que respecta al cambio climático, tienen como objetivo específico ser un cantón bajo en emisiones de carbono implementando políticas de cambio climático.

- **Plan Operativo Anual (2021)**

Se trata de un instrumento pensado para el corto plazo a nivel municipal. Sus ejes estratégicos son comunes al Plan Cantonal y al Plan de Desarrollo Estratégico.

- **Plan Regulador**

El Plan Regulador del cantón de Belén se aprobó el 17 de diciembre de 1996, y según han comentado en las reuniones técnicas ha estado en actualización. Sus objetivos 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.

Por último, a nivel sectorial, cabe señalar:

- **Plan Maestro de los Sistemas de Abastecimiento de agua potable de Belén (2010)**

Este Plan forma parte del Programa de agua potable y saneamiento para el nivel subnacional. Define los sistemas de abastecimiento del cantón, donde se incluyen las fuentes, los sistemas de conducción, los pozos y los sistemas de almacenamiento; así como el sistema de gestión. Su finalidad es promover proyectos de mejora y optimización del sistema para que la distribución llegue a toda la población.

Una adecuada gestión de los recursos hídricos de Belén fomenta que la capacidad de adaptación frente al cambio climático se vea reforzada.

- **Plan Maestro de recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales del cantón de Belén - PMAS (2012)**

Este Plan se elabora para permitir formular un proyecto para la gestión adecuada de las aguas residuales, con el objeto de mejorar las condiciones ambientales y sanitarias del cantón, considerando el año 2040 como horizonte de planificación. Sus objetivos específicos van en línea con asegurar el equilibrio entre dotar a la población de agua de calidad, y la protección del propio recurso y el medio ambiente.

Como se ha comentado en el Plan Maestro de los Sistemas de Abastecimiento, el aporte de resiliencia al territorio es positivo de cara a la adaptación al cambio climático.

- **Política Local de Igualdad y Equidad de género (2015)**

El objetivo general de esta política se basa en contribuir en la mejora de la calidad de vida y disminuir las desigualdades de género para lograr un desarrollo cantonal integral, democrático, equitativo e inclusivo de la diversidad.

Las cuestiones de género son una parte más de las iniciativas de adaptación al cambio climático, puesto que un cantón involucrado en lograr la igualdad contribuye de forma directa a la capacidad de adaptación.

- **Política Ambiental de la Municipalidad de Belén 2019-2024 (2019)**

La política ambiental de Belén se basa en la reducción de los GEI a través de la aplicación del principio de sostenibilidad y racionalidad en todas las actuaciones de Belén.

El presente Plan de adaptación tomará estos principios como propios en futuros pasos donde se definan medidas coherentes con estas cuestiones.

- **Política Cantonal de Cambio Climático 2022-2030 (2019)**

Busca la definición y desarrollo de medidas que tienen por objeto la disminución del impacto debido al cambio climático y plantear la respuesta a través de medidas de adaptación. Propone como visión del Belén del año 2030 “un cantón bajo emisiones de carbono, resiliente, con una mejor calidad de vida de sus ciudadanos, que asegura la protección de los ecosistemas naturales y culturales, adaptando al cambio climático, que reduce la vulnerabilidad de su territorio; con una participación activa e inclusiva, donde actores públicos, privados y sociedad civil desarrollan iniciativas y acciones climáticas”.

Los ejes estructurantes que componen el Plan de Acción se basan en los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) y se traducen en distintas medidas concretas en relación con cada uno de estos ejes.

- Eje Transporte y movilidad
- Eje Energía
- Eje Biodiversidad

- Eje Economía local y consumo sostenible
- Eje Recurso hídrico
- Eje Gestión de residuos sólidos
- Eje Gobernanza
- Eje Gestión de Riesgo y Adaptación

Entre los objetivos planteados está la reducción de emisiones de GEI, reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y antropogénicos y aumentar la capacidad de resiliencia del territorio.

La motivación principal de este Plan de Acción y del presente documento es común, y no es otra que lograr un territorio donde de forma eficiente se lleven a cabo medidas de mitigación y adaptación que aporten resiliencia frente al cambio climático.

3.4 Acciones climáticas en el cantón

Las acciones climáticas hacen referencia a aquellas políticas o medidas dirigidas a reducir los impactos del cambio climático sobre el territorio, aportando a este la resiliencia necesaria para sobreponerse. A nivel global, conforman el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 13, desde el que se insta a adoptar medidas urgentes para combatir los efectos del cambio climático. Conforme a esto y en relación con la situación tras la COVID-19, el Secretario General de Naciones Unidas ha propuesto seis medidas favorables para el clima³ que los Gobiernos pueden adoptar al mismo tiempo que reconstruyen sus economías y sociedades. Estos son:

1. Transición verde a través de inversiones que aceleren la descarbonización de la economía.
2. Empleos verdes y crecimiento sostenible e inclusivo.
3. Economía verde para que las sociedades sean más resilientes y justas.
4. Inversión en soluciones sostenibles, dejando de aportar subsidios a los combustibles fósiles.
5. Afrontar todos los riesgos climáticos.
6. Cooperación entre países.

El cantón de Belén cuenta con una Política Cantonal de Cambio Climático donde se propone un conjunto de medidas de acción, además de otras incluidas en los planes territoriales. Sumado a esto, en la información facilitada por la municipalidad se incluye la Caja de Herramientas, donde se han identificado las acciones climáticas, bien de mitigación o de adaptación (o ambas), que están implementadas o en proceso de ejecución en el cantón. Durante los talleres con la Municipalidad, se ha comentado que esta está desarrollando un análisis de riesgo en el marco de la actualización del Plan Cantonal de Emergencias que permitirá profundizar los resultados del diagnóstico. Además, junto al TEC (Instituto de

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

Tecnología de Costa Rica) se ha firmado un convenio para convertir al cantón en un laboratorio de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN).

En la siguiente tabla se recogen algunas de estas acciones correspondientes a la Caja y a la Política cantonal:

Plan territorial/sectorial	Acción climática
Caja de herramientas	Definir una política cantonal y un Plan de Acción Climática (Mitigación y adaptación)
	Definir un Plan de Trabajo del Comité de Movilidad Urbana Sostenible (CMUS) (Mitigación)
	Inventariar las emisiones GEI para conocer los sectores en los que hay que establecer medidas (Mitigación)
	Estudio de toda la vegetación de áreas públicas y áreas de protección (Mitigación adaptación)
	Trabajo general con la Comisión de Tárcoles (Nacional y Subcomisión de Heredia) en términos de planificación hídrica (Adaptación)
	Gestión del riesgo y atención de desastres (Adaptación)
	Estudios Plan Regulador para planificar el territorio (Mitigación y adaptación)
	Aplicar Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) (Adaptación)
	Reducción del consumo de recursos por medio del PGAI y PBAE (Mitigación y adaptación)
	Planificar programas de educación ambiental (Mitigación y adaptación)
	Disminución de residuos con la aplicación del PMGIRS (Mitigación y adaptación)
	Acciones y programas de atención de emergencias (Adaptación)
	Convenio con el Green Building Council (Mitigación y adaptación)
	Pacto Global de Alcaldes (Mitigación y adaptación)
	Red RIMA Mi Transporte (Mitigación)
	Plan de alcantarillado sanitario (Mitigación y adaptación)
	Plan Maestro de Agua Potable (Adaptación)
	Observatorio ambiental (Mitigación y adaptación)
	Sistemas de alerta temprana (Adaptación)
	Plan y Política cantonal de cambio climático
Cantón amigo de las abejas (Adaptación)	
Parque Recreativo Ambiental La Asunción (Mitigación y adaptación)	
Aula en el Bosque (Mitigación y adaptación)	
Planes de arborización e interpretación ambiental (Mitigación y adaptación)	
Mejorar la gestión de los parques públicos	
Promoción de un programa de vehículos compartidos	
Gestión de movilidad en bicicleta	
Cambio de uso a vehículos eléctricos	
Promoción de uso del transporte público	
Campaña de educación vial	
Recuperación de espacios públicos amigables para peatones, bicicletas, mediante urbanismos táctico y pacificación de vías	
Plan de Movilidad Cantonal	
Mejorar y aumentar la frecuencia del servicio de tren	

Plan territorial/sectorial	Acción climática
	Interconexión de pasajeros que utilizan el tren hacia barrios, empresas, centros educativos
	Promoción de la incorporación de tecnología tanto en pagos electrónicos como en APP con horarios y rutas
	Creación y promoción de una guía de construcción sostenible
	Promoción de certificaciones LEED
	Promoción de incentivos
	Identificar los servicios públicos estratégicos que requieren blindaje e incluirlos en el Plan de emergencias local
	Programa de apoyo que incluya incentivos (certificaciones) para el sector industrial y comercios en las buenas prácticas en gestión de emisiones
	Campaña de promoción de ahorro energético y ecoeficiencia en empresas del cantón
	Campaña de promoción de buenas prácticas en gestión de refrigerantes
	Promoción de inventario de acciones climáticas a nivel empresarial y comercial
	Promoción de los programas nacionales de acción climática
	Programa de investigación de biodiversidad cantonal
	Corredores biológicos urbanos y recuperación de espacios públicos para recreación, deporte y salud
	Campañas sobre protección de agentes polinizadores
	Recuperación de espacios públicos para recreación, deporte y salud
	Inclusión de conservación de la biodiversidad en el Plan Regulador
	Incorporación de los actores sociales en los distintos sitios biodiversos mediante actividades lúdicas
	Identificación de sectores económicos afectados por el cambio climático
	Programa de economía sostenible enfocado a emprendimientos sostenibles y pequeños productores
	Campaña sobre información sobre el cambio climático y las afectaciones en el sector económico
	Creación de incentivos para pequeños y medianos empresarios, en buenas prácticas ambientales e incentivos verdes
	Creación de espacios públicos para promover productos locales sostenibles y estilos de vida saludables
	Programa cosechas de agua para actividades que no requieran agua potable
	Promover las mejoras en infraestructura sanitaria
	Creación de un Plan de Seguridad del Agua
	Campañas de buenas prácticas de uso del agua
	Promoción de tanques sépticos modernos a corto plazo
	Asegurar las áreas de protección en nacientes, pozos y fuentes hídricas
	Campañas de buenas prácticas de gestión de residuos con un enfoque de basura cero
	Impulsar prácticas innovadoras para el manejo de los residuos valorizables y orgánicos
	Reglamentación para prescindir de los plásticos de un solo uso, con un enfoque al sector productivo
	Impulso del manejo de residuos orgánicos en empresas, centros educativos, mediante la instalación de composteras
	Implementación de un galardón ambiental
	Creación de un programa de incentivos

Plan territorial/sectorial	Acción climática
	Incorporación de los criterios climáticos en los diferentes procesos municipales
	Promoción de programas como el Programa Bandera Azul Ecológica y certificaciones ISO
	Generar mecanismos de coordinación intermunicipales
	Coordinación, apoyo y educación en materia ambiental con las Asociaciones de Desarrollo
	Creación de comités de trabajo específicos de mayor participación ciudadana
	Fortalecimiento de protocolos, sistemas de alerta temprana
	Actualizar el Inventario de emisiones-absorciones de gases de efecto invernadero en el sector forestal y uso del suelo (FOLU) y articularlo con el Plan Regulador
	Campañas de sensibilización contra incendios y riesgos naturales
	Actualización e identificación de zonas y barrios altamente vulnerables a desastres naturales
	Reubicación de comunidades en zonas altamente vulnerables

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

- **Gestión del riesgo y análisis de la vulnerabilidad:** basado en el fortalecimiento del sistema de alerta temprana orientado hacia la prevención del riesgo de inundaciones en el cantón; estudios de riesgos socioambientales, fortalecimiento del comité local de emergencias; reubicación de poblaciones afectadas por problemas de inundación; capacitaciones a la comunidad en planes de emergencia familiares.
- **Plan de Acción preventivo para la mitigación de riesgos socioambientales:** que conlleve la promoción de buenas prácticas ambientales, acciones preventivas y protocolos para la clasificación de las áreas según su riesgo potencial; mapas de inundaciones; evaluación de terrenos con mayor riesgo de incendio y educación a la población.
- **Seguridad alimentaria:** apuesta por las huertas urbanas.
- **Fortalecimiento de la protección al recurso hídrico:** compra de propiedades a través de la tarifa hídrica; arborización en áreas de protección; presas y pozos adicionales para el almacenamiento del agua.
- **Planificación urbana:** en proceso de incluir la variable climática para la planificación del cantón; Programa Ciudad Sostenible; análisis de indicadores; restricciones de desarrollo en zonas de riesgo.
- **Política Cantonal de Cambio Climático:** la Comisión Cantonal de Cambio Climático se encuentra trabajando en la Política Cantonal de Cambio Climático que cuenta de distintos ejes estratégicos con sus respectivos indicadores y plan de acción. Algunas de las medidas que vertebran esta política se han incluido en la tabla anterior.

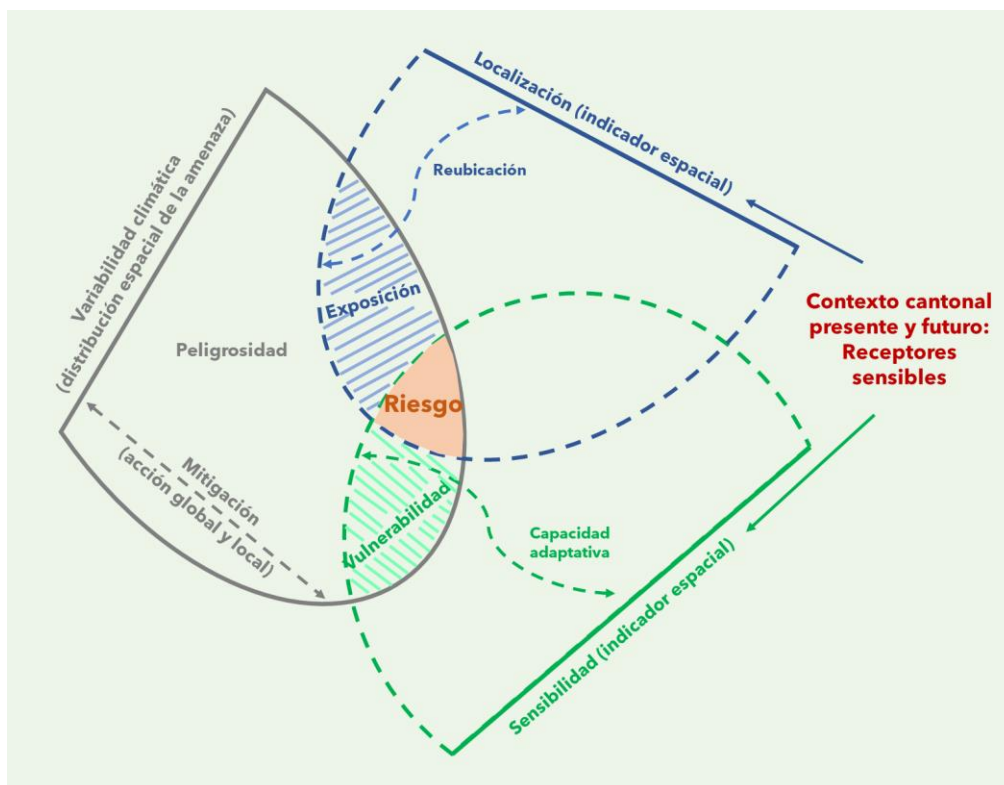
-
- **Monitoreo de la calidad del aire:** Programa Observatorio Ambiental, el cual se ha trabajado por más de 10 años; realizando análisis de contaminación atmosférica-calidad del aire con un plan de acción asociado. Se trabaja con los entes rectores. Se realizan además análisis puntuales de fuentes fijas de contaminación de la ciudad.
 - **Educación ambiental:** educación formal, informal y no formal dirigida a niños a partir de los 3 años, hasta población mayor.
 - **Infraestructura resiliente:** implementación de infraestructura verde. Se está construyendo actualmente el primer techo verde en un parque municipal. Y se tiene planificado también una pared en el edificio municipal principal. Además, se avanza en el diseño y construcción de infraestructura resistente (puentes, muros de gaviones, entre otros) a los peligros como inundaciones.

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

4 Perfil climático

Este análisis se apoya en la caracterización de los tres elementos que componen el riesgo climático, según estableció el Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC) en su Quinto Informe de Evaluación (IPCC, 2014). La Figura 3, basada en esta referencia, conceptualiza los conceptos a utilizar.

Figura 3. Conceptualización del riesgo climático



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

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

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

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

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

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

4.1 Clima histórico y registro de desastres asociados al clima

El clima en el cantón de Belén, incluido en la región climática del Valle Central, presenta un período seco y lluvioso bien definido. La época seca se registra entre mediados de noviembre hasta abril, y la lluviosa comprende desde el mes de mayo hasta mediados de noviembre. Por la aparición del veranillo, las lluvias tienden a disminuir en julio y agosto (IMN, 2021).

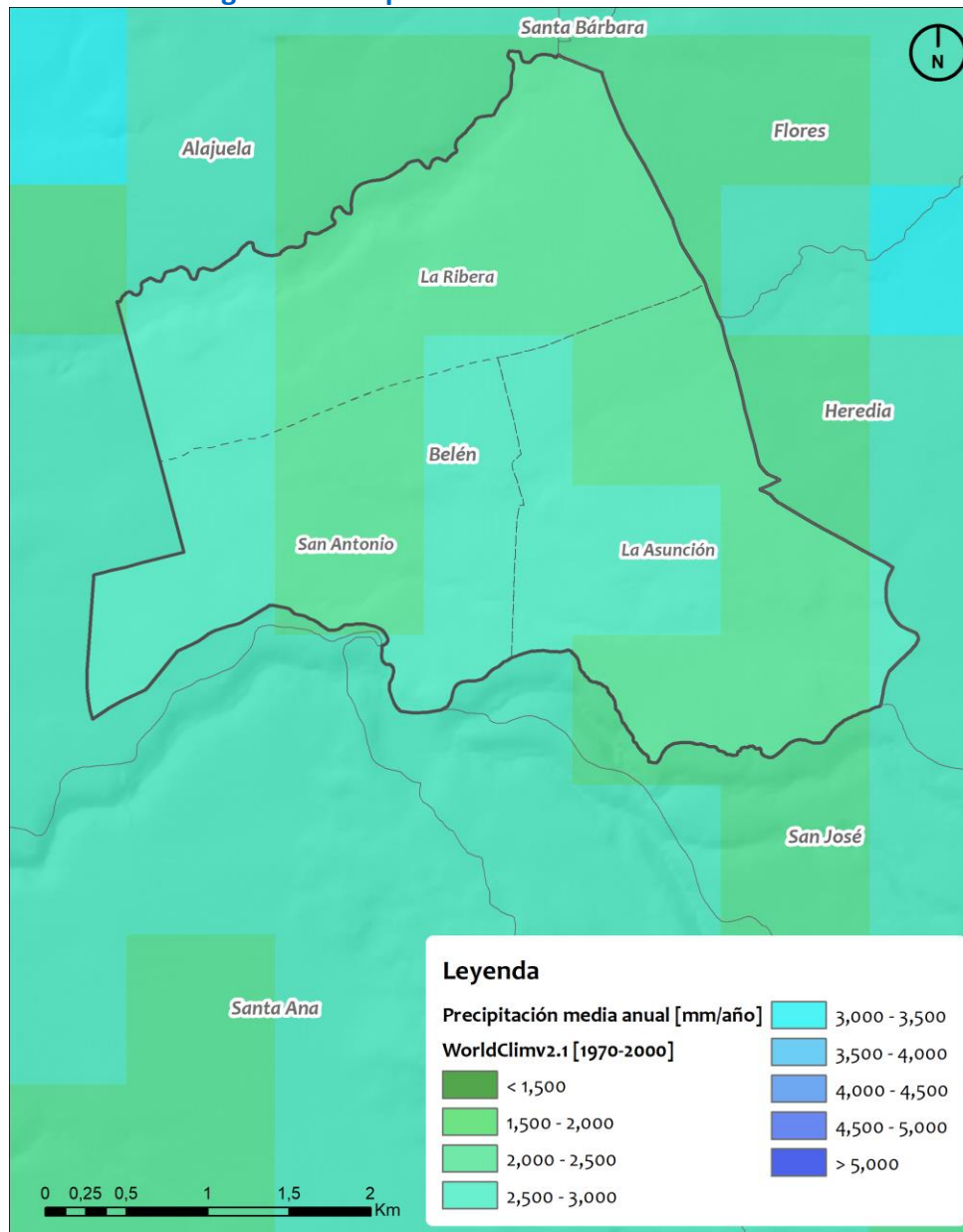
En la elaboración de este apartado se ha utilizado tanto información de estaciones meteorológicas del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), así como mapas de las principales variables climáticas (precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima) de la iniciativa WorldClim, para poder analizar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

4.1.1 Precipitación

Al tratarse de un territorio más reducido, Belén presenta un reparto homogéneo de las precipitaciones, con una media de 2.494,12 mm/año, sin grandes diferencias entre el máximo, 2.692 mm, y el mínimo, 2.409 mm.

La mayor influencia ciclónica se da entre septiembre y octubre, representado aproximadamente el 17% de la precipitación promedio anual. En el período seco, las lluvias no superan los 60 mm.

Figura 4. Precipitación media anual en Belén

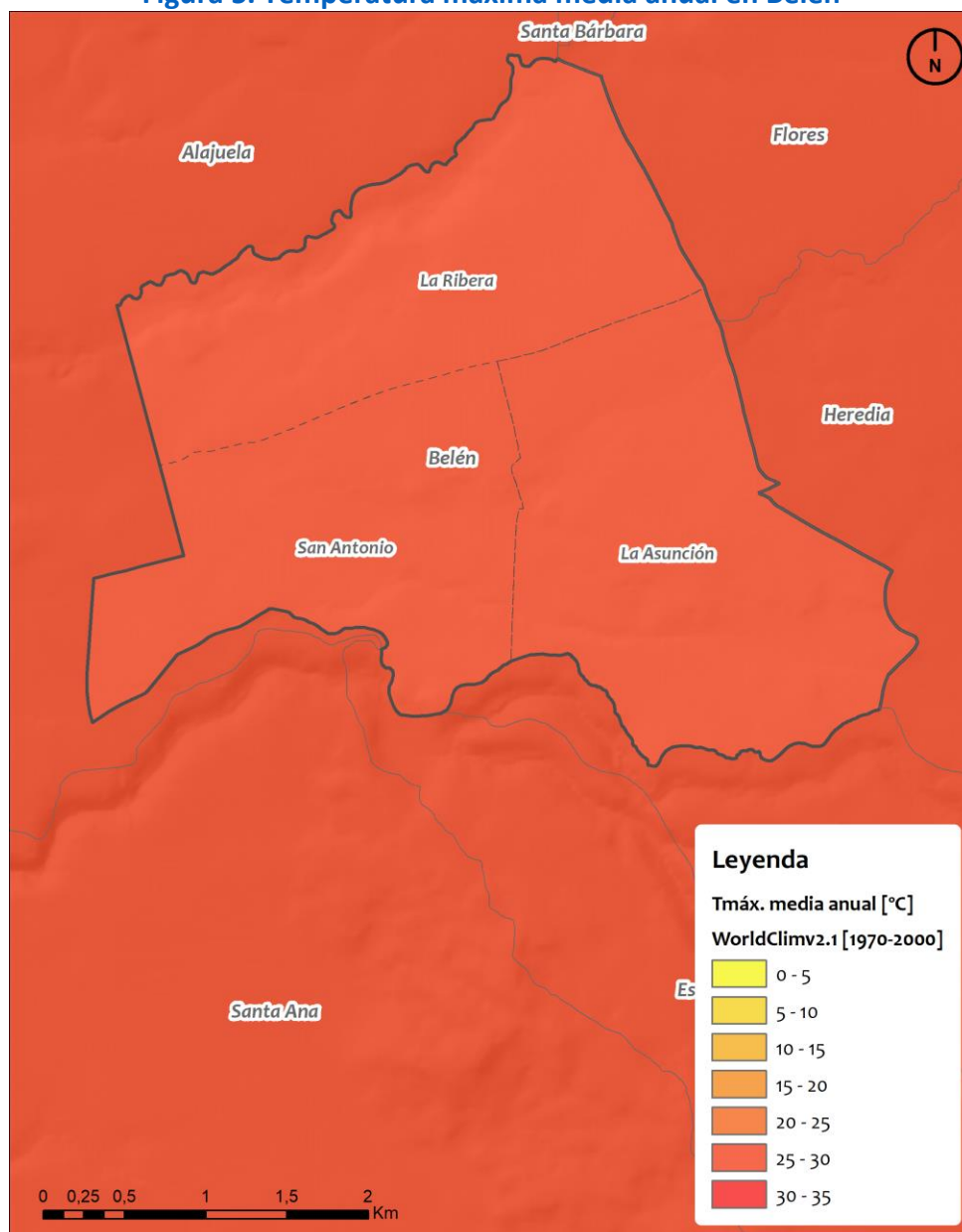


Fuente: IDOM-CPSU a partir de los datos de WorldClim (2021).

4.1.2 Temperatura

Del mismo modo ocurre con las temperaturas máximas, que alcanzan una media de 27,2 °C, sin apenas variaciones entre las máximas y mínimas. Los meses que sobrepasan esta media son marzo y abril, considerados los meses con las temperaturas más altas del año.

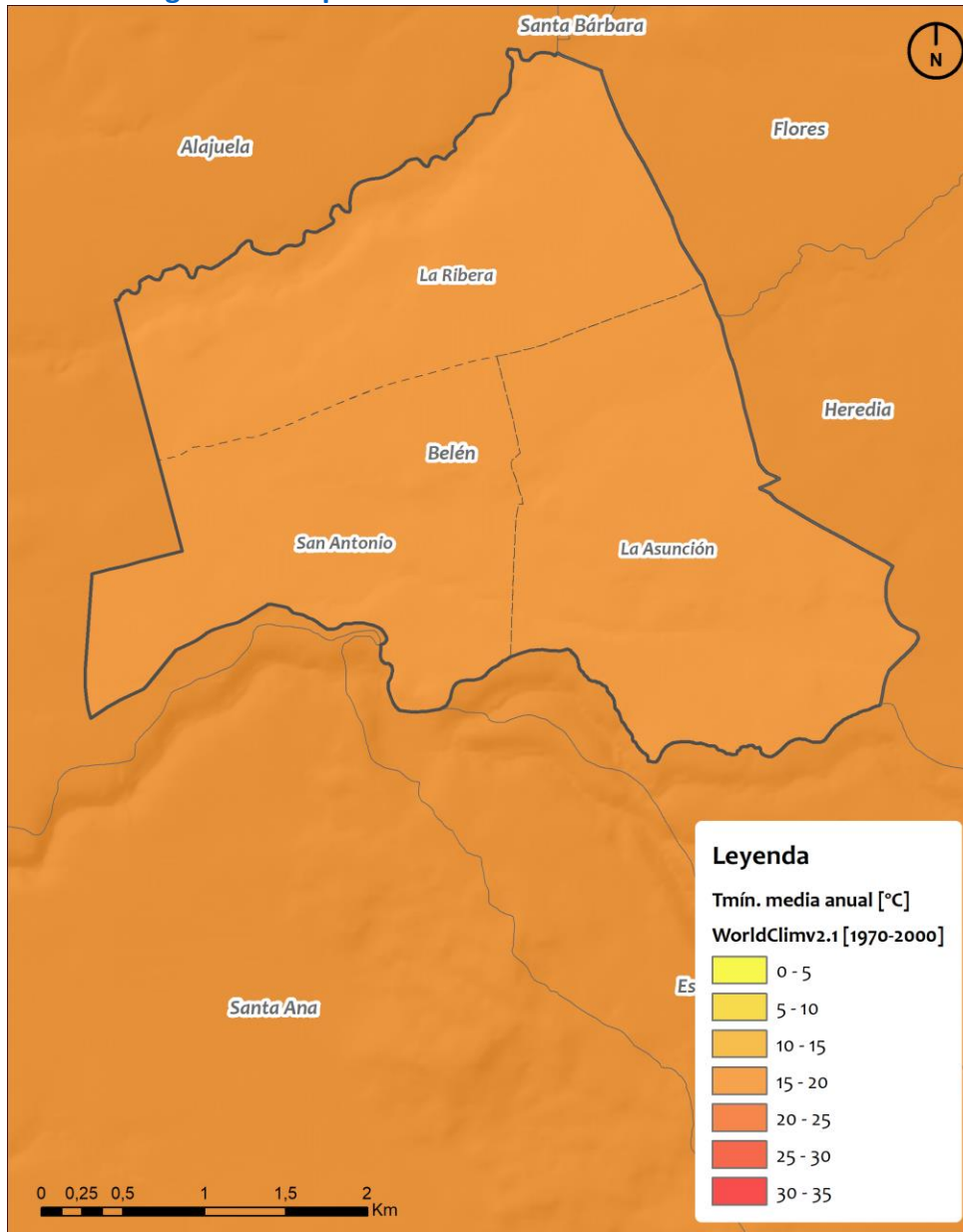
Figura 5. Temperatura máxima media anual en Belén



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

La temperatura mínima media desciende a 16,4°C, sin apenas variaciones entre las máximas y mínimas.

Figura 6. Temperatura mínima media anual en Belén



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

4.1.3 Eventos asociados al clima

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

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

Nº	Evento	Tipo de evento	Año	Duración	Distrito
1	ENOS	Sequía	1997-1998	366 días	-
2	Onda tropical	Lluvias intensas	Jun 2007	3 días	San Antonio
3	Tormenta tropical Nate	Lluvias intensas	Oct 2017	5 días	San Antonio

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

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

4.2 Proyecciones climáticas

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

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

4.2.1 Precipitación

La precipitación media anual muestra una tendencia variable. Para el escenario RCP4.5 hay un ligero descenso en el horizonte temporal futura con respecto al periodo histórico (1975-2005), siendo este un descenso continuado a lo largo del tiempo.

Sin embargo, el escenario RCP8.5 muestra una tendencia dispar. Para el horizonte temporal cercano (2030) hay un aumento de un 7,49% de la precipitación media anual, sin embargo, la tendencia se revierte en el futuro lejano con una disminución de la variable cercana al 4%.

Tabla 5. Proyecciones climáticas de precipitación en Belén

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la precipitación media anual (%)	RCP4.5	2030	1,26 %	0,26 %	1,24 %	1,62 %
		2060	-0,07 %	0,00 %	-0,07 %	-0,06 %
	RCP8.5	2030	7,49 %	0,53 %	7,46 %	8,24 %
		2060	3,95 %	0,14 %	3,76 %	3,96 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

4.2.2 Temperatura

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

Por un lado, la temperatura máxima sufre un aumento progresivo en los diferentes 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 grados de temperatura de incremento en el horizonte temporal asociado al 2060.

Tabla 6. Proyecciones climáticas de temperatura máxima en Belén

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la temperatura máxima (°C)	RCP4.5	2030	0,94 °C	0,00 °C	0,94 °C	0,94 °C
		2060	1,58 °C	0,00 °C	1,58 °C	1,59 °C
	RCP8.5	2030	1,08 °C	0,00 °C	1,08 °C	1,08 °C
		2060	2,31 °C	0,00 °C	2,31 °C	2,31 °C

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Por otro lado, la temperatura mínima sigue un patrón muy similar al anterior. Para el escenario de emisiones RCP4.5 el aumento llega a superar el grado y medio de temperatura en el horizonte lejano. De nuevo, en el escenario de emisiones RCP8.5 el aumento de la temperatura mínima llega hasta los 2,30°C, teniendo en cuenta los valores medios.

Tabla 7. Proyecciones climáticas de temperatura mínima en Belén

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en la temperatura mínima (°C)	RCP4.5	2030	0,91 °C	0,00 °C	0,91 °C	0,91 °C
		2060	1,56 °C	0,00 °C	1,55 °C	1,56 °C
	RCP8.5	2030	1,11 °C	0,00 °C	1,11 °C	1,11 °C
		2060	2,30 °C	0,00 °C	2,29 °C	2,30 °C

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

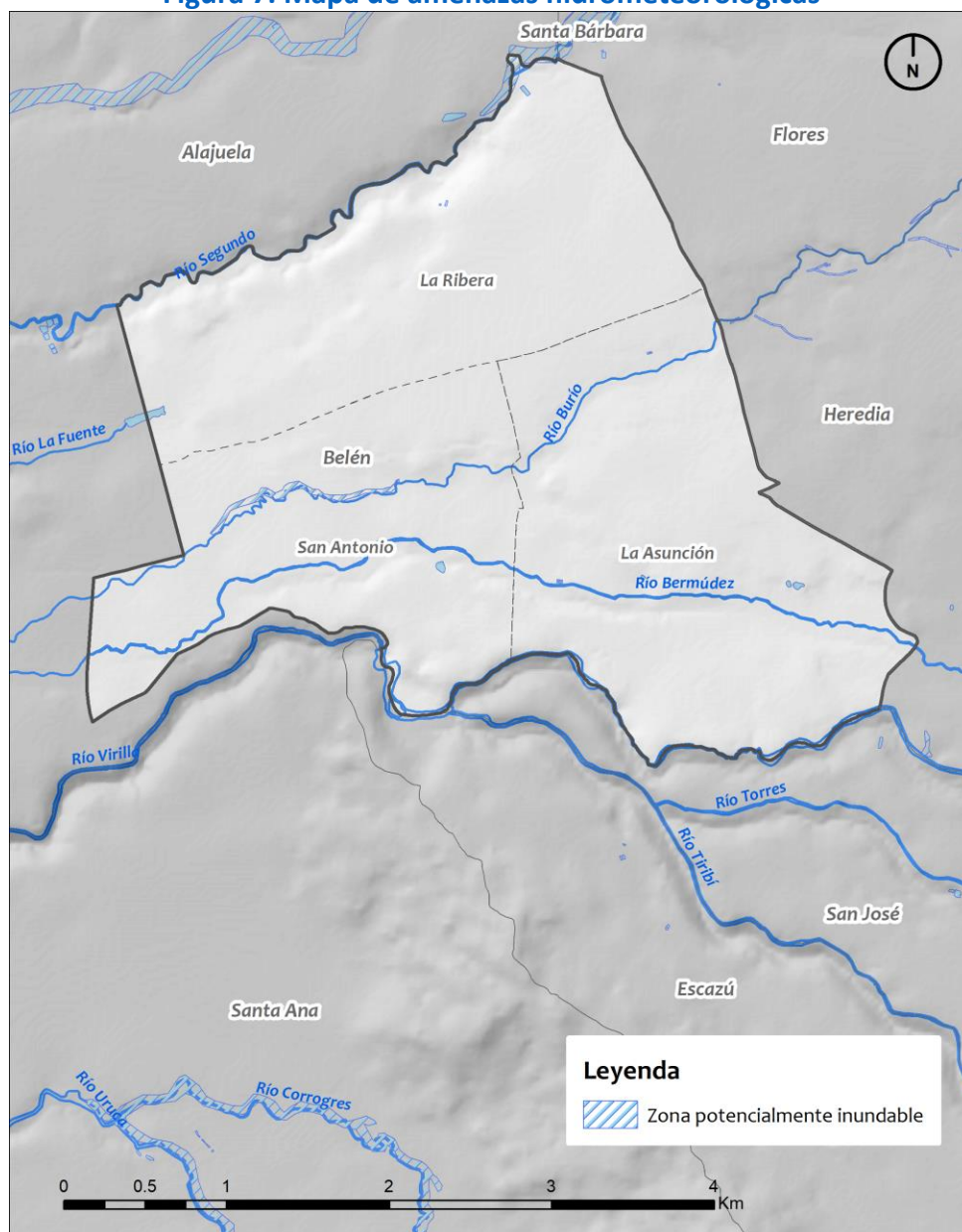
4.3 Amenazas a considerar

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

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

Finalmente, se definieron 3 amenazas a evaluar en el cantón de Belén, que son: inundaciones, sequías y olas de calor.

Figura 7. Mapa de amenazas hidrometeorológicas



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

4.3.1 Inundaciones

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

Como se ha comentado, el flujo de los ríos y quebradas que conforman la red fluvial de Belén se ve limitado por el desarrollo urbano carente de planificación, que ocupa las planicies de inundación, y por la mala gestión de residuos que da espacio a que se lancen desechos sólidos hacia los cauces. Estas circunstancias amplifican las consecuencias de las inundaciones e incrementan su frecuencia, puesto que los flujos no siguen su cauce natural.

Las zonas o barrios más afectados por las inundaciones de ríos y quebradas Segundo, Bermúdez, Virilla y la quebrada Seca, son San Antonio y Asunción.

4.3.2 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, aunque en el caso de Belén supongan una superficie limitada.

4.3.3 Olas de calor

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

En los ámbitos 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).

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

4.4 Categorización de la peligrosidad

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

La amenaza es calculada en función de la evolución temporal de una serie de 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 Climdex⁴, para representar sequías, lluvias intensas, heladas y altas temperaturas. La metodología y la categorización se detallan en el Anexo 1 de este documento.

4.4.1 Lluvias intensas

Los episodios de lluvias intensa conforman uno de los desencadenantes climáticos más recurrentes en este cantón, y tiene asociada una amenaza: las inundaciones.

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

En la Tabla 8 se aprecia el nivel de la amenaza correspondiente a los porcentajes de cambio previamente presentados. Como se observa, los porcentajes de cambio del escenario RCP4.5 están todos por debajo del 10%. Por otro, para el escenarios RCP8.5 todos los valores están por encima del 10%. Esto quiere decir que los episodios de lluvias intensas aumentarán ligeramente en este último escenario. Como se observa en la Tabla 28, si el porcentaje de cambio del índice respecto al histórico es entre 0 y 10%, el nivel de amenaza es bajo lo que significa que el número de días con lluvias extremas por encima del percentil 95 del período analizado registra un aumento de hasta un 10% con respecto al número de eventos recogidos durante el período de referencia. En cambio, si el porcentaje de cambio está entre 10 y 20%, el número de días de lluvias extremas registra un aumento entre este rango porcentual.

Tabla 8. Porcentajes de cambio de la variable R95p

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
Cambio en el R95p	RCP4.5	2030	3,01 %	0,59 %	2,98 %	3,85 %
		2060	3,98 %	0,77 %	3,95 %	5,07 %
	RCP8.5	2030	13,77 %	0,51 %	13,74 %	14,50 %
		2060	10,78 %	0,60 %	10,76 %	11,64 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

4.4.1.1 Inundaciones

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

⁴ Disponible en: <https://www.climdex.org/>

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

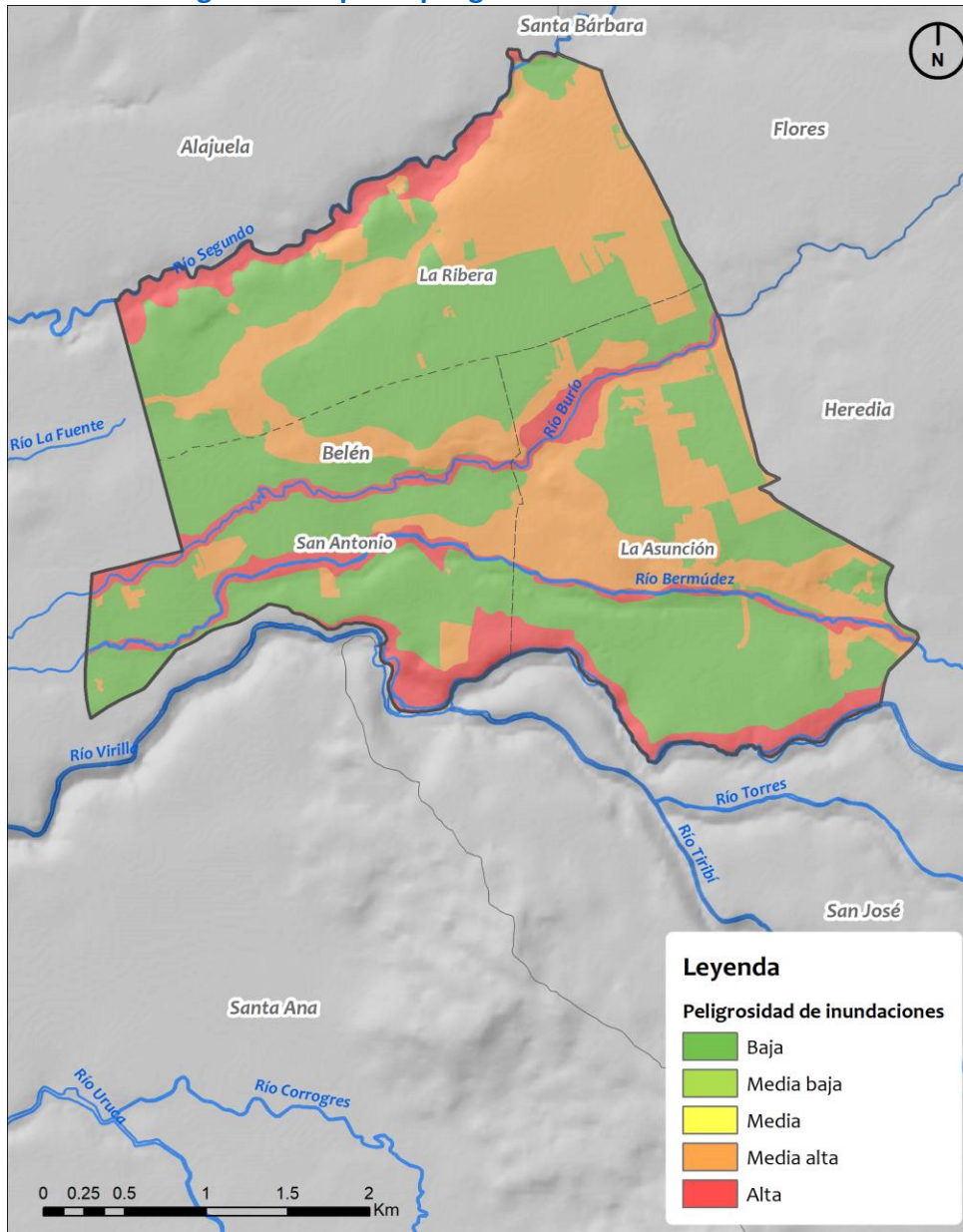
Por otro lado, se ha procedido a la generación de un mapa de peligrosidad, obtenido a partir del mapa de pendientes. Así, las zonas con pendientes más bajas y asociadas a valles y depresiones son las que presentan una mayor susceptibilidad a anegamientos o desbordamiento de los cauces.

Finalmente, se ha generado un mapa de peligrosidad por inundación a partir de la información del Plan de Desarrollo Urbano para la Gran Área Metropolitana (GAM) del año 2013 del Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH).

Peligrosidad actual a inundaciones

Como se puede apreciar en la Figura 8 al tratarse de una zona urbana principalmente la que caracteriza a este cantón, casi todo él se encuentra en nivel medio alto, puesto que estas zonas se suelen localizar en las llanuras.

Figura 8. Mapa de peligrosidad de inundaciones



Fuente: IDOM-CPSU (2021)

Peligrosidad futura a inundaciones

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

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

En base a estos cruces, se ha procedido a obtener los mapas de peligrosidad por inundación en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075. En Belén, de acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 8 y los rangos establecidos en la Tabla 31, el incremento de la peligrosidad es bajo para el RCP4.5, por lo que no hay una modificación de los mapas generados para la peligrosidad actual, sin embargo, el incremento es medio bajo para el RCP8.5, por lo que hay un aumento en la peligrosidad, principalmente en las categorías baja y medio baja.

4.4.2 Déficit de lluvias

La sequía es una alteración dramática en el ciclo hidrológico del planeta (Bonsal, B. R. et al, 2011) y uno de los fenómenos climáticos más complejos para su estudio, que tiene lugar por una ausencia prolongada de las precipitaciones. Según Mishra y Singh (2010), los principales tipos de sequías son⁵:

- 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.

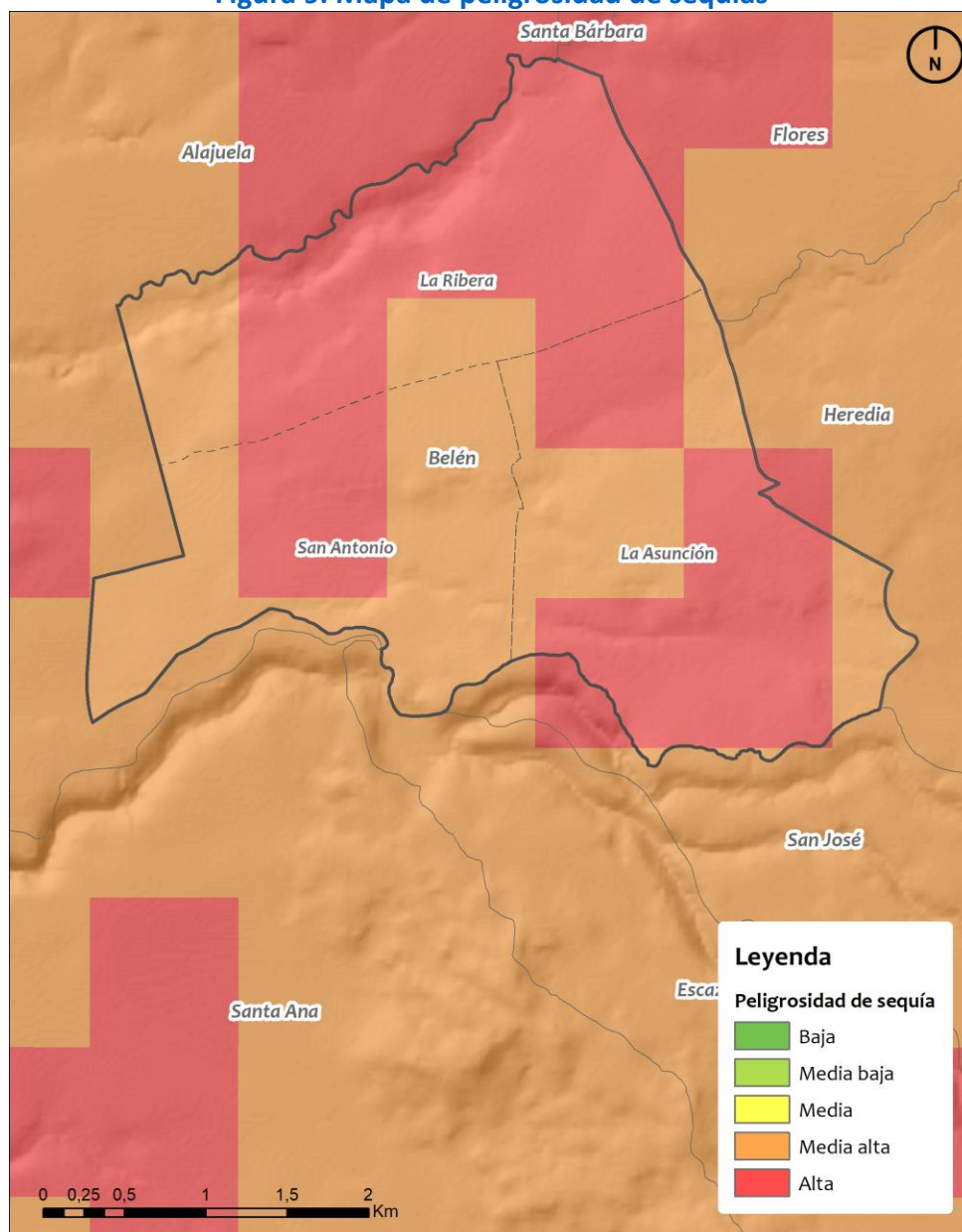
Peligrosidad actual a sequía

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 9. Mapa de peligrosidad de sequías donde la mayor parte del cantón tiene un nivel de peligrosidad medio alto y alto. Este esquema de los dos niveles de peligrosidad se extiende a todos los distritos, siendo más acusado el nivel alto en La Ribera.

⁵ (Mishra & Singh, 2010)

Figura 9. 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.

Tabla 9. Porcentajes de cambio de la variable CDD

Índice	Escenario climático	Periodo temporal	Valor medio	Desviación	Valor mínimo	Valor máximo
CDD	RCP4.5	2030	0,68 %	1,86 %	0,60 %	3,32 %
		2060	1,47 %	0,33 %	1,46 %	1,93 %
	RCP8.5	2030	4,60 %	0,46 %	3,94 %	4,62 %
		2060	10,88 %	1,78 %	10,80 %	13,39 %

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

De acuerdo con los porcentajes de cambio definidos en la Tabla 9 y los rangos establecidos en la Tabla 34, se ha procedido a obtener los mapas de peligrosidad por sequía en los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para los horizontes 2015-2045 y 2045-2075. Sin embargo, en Belén, el incremento de la peligrosidad es bajo (todos los casos por debajo del 25%) por lo que no hay una modificación de los mapas generados para la peligrosidad actual.

Como se ha descrito anteriormente, que la peligrosidad no se vea modificada de acuerdo con los rangos establecidos en la Tabla 34, no quiere decir que el indicador de número de días secos consecutivos no vaya a cambiar, sino que va a cambiar en unos porcentajes pequeños como para que supongan un cambio significativo en la peligrosidad frente a sequías.

4.4.3 Altas temperaturas

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

De acuerdo con la OMS y Organización Mundial de Meteorología (OMM) no hay una definición exacta de ola de calor⁶ (WHO, 2015), sin embargo, como definición operacional se entiende como un periodo inusualmente caliente y seco o caliente o húmedo, con una duración de por lo menos dos días a tres días, con un impacto discernible en los seres humanos y los sistemas naturales.

⁶ Algunos países, utilizan la definen como un periodo de 3 a 5 días, otros llegan hasta periodos de 10 a 14 días. En Costa Rica no hay una definición concreta.

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

Peligrosidad actual a olas de calor

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

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

Peligrosidad futura a olas de calor

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

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 Anexo 1).

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

4.5 Receptores sensibles y cadenas de impacto

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

Tabla 10. Receptores sensibles

Sector	Receptor	Descripción
Población	Población	Perfil de población vulnerable
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Condiciones de vida relacionadas con las edificaciones
Sector primario	Agrícola	Producción agrícola
	Pecuario	Producción ganadera
Infraestructuras	Vías	Carreteras y caminos
	Ferrovías	Estructura ferroviaria
	Puentes	Relacionados con la red vial
Equipamientos	Educación	Centros educativos
	Recurso hídrico	Acueducto municipal

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

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

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

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

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

4.5.1 Lluvias intensas

Las lluvias intensas pueden convertirse en el factor desencadenante de distintas amenazas, como es el caso de las **inundaciones**. En este apartado se detallan los impactos potenciales de esta amenaza identificada en el cantón, así como la cuantificación de los daños económicos derivados de los eventos sucedidos en este territorio.

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

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

Tabla 11. Cadenas de impactos asociadas a las inundaciones

Sector	Receptor	Potenciales impactos
Población	Población	Incremento de la accidentalidad y probabilidad de siniestros con daño personal
		Enfermedades por vectores Posible aumento de las migraciones
Hábitat urbano	Hábitat urbano	Daños estructurales a edificaciones
Sector primario	Agrícola	Posible pérdida de cosechas por fuertes lluvias
	Pecuario	Posible pérdida de cabezas de ganado Posible desabastecimiento de alimentos para el ganado derivados de la agricultura
Infraestructuras	Vías Ferrovías Puentes	Posibles daños físicos a la infraestructura de movilidad Derrumbamiento y socavamiento de los puentes (infraestructura inadecuada)
		Posible corte en la circulación y operatividad
Equipamientos	Educación	Posibles daños en las edificaciones educativas e interrupción del servicio Imposibilidad de acceso debido a afecciones en las rutas de acceso (afección al río Bermúdez que conecta con el Liceo, por ejemplo)

Sector	Receptor	Potenciales impactos
	Recurso hídrico	Posible saturación de la infraestructura de drenaje y abastecimiento
		Posible corte del suministro por daño directo a la infraestructura de captación y abastecimiento
		Posible alteración en la disponibilidad hídrica por el incremento brusco del caudal o bloqueos en cauces (caídas de árboles, por ejemplo)
		Posible efecto sobre la calidad del agua

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Como se ha incluido en el apartado 4.1.3, los distintos eventos que ha sufrido el cantón, en relación con las lluvias intensas, han tenido consecuencias cuantificables basadas en pérdidas económicas. Esta información está recogida en la base de datos de pérdidas ocasionadas por fenómenos naturales de MIDEPLAN que lleva actualizando esta desde el año 1988. Los costes totales por daños superan el **millón de dólares (USD)** y reflejan los costes por daños en las viviendas.

Tabla 12. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores 1988-2019

Tipo de evento	Daños (\$)	
	Vivienda	TOTAL
-	1.009.167,19	1.009.167,19
TOTAL	1.009.167,19	1.009.167,19

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

4.5.2 Déficit de lluvias

Las **sequías** tienen su inicio en la ausencia prolongada de precipitaciones o en la variación en la frecuencia de su intensidad, lo que supone un déficit hídrico en el territorio, sumado a las altas temperaturas. De forma más contundente afecta al normal desarrollo de las actividades del sector primario y a las áreas protegidas de este cantón, aunque como ya se ha señalado, el alcance de estos dos receptores es limitado puesto que se trata de un cantón predominantemente urbano.

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

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

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

Tabla 13. Cadenas de impactos asociadas a las sequías

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

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

4.5.3 Altas temperaturas

Los períodos de altas temperaturas son desencadenantes de episodios de **olas de calor**. El déficit de precipitaciones, motivo de los episodios de sequías, también guardan relación con las olas de calor.

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

En el caso de Belén, dado su carácter urbano, los efectos pueden ser más notables.

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

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

Tabla 14. Cadenas de impactos asociadas a las olas de calor

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Respecto a los eventos ocurridos en Belén, MIDEPLAN incluye ENOS de 1997-1998, o lo que es lo mismo, el fenómeno de El Niño. En esa ocasión fue uno de los más devastadores en toda América Latina. En el caso de Costa Rica, que ya venía de una situación donde las precipitaciones habían descendido en el período de lluvias, este fenómeno propició la continuación e intensificación de la sequía y episodios de fuertes vientos, que lógicamente tuvo repercusiones en todos los elementos de la sociedad (Organización Panamericana de la Salud, 2000).

En la siguiente tabla se cuantifican los daños económicos asociados a este evento, que superan los **cincuenta mil dólares (USD)** y están asociados a los costes por daños en viviendas del cantón.

Tabla 15. Cuantificación de daños por eventos organizado por receptores

Tipo de evento	Daños (\$)	
	Vivienda	TOTAL
El Niño	50.428,68	50.428,68
TOTAL	50.428,68	50.428,68

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

4.5.4 Equidad de género e inclusión social

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

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

En el presente apartado se resumen los principales impactos indirectos del cambio climático sobre las principales poblaciones en condiciones de vulnerabilidad identificadas en Belén: mujeres, niñas, niños y adolescentes, personas adultas mayores, 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	<ul style="list-style-type: none"> 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

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

Fuente: IDOM-CPSU

4.6 Exposición y vulnerabilidad

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

En las tablas siguientes se presentan los indicadores de exposición y vulnerabilidad relacionados con cada una de la amenazas abordadas en este estudio (inundaciones, 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, es decir, la frecuencia con que se presentan los valores de los indicadores y cómo se distribuyen. En otros casos, se ha optado

por otro tipo de criterio específico como suceden con los indicadores asociados a las infraestructuras y equipamientos.

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

Tabla 17. Indicadores de análisis de las amenazas

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador exposición	Fuente	Indicador vulnerabilidad	Fuente	Rangos		
Población	Población	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	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

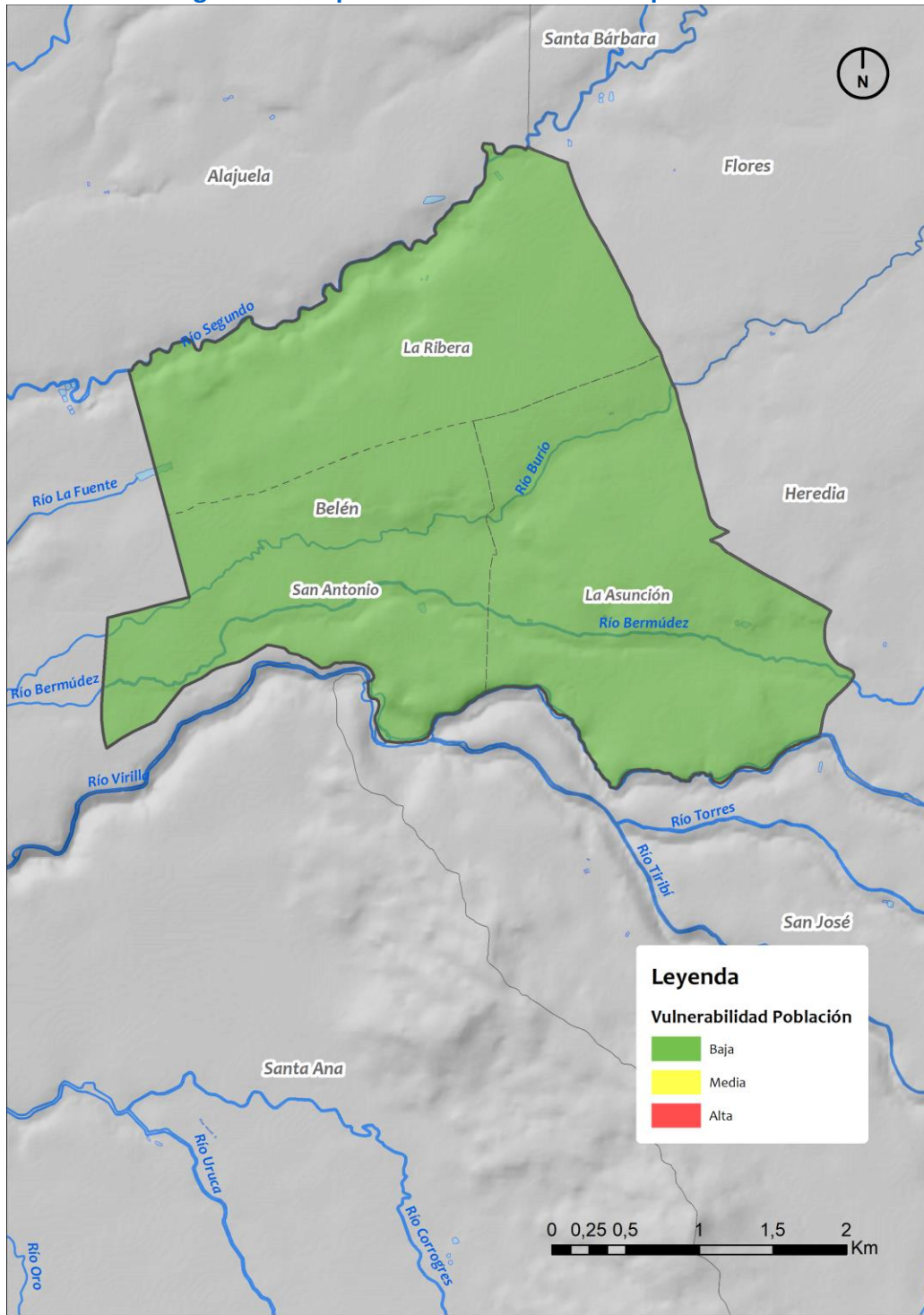
Sector	Receptor	Amenaza	Indicador exposición	Fuente	Indicador vulnerabilidad	Fuente	Rangos	
						Censo agropecuario	Alta	Divergencia uso/capacidad
						Principal fuente de agua	Censo agropecuario	Baja
					Media			Otras
					Alta			Cosecha de agua / pozo / manantial / río
Infraestructuras	Vías	Inundaciones	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	IGN	Tipo de ferrovía	IGN	Baja	-
							Media	Ferrovías
							Alta	-
	Puentes		Puentes	Tipo de puente	IGN	Baja	Vías Nacionales / Autopistas / Pavimentadas	
						Media	Vías cantonales / Centro urbano	
						Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra	
Equipamientos	Educación	Inundaciones	Centros educativos	MEP	Tipo de centro educativo	MEP	Baja	Colegio virtual
							Media	CINDEA / Colegio público / Colegio nocturno / CTP / Escuela nocturna / Escuela pública / IPEC / Telesecundaria

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador exposición	Fuente	Indicador vulnerabilidad	Fuente	Rangos	
							Alta	Preescolar público / Centro especial / CAIPAD
	Recurso hídrico		Acueducto municipal	PNUD	Acueducto Municipal	PNUD	Baja	-
Media							Acueducto municipal	
Alta							-	
Áreas protegidas	Áreas naturales	Sequías	Áreas silvestres protegidas Corredores biológicos	SINAC	Tipo de área natural en función de la susceptibilidad al riesgo de incendios	IGN SINAC	Baja	Pasto en corredor biológico/otras coberturas
							Media	Pasto en área silvestre protegida
							Alta	Forestal en corredor biológico/Forestal en área silvestre protegida

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

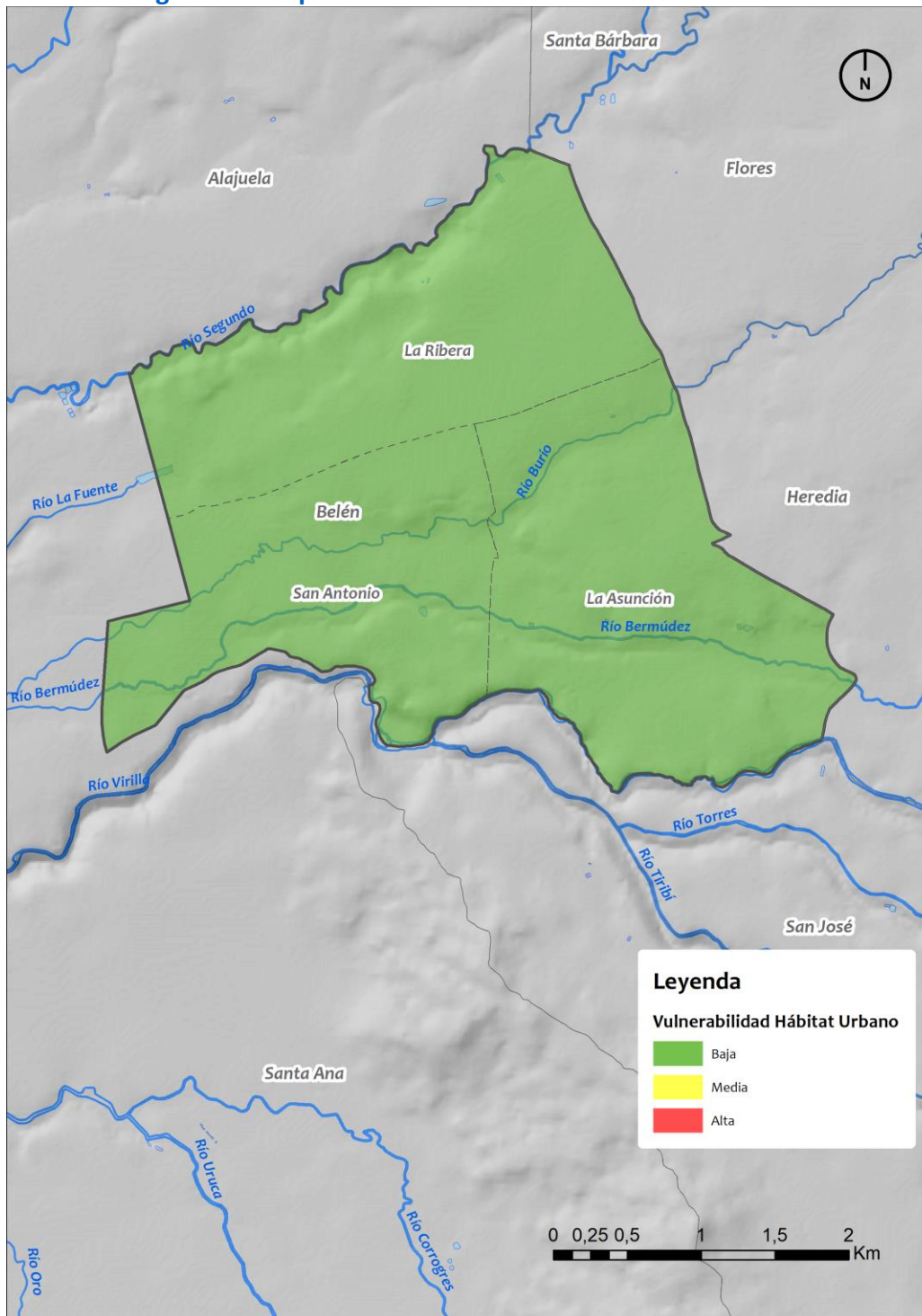
Los siguientes mapas representan la vulnerabilidad de los receptores de población y hábitat urbano del cantón de Belén a modo de ejemplo. La información geoespacial del resto de sectores analizados (sector primario, equipamientos y áreas protegidas) se suministrará en la geodatabase que acompaña a este Plan.

Figura 10. Mapa de vulnerabilidad de la población



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Figura 11. Mapa de vulnerabilidad de del hábitat urbano



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Como se puede ver en las dos figuras (Figura 10 y Figura 11), tanto la vulnerabilidad de la población como del hábitat urbano es bajo en todo el cantón. La explicación de estos resultados, en relación con los indicadores analizados y sus rangos (incluidos en el apartado

10.2), es que, en el caso de la población: la densidad es muy baja (por debajo de 30 hab/ha) y la población con necesidades básicas insatisfechas se reduce a un número muy limitado (alrededor del 3%). En cuanto al hábitat urbano, el nivel de hacinamiento y las viviendas en estado malo están muy alejados del 10%.

4.7 Caracterización de riesgos climáticos

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

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

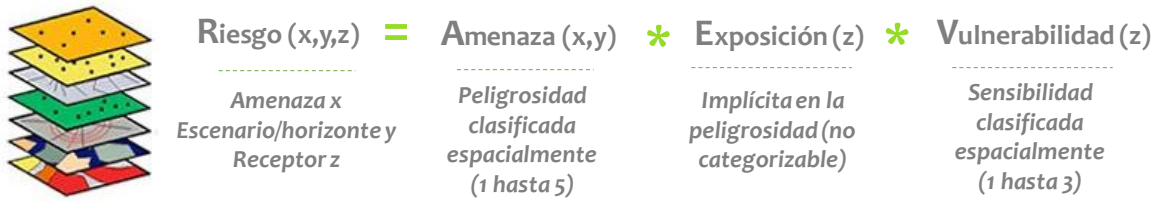
Las amenazas climáticas consideradas han sido inundaciones, sequías y olas de calor. En el apartado 4.4 se ha caracterizado su peligrosidad para los escenarios climáticos RCP 4.5 (escenario intermedio) y RCP 8.5 (escenario pesimista), y para los horizontes temporales futuros cercano (2015-2045) y lejano (2045-2075), y como período de referencia 1975-2005. Esta peligrosidad está especialmente basada en la variabilidad a futuro asociada a las diferentes amenazas climáticas analizadas: episodios de lluvia intensa, ausencia prolongada de precipitaciones, y periodos de altas temperaturas.

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

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

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

Figura 12. Composición espacial del riesgo climático



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

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

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

4.7.1 Inundaciones

En este apartado se recogen los resultados del análisis de riesgo de inundación para este cantón en los escenarios de cambio climático RCP 4.5 y RCP 8.5 y para los períodos temporales señalados. Estos se han incluido en forma de tabla (Tabla 18. Riesgo por inundaciones sobre los receptores considerados) y representados en mapas de algunos de los receptores analizados (Figura 13 y Figura 14).

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 esta se puede ver cómo los receptores de población y hábitat urbano se ven afectados principalmente por una categoría de riesgo bajo especialmente, superando el 62%. El 33% de estos sí se encontraría en riesgo medio-alto, y ninguna en riesgo alto. De este porcentaje, el 51,5% de la población son mujeres y menos de un 30% es considerada vulnerable debido a su edad (menores de 14 años y mayores de 65 años).

A nivel distrital, del 33% de las viviendas que se encuentran en zonas de riesgo medio alto, el 13% están en La Asunción, casi el 12% en La Ribera y el 8% restante en San Antonio.

En el caso de los puentes, prácticamente su totalidad están localizados en las zonas de mayor riesgo. Por otro lado, aproximadamente un 45% de las vías se encuentran en zonas de riesgo medio-alto y alto.

En relación con las fincas agropecuarias el porcentaje es algo menor, aun así, sobre un 40% de las fincas agropecuarias identificadas se encuentran en riesgo medio-alto y alto.

El resto de los receptores tienen una tendencia similar a la población y el hábitat urbano, es decir, todos ellos se ubican de forma mayoritaria en ámbitos donde el riesgo es menor. Sin embargo no hay que perder de vista que los porcentajes en categorías medio-alto y alto siguen siendo significativos.

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

En este horizonte los valores bajos se han desplazado a una categoría de riesgo más alta, esto quiere decir que mientras en los otros escenarios más del 62% de la población estaba en un nivel bajo, en este escenario se ha dispuesto en nivel medio bajo. En el caso de los porcentajes en las zonas de riesgo más alto se mantienen igual, por lo que tanto a nivel distrital como el perfil poblacional son comunes en todos los escenarios analizados.

En el caso del resto de sectores, ha sucedido lo mismo y hay más elementos en las zonas de riesgo medio bajo y medio que en los otros escenarios. Los ubicados en zonas de riesgo medio alto y alto se quedan igual. Por ejemplo, el 60% de los centros educativos, en los otros escenarios, se encuentran en riesgo bajo; y en este escenario se encuentran en riesgo medio bajo.

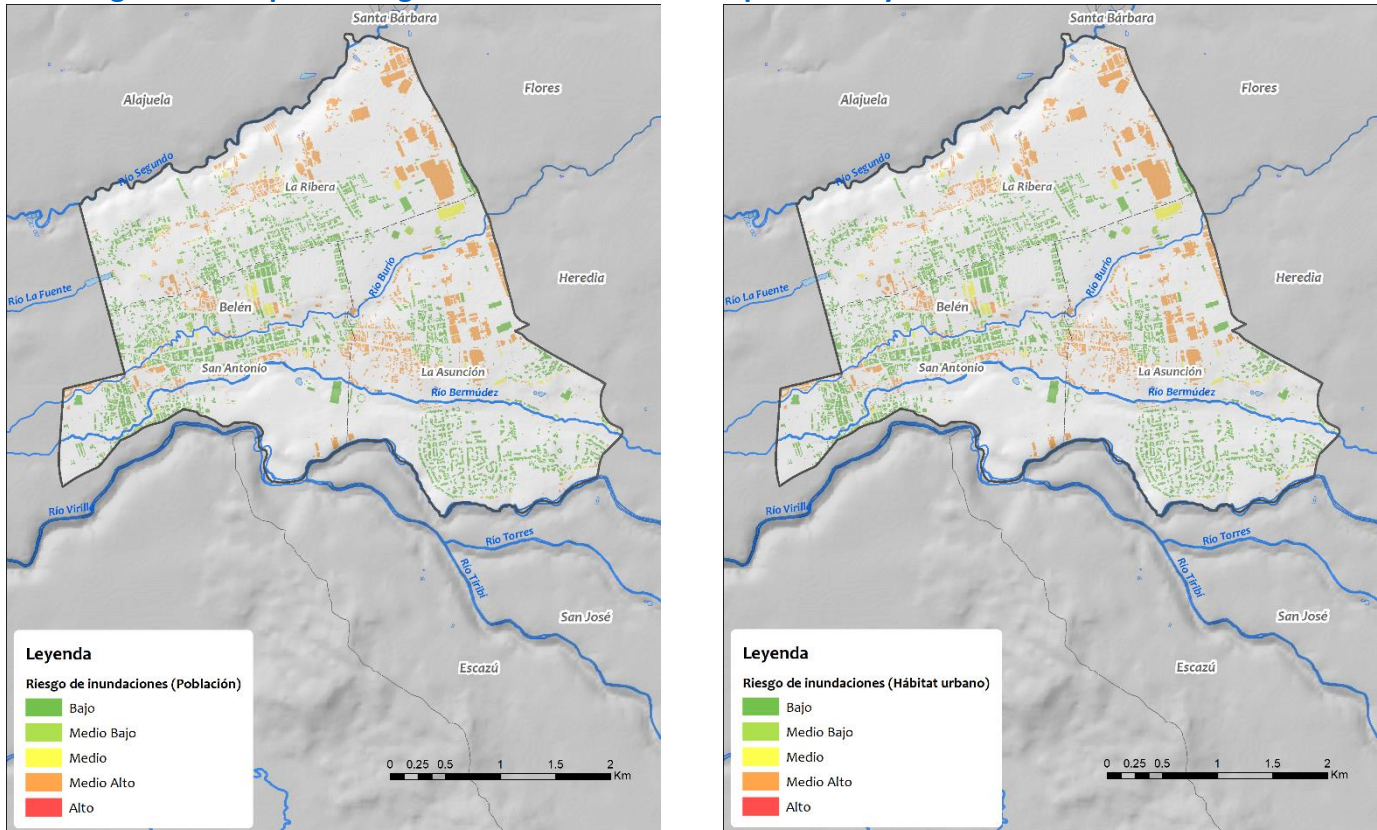
Tabla 18. Riesgo por inundaciones sobre los receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Población		Hábitat urbano		Agropecuario		Vías		Ferrovías		Puentes		Educación	
		nº edificios	%	nº edificios	%	nº	%	km	%	km	%	nº	%	nº	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	2695,00	62,37	2695,00	62,37	8,00	28,57	73,32	54,79	2,67	61,07	2,00	5,00	3,00	60,00
	medio-bajo	95,00	2,20	95,00	2,20	9,00	32,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	20,00
	medio	105,00	2,43	105,00	2,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-alto	1426,00	33,00	1426,00	33,00	8,00	28,57	51,36	38,38	1,22	27,82	6,00	15,00	1,00	20,00
	alto	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	10,71	9,13	6,82	0,49	11,11	32,00	80,00	0,00	0,00
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045	bajo	2695,00	62,37	2695,00	62,37	8,00	28,57	73,32	54,79	2,67	61,07	2,00	5,00	3,00	60,00
	medio-bajo	95,00	2,20	95,00	2,20	9,00	32,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	20,00
	medio	105,00	2,43	105,00	2,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-alto	1426,00	33,00	1426,00	33,00	8,00	28,57	51,36	38,38	1,22	27,82	6,00	15,00	1,00	20,00
	alto	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	10,71	9,13	6,82	0,49	11,11	32,00	80,00	0,00	0,00
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2045-2075	bajo	2695,00	62,37	2695,00	62,37	8,00	28,57	73,32	54,79	2,67	61,07	2,00	5,00	3,00	60,00
	medio-bajo	95,00	2,20	95,00	2,20	9,00	32,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	20,00
	medio	105,00	2,43	105,00	2,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-alto	1426,00	33,00	1426,00	33,00	8,00	28,57	51,36	38,38	1,22	27,82	6,00	15,00	1,00	20,00
	alto	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	10,71	9,13	6,82	0,49	11,11	32,00	80,00	0,00	0,00
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2015-2045	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	2729,00	63,16	2729,00	63,16	8,00	28,57	73,32	54,80	2,67	61,04	2,00	5,00	3,00	60,00
	medio	166,00	3,84	166,00	3,84	9,00	32,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	20,00
	medio-alto	1426,00	33,00	1426,00	33,00	8,00	28,57	51,36	38,38	1,22	27,89	6,00	15,00	1,00	20,00
	alto	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	10,71	9,13	6,82	0,49	11,20	32,00	80,00	0,00	0,00
Escenario RCP 8.5 Horizonte 2051-2075	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	medio-bajo	2729,00	63,16	2729,00	63,16	8,00	28,57	73,32	54,80	2,67	61,04	2,00	5,00	3,00	60,00
	medio	166,00	3,84	166,00	3,84	9,00	32,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	20,00
	medio-alto	1426,00	33,00	1426,00	33,00	8,00	28,57	51,36	38,38	1,22	27,89	6,00	15,00	1,00	20,00
	alto	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	10,71	9,13	6,82	0,49	11,20	32,00	80,00	0,00	0,00

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las siguientes figuras se representa la variabilidad del nivel de riesgo de algunos de los receptores sensibles considerados para los escenarios que tienen los valores comunes, es decir, el período de referencia y los escenarios RCP4.5 (en sus dos horizontes temporales). En el caso de la población y el hábitat urbano, los resultados son los mismos debido a la información de base disponible. Se puede ver que la mayoría de edificaciones está en riesgo bajo, salvo algunas en color naranja y amarillo correspondientes con riesgos medio alto y medio respectivamente.

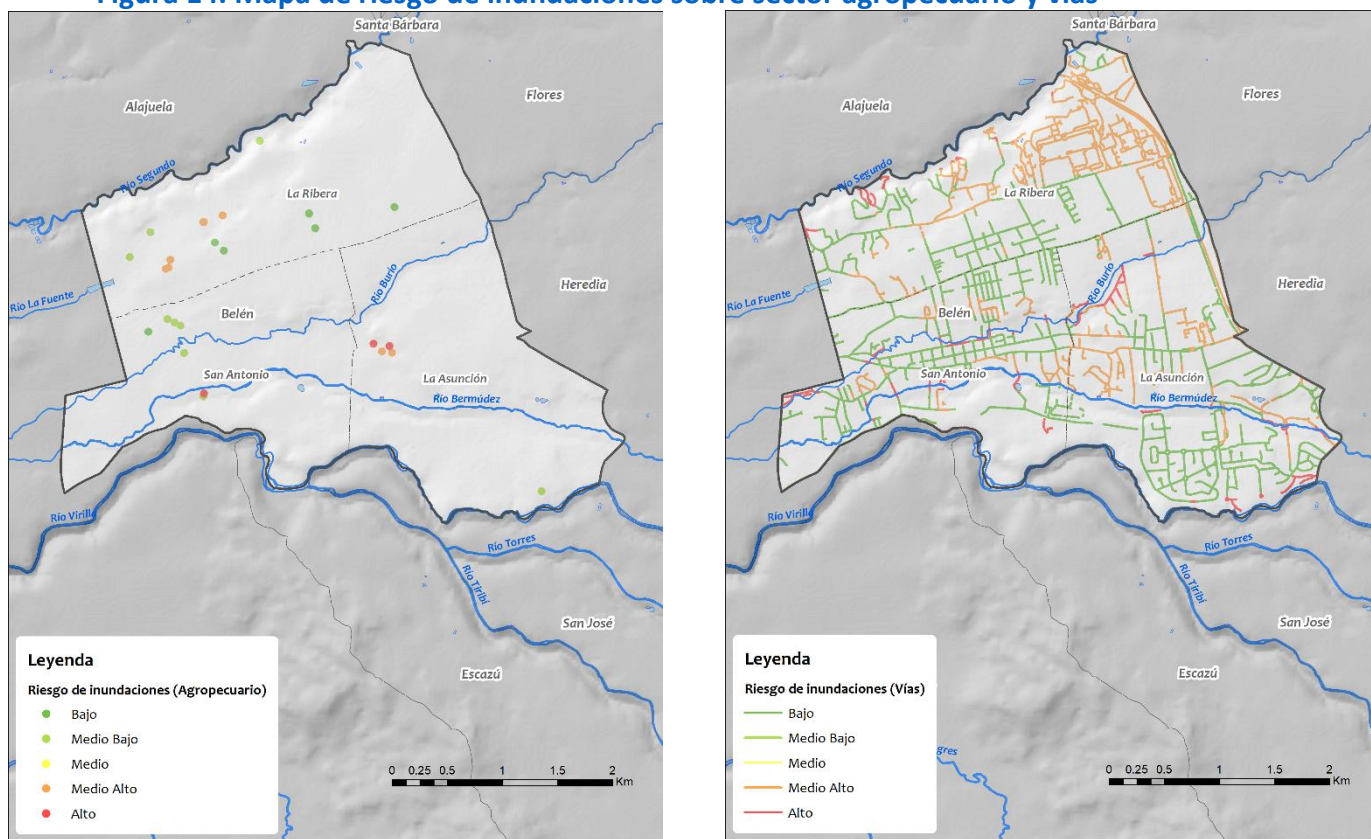
Figura 13. Mapa de riesgo de inundaciones sobre población y hábitat urbano



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las siguientes figuras se ha representado el riesgo de inundación sobre el sector agropecuario y las vías. En el caso de las explotaciones agrícolas y ganaderas la mayoría se representan en verde, que corresponde con los valores de riesgo más bajos. Sucede lo mismo con las vías.

Figura 14. Mapa de riesgo de inundaciones sobre sector agropecuario y vías



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

4.7.2 Sequía

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

Tanto las explotaciones agropecuarias como los humedales y las áreas naturales se encuentran en su totalidad bajo una categoría de riesgo medio alta y alta. Especialmente destacable es la situación de los humedales, ya que su totalidad se encuentra en la categoría de riesgo alto. En el caso de las explotaciones agropecuarias, destacan en número, en zonas de riesgo alto, 5 explotaciones de “otras hortalizas” y 3 explotaciones de maíz, ganado vacuno y frijol respectivamente, según la información proporcionada por la municipalidad.

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

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Agropecuario		Humedales		Áreas naturales	
		nº fincas	%	ha	%	ha	%
Período de referencia [1990]: 1975-2005	bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

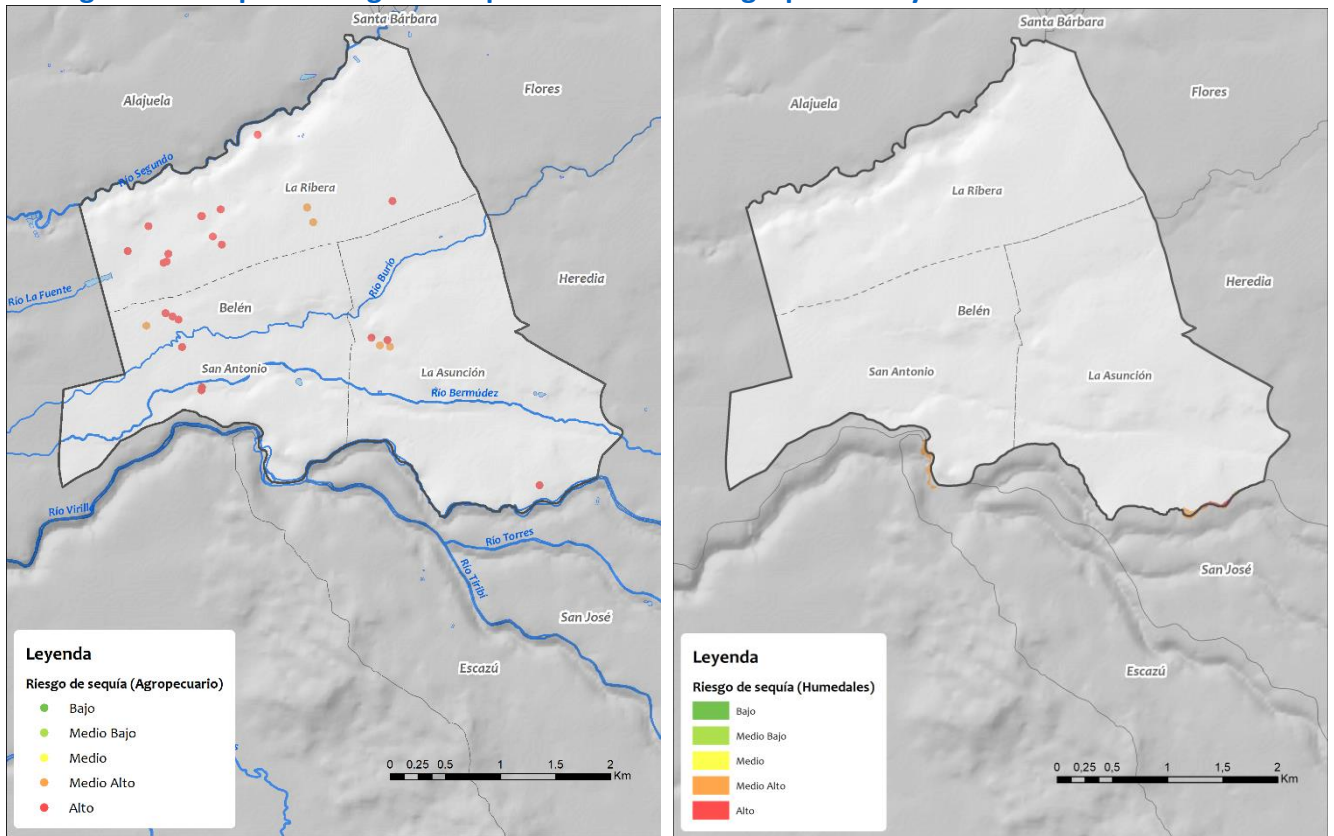
Escenario RCP 4.5	medio-bajo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Horizonte 2015-2045/2045-2075	medio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Escenario RCP 8.5	medio-alto	6,00	21,43	0,00	0,00	32,18	89,44
Horizonte 2015-2045/2045-2075	alto	22,00	78,57	1,61	100,00	3,80	10,56

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las siguientes figuras se representa la variabilidad del nivel de riesgo de algunos de los receptores sensibles considerados para los escenarios que tienen los valores comunes, es decir, el período de referencia y los escenarios RCP4.5 (en sus dos horizontes temporales). En el caso del sector agropecuario, se puede ver que todas las explotaciones tienen valores medio alto y alto de riesgos. En la zona sur se puede ver una zona muy limitada de áreas naturales del cantón que se corresponde con un corredor ecológico, como se ha visto en el apartado 3.1.3.

Figura 15. Mapa de riesgo de sequías sobre sector agropecuario y áreas naturales



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

4.7.3 Olas de calor

En la Tabla 20. 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.

Los dos receptores analizados en el caso de las olas de calor, población y hábitat urbano, se encuentran en su totalidad en la categoría de riesgo medio alto. A nivel distrital en orden descendente, tanto para población como para hábitat urbano, se encuentran La Asunción (35%), La Ribera (33%) y San Antonio (32%).

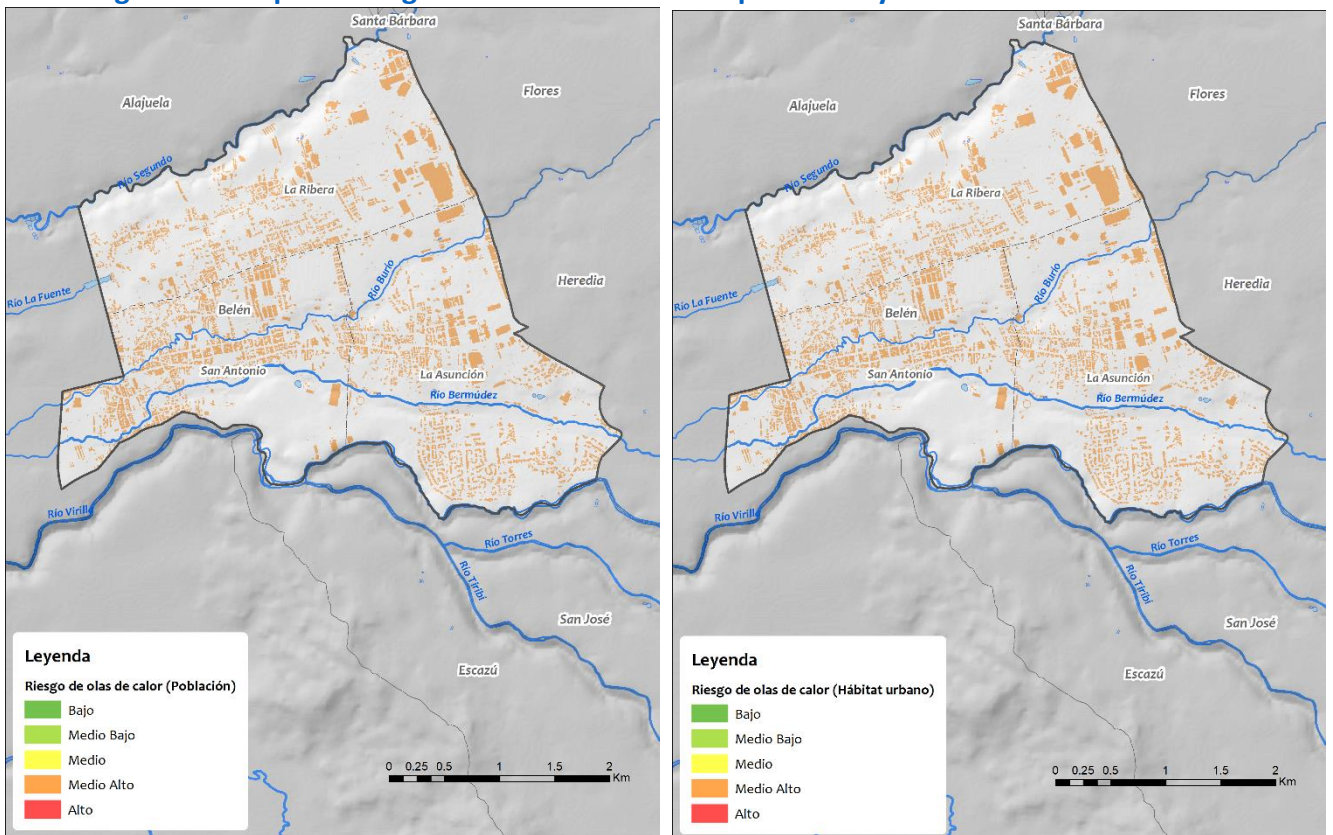
Tabla 20. Riesgo por olas de calor sobre los diferentes receptores considerados bajo los escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y horizontes temporales (2015-2045 y 2045-2075) analizados

Escenario/Horizonte temporal	Categoría de riesgo	Población		Hábitat urbano	
		nº edificios	%	nº edificios	%
Escenario RCP 4.5 Horizonte 2015-2045/2045-2075 <hr/> 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	4.321,00	100,00	4.321,00	100,00
	alto	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

En las siguientes figuras se representa la variabilidad del nivel de riesgo de algunos de los receptores sensibles considerados para los escenarios que tienen los valores comunes, es decir, el período de referencia y los escenarios RCP4.5 (en sus dos horizontes temporales). En el caso de la población y el hábitat urbano, los resultados son los mismos debido a la información de base disponible. Su totalidad está representada en naranja, que corresponde con el nivel medio alto.

Figura 16. Mapa de riesgo de olas de calor sobre población y hábitat urbano



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

4.8 Capacidad adaptativa actual

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

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

Tal y como se incluye en el Plan de Acción Climático, hasta ahora en el cantón se han llevado a cabo actuaciones y medidas para mejorar la capacidad de adaptación, como la mejora de infraestructuras y calidad ambiental de los ríos para reducir los riesgos de inundación. También se han generado alianzas con distintos actores para trabajar distintas problemáticas de forma conjunta entre el planeamiento y la gestión ambiental; y se ha firmado un compromiso municipal para 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.

En los distintos planes que definen las políticas y estrategias del cantón, se recogen parámetros o dimensiones que pueden ayudar a definir la capacidad adaptativa actual. A continuación se detalla cada una de ellas:

- **Gestión municipal**

Para poder analizar la disponibilidad de activos clave con los que cuenta el cantón y que permitirían una respuesta del propio sistema ante situaciones cambiantes, es necesario que el gobierno local gestione adecuadamente los bienes públicos disponibles. Esta variable se categorizó como muy alta en 2011.

- **Problemática ambiental**

Los problemas ambientales estructurales del territorio son la contaminación de los ríos, inundaciones, invasión de áreas de protección, contaminación del aire por los vehículos, la deficiente gestión de los residuos, la deficiente planificación urbana y la escasa conciencia ambiental de la población. A pesar de esto, o debido a esto, como se ha comentado al inicio de este apartado, la municipalidad ha tomado también algunas medidas al respecto y en línea con la adaptación al cambio climático.

- **Infraestructuras**

El nivel de facilidad para la población y las empresas para trasladarse, comunicarse y acceder a servicios es básico en términos de capacidad de adaptación del cantón. Para

medir la movilidad se emplea la cobertura de la red vial. En cuanto a la disponibilidad de electricidad, agua potable y tecnologías de información (telefonía e internet), son básicos para el establecimiento de empresas que contribuyan al desarrollo socioeconómico y territorial, y para el acceso a la información de la población. En el 2011 se ubicó en la categoría de alto.

- **Innovación**

La relación entre capacidad adaptativa y grado de innovación se basa en la capacidad del cantón para fomentarla, a través de la transferencia de conocimiento por parte de las universidades públicas en el cantón, la aplicación de metodologías sofisticadas en la producción local o la capacidad del recurso humano local. Este parámetro se valoró como alto en el 2011.

- **Gobernanza**

El gobierno local se estructura por comisiones, entre las que destacan la de Obras y ambiente o la del Plan Regulador Urbano. En el año 2014, la Municipalidad de Belén asumió el compromiso ambiental de conformar una Comisión Cantonal de Cambio Climático, donde se trabajan diferentes proyectos junto a empresas privadas, organizaciones no gubernamentales, instituciones públicas, personas de la comunidad, etc.

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

Resulta de interés resaltar en este punto el Índice de Desarrollo Humano Cantonal (IDH), que se compone de la esperanza de vida al nacer, los años esperados y promedio de escolaridad, y el consumo eléctrico per cápita. En el caso de Belén, este tiene un valor de 0,905, lo que sitúa al cantón en la posición 4 de un total de 81 cantones de Costa Rica, según el Atlas de Desarrollo Humano Cantonal 2020⁷. Esto sitúa a Belén en una posición muy positiva respecto al resto del país.

De todo ello se desprende que la capacidad adaptativa actual del cantón de Belén es **aceptable**, teniendo en cuenta que hay todavía espacio para la mejora como el fortalecimiento de los protocolos de riesgos para que consideren las variables ambiental, social y física; o el fomento del aprendizaje en un escenario de innovación.

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

5 Lineamientos estratégicos

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

5.1 Políticas y reportes nacionales en materia de acción climática

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

Tal y como muestra la Tabla 21. Lineamientos contenidos en la PNACC, PNACC tiene tres ejes denominados “instrumentales”, que son las condiciones habilitantes para que se pueda avanzar en la acción en materia de adaptación, y otros tres ejes “sustantivos”, que son los ejes alrededor de los cuales deberá trabajarse preferentemente y procede destacar en este punto. En este sentido, se propone dar adecuada cabida a la adaptación basada en ecosistemas, asegurar que los proyectos públicos consideren y se encuentran adaptados a las condiciones de clima futuro y finalmente procurar una economía resiliente para el país. Resulta conveniente por tanto incentivar que la planificación municipal para la acción en adaptación climática pivote al menos alrededor de estos tres lineamientos sustantivos. Se debe trabajar siempre desde el enfoque comunitario, dando adecuada cabida a la inclusión social, igualdad de género y pueblos tradicionales.

Tabla 21. Lineamientos contenidos en la PNACC



Fuente: 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.

5.2 Análisis DAFO

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

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

Tal y como muestra la Tabla 22. Fundamentos del análisis DAFO, los cruces generados en esta matriz habilitan la propuesta de estrategias de actuación específicas para resolver o impulsar, según proceda, las circunstancias levantadas. Además, este ejercicio facilita la identificación de posibles condiciones habilitantes y arreglos institucionales necesarios para afrontar el desarrollo de las estrategias identificadas.

Tabla 22. Fundamentos del análisis DAFO

		Amenazas						Oportunidades						
		A1	A2	A3	An	O1	O2	O3	On
Debilidades	D1													
	D2													
	D3	Estrategias de supervivencia						Estrategias adaptativas						
													
													
	Dn													
Fortalezas	F1													
	F2													
	F3	Estrategias defensivas						Estrategias ofensivas						
													
													
	Fn													

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

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

Principales debilidades en la adaptación al cambio climático del cantón

Se destaca que la brecha social influye en la capacidad de respuesta para adaptarse y la falta de vinculación entre proyectos. Igualmente, existe una falta de aprovechamiento de conocimientos técnicos de profesionales en ambiente de las empresas y el alto grado de urbanización del cantón.

Desde la perspectiva económica la limitación de recursos supone una debilidad clara.

Por último, a nivel político se ha destacado que las políticas se encuentran desactualizadas y que se encuentran trabas en los procesos que limitan el trabajo.

Principales amenazas en la adaptación al cambio climático del cantón

Una de las principales amenazas identificadas es la falta de compromiso y conciencia social en cuanto al cambio climático. A nivel técnico, se destaca la falta de capacitación estatal y la falta de información básica actualizada (censo, uso del suelo, etc.).

Desde la perspectiva económica la amenaza identificada es la falta de presupuesto para proyectos de adaptación. Por último, se destaca la falta de apoyo político y la falta de congruencia entre las políticas nacionales.

Principales fortalezas en la adaptación al cambio climático del cantón

Las principales fortalezas del cantón se enfocan en la existencia de una Comisión Comunal de Cambio Climático y el alto índice de desarrollo. A nivel técnico, el cantón se encuentra en una posición estratégica para articular acciones con otros cantones. Además cuenta con madurez respecto al trato de temas ambientales y de cambio climático.

Desde la perspectiva económica, se trata de un cantón que cuenta con apoyo económico por parte de la municipalidad, y de diversas instituciones y empresas. Igualmente, una oportunidad clave resulta la Comisión Cantonal de Cambio Climático y las políticas cantonales y nacionales.

Principales oportunidades en la adaptación al cambio climático del cantón

Entre las principales oportunidades identificadas se encuentra que un gran grupo de la población está sensibilizado en el tema de cambio climático.

A nivel técnico se identifica como una oportunidad clave la existencia de la CNE y el mejor aprovechamiento de los recursos naturales. Desde la perspectiva económica, el apoyo de organizaciones internacionales interesadas en el cambio climático y el compromiso de distintas empresas, son aspectos positivos.

Por último, se plantea como una oportunidad para el cantón que el gobierno está comprometido con esta cuestión.

5.3 Elementos estructuradores de la propuesta de adaptación

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

- **Gestión del riesgo del cambio climático**

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

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

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

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

- **Integración vertical y horizontal.**

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

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

- **Participación ciudadana.**

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

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

- **Adaptación basada en ecosistemas.**

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

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

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

- **Adaptación basada en comunidades**

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

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

6 Avances en el proceso participativo

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

A continuación (Tabla 23. Esquema de actividades previsto) se muestra el grado de avance en el esquema de actividades previsto.

Tabla 23. Esquema de actividades previsto

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021).

6.1 Avances hasta la fecha

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

En Belén la reunión técnica 1 se realizó el día 10 de septiembre del 2021. Contando con la participación de personas de la municipalidad y de personas de la Comisión Cantonal de Cambio Climático. En el siguiente recurso (Tabla 24. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1) se brinda la información de quienes participaron.

Tabla 24. Personas asistentes a la Reunión Técnica 1

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Asier Rodríguez	IDOM
Natalia Gómez	Plan A/UNEP
Jessie Vega	CPSU
Dulcehe Jiménez	Coordinadora Ambiental
Ligia Franco	Oficina de Planificación urbana
Ligia Delgado	Oficina del Plan Regulador
Alexander Venegas	Coordinador Unidad de Planificación Institucional
Óscar Hernández	Coordinador de Obras Públicas
David Umaña	Departamento de Ingeniería

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.

Tras revisar y acordar el plan de trabajo, se revisó la información de partida existente, a lo cual compartieron información adicional sobre las principales problemáticas ambientales del cantón como inundaciones y contaminación del aire, además se señalaron zonas que se han visto afectadas recientemente. La municipalidad compartió información sobre medidas que se han tomado como traslados de población, dragados del río, monitoreos de la calidad del aire, entre otras.

Durante la reunión se confirmó que hay una comisión conformada por 25 personas, de distintas áreas, y que tiene 7 años trabajando en conjunto. Además se planteó vincular el proceso con el desarrollo del Plan de Desarrollo Cantonal.

En cuanto a la información disponible, se señalaron recursos adicionales como el mapa de nacientes georreferenciadas, el Plan de arborización y censo de vegetación, entre otros recursos que se comprometieron a compartir. Como último punto del proceso se acordó la siguiente reunión técnica.

La reunión técnica 2 se realizó el día 11 de octubre del 2021. Contando con la participación de personas de la municipalidad y de personas de la comunidad. En el siguiente recurso (Tabla 25. Personas asistentes a la Reunión Técnica 2) se brinda la información de quienes participaron.

Tabla 25. Personas asistentes a la Reunión Técnica 2

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Natalia Gómez	Plan A/UNEP
Jessie Vega	CPSU
Carla Quesada	CPSU
Dulcehe Jiménez	Coordinadora Ambiental
Ligia Franco	Oficina de Planificación urbana
Ligia Delgado	Oficina del Plan Regulador
Alexander Venegas	Coordinador Unidad de Planificación Institucional
Óscar Hernández	Coordinador de Obras Públicas
Ana María Araya Georgina Jiménez	Comité Cantonal de Cambio Climático
Angelica Venegas	Coordinadora Unidad de Equidad e Igualdad de Género

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

Se mostraron de acuerdo con la información recopilada hasta el momento y se sugirió la incorporación de la Política de Igualdad y Equidad de Género y la información cartografiada de vulnerabilidad ambiental disponible en la Municipalidad de Belén. Sobre la información georreferenciada se señala que se tienen mapas de distintas temáticas relevantes para el Plan, pero se comprometen a georreferenciar la información faltante.

También se validó las amenazas a estudiar que se seleccionaron y sugieren analizar los cantones aledaños puesto que señalan que Belén es un receptor de las afectaciones de las zonas aledañas.

Se analizó la información del mapa de vulnerabilidad, y se ubicaron algunas zonas faltantes.

Durante esta reunión se acordaron los próximos pasos para la reunión técnica 3.

El taller 1 se realizó el viernes 04 de febrero contando con la presencia de las personas detalladas en la Tabla 26.

Tabla 26. Personas asistentes al Taller 1

Nombre	Organización, institución, grupo u otro
Jessie Vega	CPSU
Carla Quesada	CPSU
Lidiette Murillo	Municipalidad de Belén
Robert Samudio Cerdas	Marriott
Susan Astorga Parra	Centro de acopio
Johanna Gómez Ulloa	Municipalidad de Belén
Manuel Ortiz Arce	Asociación Cultural Guapinol
Alexander Venegas	Municipalidad de Belén
Nelgita Gómez	Escuela Manuel del Pilar
Ana María Araya	Sociedad civil-Comisión Cantonal de Cambio Climático de Belén
Karla Villalobos Vargas	Centro Institucional Inv (CIISA)
Vilma Gutiérrez	Comunidad de Belén
Meryll Arias Quirós	SINAC Oficina de Heredia
Georgina Jiménez	Asociación Belén Sostenible
María Gómez	Deloitte

Los objetivos del taller 1 fueron los siguientes:

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

Como resultados del diagnóstico, se plantearon algunos ajustes en relación con incluir las medidas y/o proyectos que se están llevando en la actualidad en la municipalidad, por ejemplo. Igualmente, se desarrolló un análisis DAFO con la Metodología World Café tomando en cuenta los aspectos sociales, técnicos, económicos y políticos. Los resultados de este análisis se han presentado previamente en el apartado 5.2.

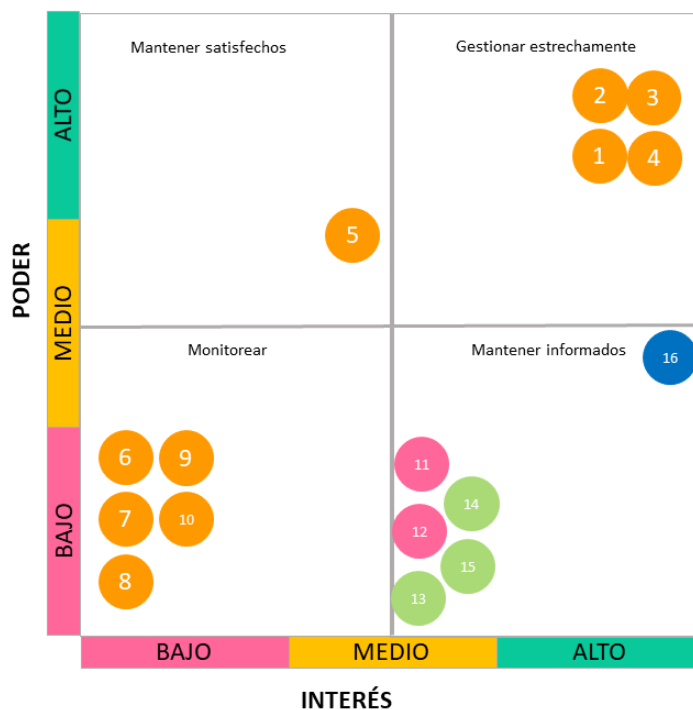
Por último, se trabajó de forma participativa en la definición de la visión, ejes estratégicos y objetivos del Plan de Acción para la Adaptación Climática, cuyos insumos se han utilizado

para construir estos aspectos en gabinete y que serán presentados en su formato final en el taller 2.

6.2 Mapeo de actores

Con base en la información recopilada en las distintas reuniones técnicas y proporcionada por la municipalidad, se elaboró un mapeo preliminar de actores para los cuales se elaboró una matriz de relevancia de actores que analiza su poder e interés en el proyecto, la cual se muestra a continuación en la Figura 17. Matriz de relevancia de actores y la Tabla 27. Relevancia de actores identificados.

Figura 17. Matriz de relevancia de actores



Fuente: IDOM-CPSU (2021).

Tabla 27. Relevancia de actores identificados

Categoría de Actor	#	Nombre	Poder	Interés
Sector Público	1	Alcaldía Municipal	1	1
Sector Público	2	Concejo Municipal	1	1
Sector Público	3	Equipo Municipal	1	1
Sector Público	4	Comité Local de Emergencias	1	1

Sector Público	5	Oficina de la Mujer	2	2
Sector Público	6	Ministerio de Salud	3	3
	7	SINAC	3	3
Sector Público	8	Ministerio de Educación Pública	3	3
Sector Público	9	Bomberos	3	3
Sector Público	10	Cruz Roja	3	3
Sector Privado	11	Empresas del cantón	3	2
Sector Privado	12	Asociación de emprendedores belemitas (AEB)	3	2
Sociedad Civil	13	Personas de sociedad civil	3	2
Sociedad Civil	14	Asociación Belén Sostenible - ABES	3	2
Sociedad Civil	15	ASOCARIARI	3	2
Academia	16	Universidad Nacional de Costa Rica	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).

7 Sigüientes pasos

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

El documento responderá al siguiente índice:

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

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

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

Hito	Fecha propuesta
Entrega Plan de trabajo	Semana del 23 de agosto de 2021
Reunión técnica 1 (Virtual)	Semana del 6 de septiembre de 2021
Entrega Plan de trabajo consolidado	Semana del 13 de septiembre de 2021
Plan de trabajo aprobado	Semana del 27 de septiembre de 2021
Reunión técnica 2 (Presencial)	Semana del 11 de octubre de 2021
Entrega Diagnóstico	Semana del 13 de diciembre de 2021
Reunión técnica 3 (Virtual)	Semana del 13 de diciembre de 2021
Primer taller de validación (Presencial)	Semana del 17 de enero de 2022
Entrega Diagnóstico consolidado	Semana del 14 de febrero de 2022
Diagnóstico aprobado	Semana del 21 de febrero de 2022
Segundo taller de validación (Presencial)	Semana del 07 de marzo de 2022
Entrega Plan de Acción para la Adaptación	Semana del 04 de abril de 2022
Reunión técnica 4 (Virtual)	Semana del 25 de abril de 2022
Entrega Plan de Acción para la Adaptación consolidado	Semana del 02 de mayo de 2022
Plan de Acción para la Adaptación aprobado	Semana del 02 de mayo de 2022
Tercer taller de presentación final (Presencial)	Semana del 09 de mayo de 2022

8 Conclusiones y recomendaciones

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

Lo incluido 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.

Para ello, el primer paso consistió en la definición de los sectores y receptores claves más vulnerables en el territorio. Así, se han analizado un total de 6 sectores clave: población, hábitat urbano, sector primario, infraestructuras, equipamientos y áreas protegidas; para un total de 4 amenazas climáticas: inundaciones, movimientos en masa, sequías y olas de calor. La relación de causa-efecto entre cada amenaza y cada receptor permitió definir las cadenas de impacto garantizando así conocer los factores que llevan al riesgo a un determinado sistema.

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

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

Analizando los receptores del impacto, se deberá prestar especial atención a la población y al hábitat urbano. Aproximadamente un 33% de la población y de las viviendas podrían verse afectadas por inundaciones con un riesgo medio alto, así como gran parte de la población sufrirá el aumento de las temperaturas en forma de olas de calor. Por otro lado, la sequía impactará principalmente sobre los sistemas naturales, afectando prácticamente a la totalidad de humedales y de áreas naturales con un riesgo medio-alto y alto. En cuanto a las explotaciones agropecuarias, más del 78% se localizan en niveles de riesgo alto.

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

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

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

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

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

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

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

9 Referencias

- Barahona, D., Méndez, J., & Sjöbohm, L. (2013). *Análisis de la susceptibilidad a deslizamientos en el distrito de Tres Equis: una base para la gestión del riesgo y ordenamiento territorial*. San José.
- Bonsal, B. R. et al. (2011). Drought Research in Canada: A Review. *Atmosphere-Ocean*, 49(4), 303-319.
- Deschenes, O. (2014). Temperature, human health and adaptation: A review of the empirical literature. *Energy Economics*(46), 606-619.
- ESA. (2021). *Climate Change Initiative*.
- Gobierno de Costa Rica. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo Urbano 2013-2030*.
- Gobierno de Costa Rica. (2018). *Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2018-2030*.
- Gobierno de Costa Rica. (2020a). *Contribución Nacionalmente Determinada*.
- Gobierno de Costa Rica. (2020b). *Lineamientos generales para la incorporación de las medidas de resiliencia en infraestructura pública*.
- IMN. (2021). *Clima de Costa Rica y variabilidad climática*. Obtenido de <https://www.imn.ac.cr/clima-en-costa-rica>
- INEC. (2011). *Censo de población*.
- INEC. (2014). *Censo agropecuario*.
- IPCC. (2014). *Quinto Informe de Evaluación del IPCC*.
- MIDEPLAN. (2019). *Impacto de los Fenómenos Naturales para el período 1988-2018, por sectores, provincias, cantones y distritos*. San José de Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2020). *Producto 1. Diagnóstico de capacidades, necesidades y herramientas existentes. Componente 5. Monitoreo y Evaluación*.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021a). *Guía para la planificación de la adaptación ante el cambio climático desde el ámbito cantonal. Proyecto Plan A: Territorios Resilientes ante el Cambio Climático*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021b). *Guía para la priorización de medidas de adaptación al cambio climático utilizando el método Análisis Multicriterio. Proyecto Plan A: Territorios Resilientes ante el Cambio Climático*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021d). *Bases conceptuales para la adaptación al cambio climático en Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Municipalidad de Belén. (1996). *Plan Regulador*.
- Municipalidad de Belén. (2005). *Inventario de emisiones-absorciones de gases de efecto invernadero en el sector forestal y uso del suelo del cantón de Belén 2006-2013*.
- Municipalidad de Belén. (2010a). *Informe de Evaluación Ambiental Estratégica del Plan Regulador del Cantón de Belén*.
- Municipalidad de Belén. (2010b). *Plan Maestro de los Sistemas de Abastecimiento de agua potable*.
- Municipalidad de Belén. (2012a). *Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2013-2022*.

- Municipalidad de Belén. (2012b). *Plan Maestro de Recolección, Tratamiento y Disposición de las aguas residuales*.
- Municipalidad de Belén. (2015). *Política Local de Igualdad y Equidad de Género*.
- Municipalidad de Belén. (2018). *Política Ambiental de la Municipalidad de Belén 2019-2024*.
- Municipalidad de Belén. (2019a). *Plan de Desarrollo Estratégico Municipal de Belén 2020-2024*.
- Municipalidad de Belén. (2019b). *Propuesta de Plan de Desarrollo Territorial Ambiental*.
- Municipalidad de Belén. (2020a). *Informe de Evaluación del Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local de Belén*.
- Municipalidad de Belén. (2020b). *Informe de Evaluación del Plan de Desarrollo Estratégico Municipal de Belén*.
- Municipalidad de Belén. (2021a). *Plan Operativo Anual*.
- Municipalidad de Belén. (2021b). *Política Cantonal de Cambio Climático 2022-2030*.
- O'Neill, M. S., & Ebi, K. L. (2009). Temperature Extremes and Health: Impacts of Climate Variability and Change in the United States. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 51(1), 13-25.
- Organización Panamericana de la Salud. (2000). *Fenómeno El Niño 1997-1998*.
- 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

10 Anexo 1. Metodología para el análisis de riesgos

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

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

Para diferentes escenarios y horizontes temporales *Para cada receptor*

10.1 Peligrosidad

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

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

10.1.1 Lluvias intensas

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

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

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

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

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

Tabla 28. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a lluvias intensas

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

10.1.1.1 Inundaciones

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

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

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

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

Tabla 29. 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 30. 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



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 31. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a inundaciones

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

10.1.2 Déficit de Lluvias - Sequía

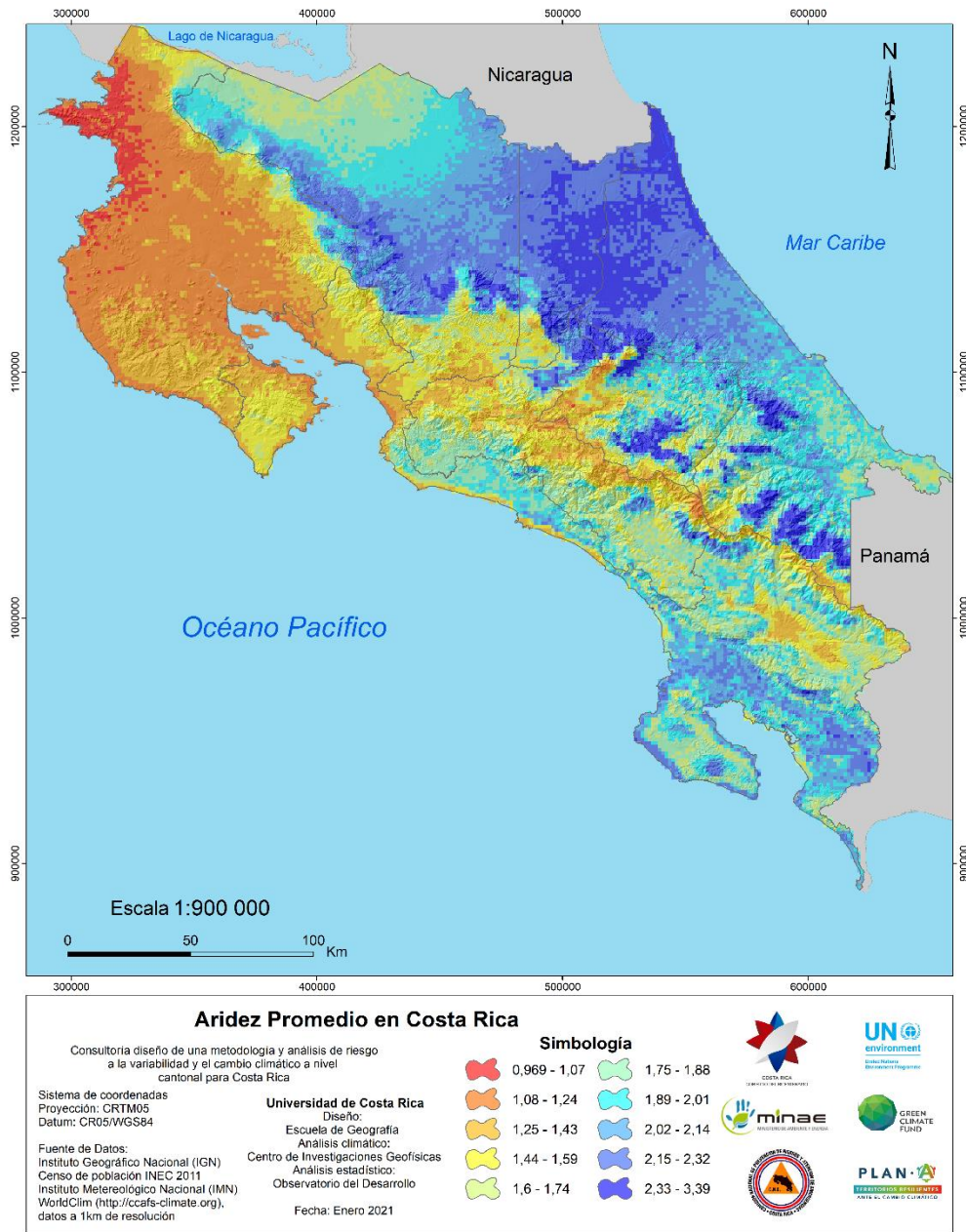
En el presente estudio se hace referencia a la sequía meteorológica, como una amenaza caracterizada por períodos prolongados sin lluvias, o con volúmenes de precipitación muy bajos.

Peligrosidad actual a sequía

Para caracterizar la peligrosidad de sequías en el territorio se ha utilizado un índice de aridez⁸ global, obtenido a partir de los datos WorldClim 2.0 (1970-2000). Este índice representa la relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial (que a su vez depende de la temperatura), es decir, la precipitación sobre la demanda de agua para la vegetación (agregada sobre una base anual).

⁸ Trabucco, Antonio; Zomer, Robert (2019): Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration (ET0) Climate Database v2. figshare. Dataset. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7504448.v3>

Figura 18. Índice de aridez promedio



Fuente: Plan-A (2020)

De esta manera se ha elaborado un mapa de susceptibilidad de sequías, de acuerdo con el 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 32. 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 33. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a déficit de lluvias

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

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

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

Tabla 34. Clasificación de los niveles de peligrosidad asociados a déficit de lluvias

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

10.1.3 Altas temperaturas – Olas de calor

Peligrosidad actual a olas de calor

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

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

Peligrosidad futura a olas de calor

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

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

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

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

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

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

Tabla 35. Categorización de la evolución prevista de la peligrosidad asociada a olas de calor

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

Fuente: IDOM-CPSU (2021)

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

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

10.2 Exposición y vulnerabilidad

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

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

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

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

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador vulnerabilidad	Rangos		Criterio adoptado
Población	Población	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	Inundaciones Olas de calor	Densidad de viviendas	Baja	0-10 viv/ha	Se asocia una mayor densidad de viviendas con una mayor vulnerabilidad.
				Media	10-50 viv/ha	
				Alta	>50 viv/ha	
			Hacinamiento en dormitorios	Baja	0-10%	Se asocia un mayor porcentaje de hacinamiento en dormitorios con una mayor vulnerabilidad.
				Media	10-20%	
				Alta	>20%	
			Viviendas en estado malo	Baja	0-10%	Se asocia un mayor porcentaje de viviendas en mal estado con una mayor vulnerabilidad.
				Media	10-20%	
				Alta	>20%	
Sector primario	Agropecuario	Inundaciones Sequías	Actividad principal (especies cultivadas/criadas)	Baja	Cultivos con bajo requerimiento hídrico / alimentación a base de piensos	Se asocian los cultivos con un elevado coeficiente de evapotranspiración (Kc med) con una mayor vulnerabilidad, por un mayor requerimiento hídrico del cultivo. Igualmente, se asocian las cabezas de ganado con alimentación a base de pastos naturales con una mayor vulnerabilidad, por un mayor requerimiento hídrico de su fuente de alimentación principal.
				Media	Otros	
				Alta	Cultivos de elevado requerimiento hídrico / alimentación a base de pastos naturales	

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

Sector	Receptor	Amenaza	Indicador vulnerabilidad	Rangos		Criterio adoptado
				Alta	Caminos / Vereda / Caminos de tierra	
Equipamientos	Educación	Inundaciones	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	Acueducto municipal	Baja	-	Al no contarse con información específica de los acueductos se asocian todos ellos con una vulnerabilidad media.	
			Media	Acueducto municipal		
Alta			-			
Áreas protegidas	Áreas naturales	Sequías	Tipo de área natural en función de la susceptibilidad al riesgo de incendios	Baja	Pasto en corredor biológico / otras coberturas	Se asocia un elevado factor de combustibilidad de la materia vegetal (y consecuentemente una elevada intensidad en la propagación del fuego) con una mayor vulnerabilidad. Igualmente, se asocian a las áreas silvestres protegidas con una mayor vulnerabilidad, por su importancia natural, cultural y/o socioeconómica, para cumplir con determinados objetivos de conservación y de gestión.
				Media	Pasto en Área Silvestre Protegida	
				Alta	Forestal en corredor biológico/Forestal en Área Silvestre Protegida	

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

Grado de vulnerabilidad	Baja	Media	Alta
Escala numérica	1	2	3

10.3 Cálculo del riesgo

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

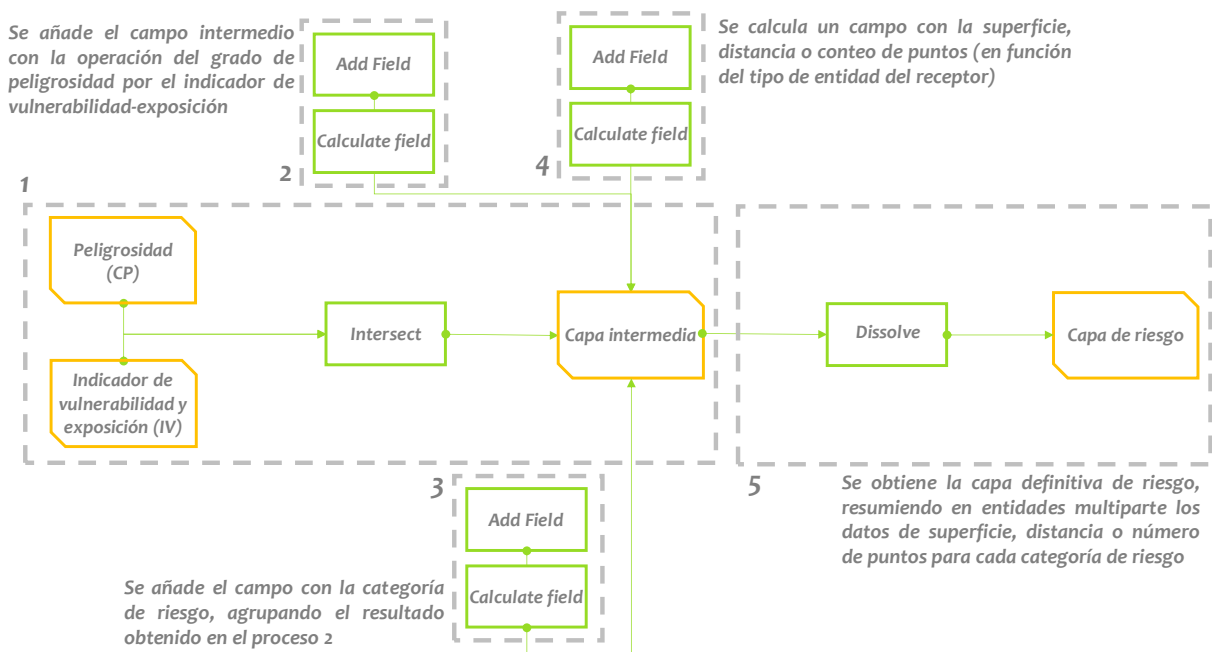
1. Se realiza el proceso de intersección (herramienta *Intersect*) de la capa de Peligrosidad junto con la capa del indicador de Exposición y Vulnerabilidad, de manera que se obtiene una capa única con la información de ambos insumos combinada.
2. Se agrega un nuevo campo que contendrá la categoría de 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.



11 Anexo 2. Proyecciones climáticas en Costa Rica

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

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

NASA-NEX es un producto consolidado, que incluye proyecciones estadísticamente regionalizadas de datos diarios de temperatura (máxima y mínima) y de precipitación para los 21 modelos climáticos del proyecto CMIP5; y para dos trayectorias de emisión de gases: RCPs 4.5 y RCP 8.5 (véase la Tabla 35 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 36. Modelos climáticos incluidos en el ensamble NASA-NEX y sus características

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

Fuente: iniciativa NEX-GDDP de la NASA⁹.

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

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

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

⁹ Disponible en: <https://www.nccs.nasa.gov/services/data-collections/land-based-products/nex-gddp>

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

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

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

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

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

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

12 Anexo 3. Análisis DAFO

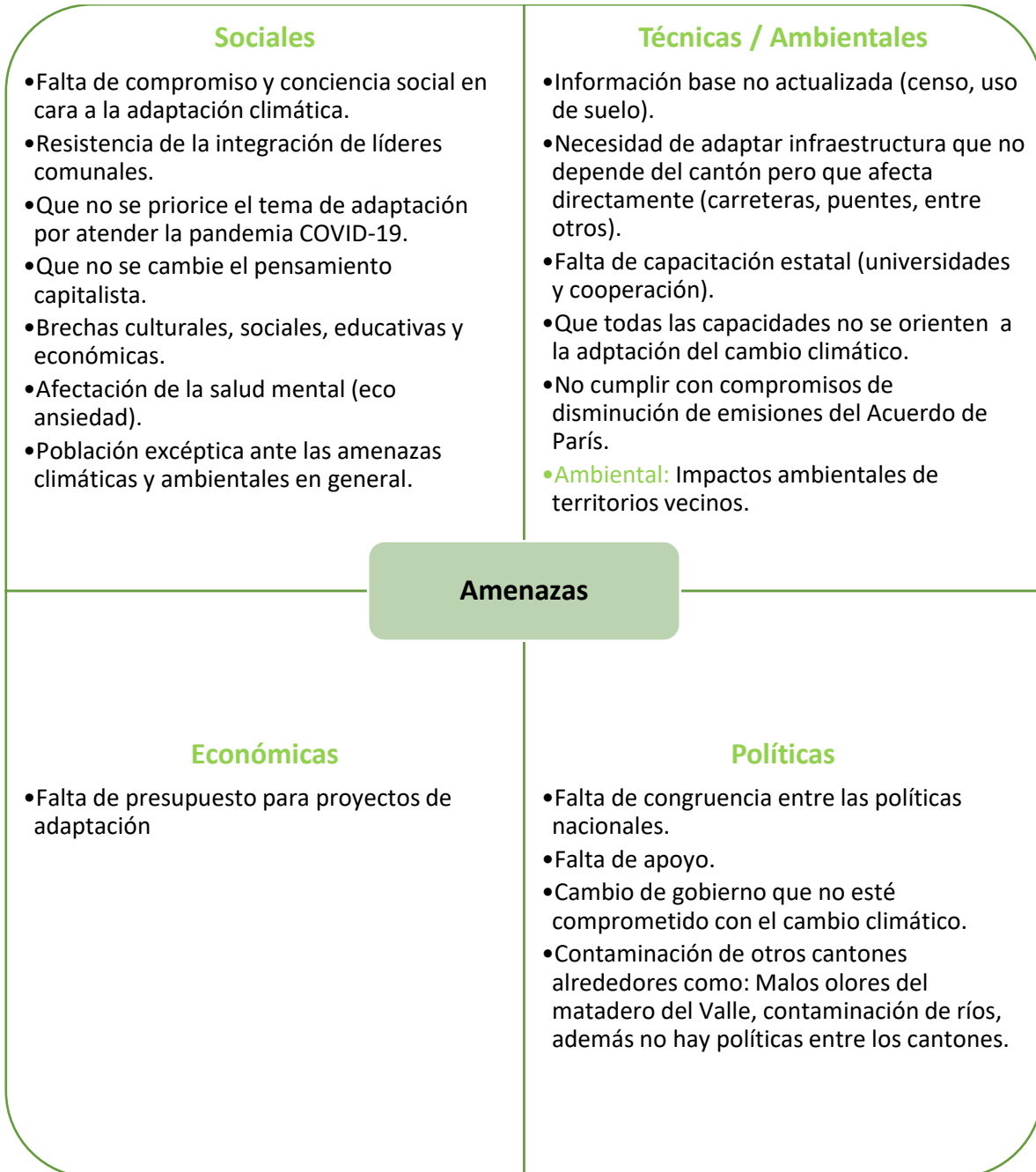
A continuación, se muestran los principales resultados derivados del análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO), desarrollado durante el taller 1. Los resultados se analizaron tomando en cuenta los aspectos sociales, técnicos, económicos y políticos.

Tabla 37. Resumen de las debilidades identificadas

Sociales	Técnicas
<ul style="list-style-type: none"> • Brecha social influye en la capacidad de respuesta para adaptarse. • Limitación de participación de vecinos que solo pueden asistir a talleres en la noche (horas no laborales). • No hay vinculación entre proyectos. • Participación limitada de líderes comunales cada vez más desgastados. • Inconciencia de las personas a la adaptación al cambio climático. • Falta de involucramiento de la totalidad de las empresas presentes en el cantón. • Falta de involucramiento masculino. • Los EBASIS están diseñados para una población que ya se alcanzó (servicios saturados). 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de aprovechamiento de conocimientos técnicos de profesionales en ambiente de las empresas. • Falta de formación de líderes comunales. • Falta de información técnica actualizada. • Proyectos desarticulados a lo interno del gobierno local. • Cantón altamente urbanizado (mucho cemento), afecta la población por olas de calor. • Áreas verdes muy limitadas. • Deficiente comunicación de iniciativas existentes en el cantón.
Debilidades	
<ul style="list-style-type: none"> • Largos plazos para aprobación de presupuesto. • Falta priorización de inversión en proyectos pese a que la mayoría son prioritarios. • Reducción de recursos económicos en el gobierno local. • Recursos limitados. • Falta de presupuesto municipal, reducción de recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas desactualizadas, reglamentos y procedimientos poco estructurados y con revisión. • Gobiernos locales cambiantes. Quizás nuevos jefes no estén comprometidos con el tema. • Trabas en los procesos que limitan el trabajo. • Falta de compromiso de jerarquías. Mala planificación.
Económicas	Políticas

Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 38. Resumen de las amenazas identificadas



Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 39. Resumen de las fortalezas identificadas

<p style="text-align: center;">Sociales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nivel educativo y socioeconómico alto. • Existe una Comisión Comunal de Cambio Climático. • Participación ciudadana. • Involucramiento de organizaciones público, privadas y ONG's. • Algunas empresas realizan aportes en el marco de sus Planes de Responsabilidad Social Empresarial. • Participación e involucramiento femenino en la toma de decisiones. • Plan A con interacción con el Plan Estratégico. • Presencia de grupos culturales y asociaciones de desarrollo para potenciar sensibilización al cambio climático. • Cantón con alto índice de desarrollo. • Programas de reciclaje, huertas y educación ambiental. 	<p style="text-align: center;">Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asesoramiento de expertos. • Cuentan con indicadores para medir acciones ambientales. • Madurez y referente municipal en temas ambientales y cambio climático. • Comité municipal de atención y monitoreo a gestión de emergencias. • Ubicación estratégica de Belén para articular acciones con otros cantones. • Cantón de Belén es pequeño en territorio. • Compromiso de la municipalidad por cuidar y aumentar áreas verdes, así por proteger las fuentes de agua. • Estructura educativa de alta calidad en el cantón. • Diagnóstico de riesgo climático. • Se han dado especializaciones técnicas para mayor cantidad de líderes.
<p>Fortalezas</p>	
<p style="text-align: center;">Económicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apoyo económico por parte de la municipalidad. • Apoyo económico de diversas instituciones, empresas y entes. • Recursos públicos y privados para la adaptación. • Compromisos ambientales de empresas en el cantón. 	<p style="text-align: center;">Políticas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conciencia de la municipalidad en adaptación al cambio climático. • Política cantonal de adaptación al cambio climático. • Políticas nacionales que apoyan y vinculan proyectos ambientales. • Regulaciones, leyes, procedimientos establecidos por municipalidades en coordinación de la unidad ambiental. • Comisión Cantonal de Cambio Climático de Belén.

Fuente: IDOM-CPSU

Tabla 40. Resumen de las oportunidades identificadas

<p style="text-align: center;">Sociales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activar o proyectar actividades sociales relacionadas al cambio climático con cantones vecinos y las industrias internas del cantón. • Personas motivadas al cambio para mejorar condiciones del ambiente. • Un buen grupo de la población está sensibilizado en el tema de cambio climático. • Nuevos empleos con las huertas urbanas comunitarias. 	<p style="text-align: center;">Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crear Corredores Biológicos Interurbanos. • Apoyo de instituciones gubernamentales y academia. • Profesionales capacitados en industrias del cantón. • Existencia de la CNE. • Belén es privilegiado con su condición respecto al el recurso máspreciado del mundo "el agua". • Mejor aprovechamiento de los recursos naturales. • Costa Rica tiene la Dirección de Cambio Climático. • Mayor conciencia para la declaratoria de sitios de interés y/o zonas de protección. • Alguna información técnica disponible.
<p>Oportunidades</p>	
<p style="text-align: center;">Económicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apoyo de organizaciones internacionales interesadas en cambio climático. • Cooperación internacional, financiamiento verde (ONU, entre otras). Fondo de adaptación, REDD+. • Existencia de una CNE con disponibilidad de recursos. • Múltiples empresas comprometidas con el tema de cambio climático dispuestas a aportar financiamiento. 	<p style="text-align: center;">Políticas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Subcomisión Tárcoles Heredia. Trabaja con el Decreto Tárcoles. • Hemos tenido durante muchos años un gobierno local comprometido. • El país tiene un marco político sobre cambio climático robusto. Herramientas como el Plan Nacional de Adaptación, CND, Estrategia REDD+, etc. • Elecciones próximas: revisión de los planes de gobierno para verificar si el tema de adaptación está ubicado en ellos. • Ente de Coordinación Regional de Municipalidades al este de Belén.

Fuente: IDOM-CPSU