

Índice de vulnerabilidad
al cambio climático y
plan de adaptación
para la isla de

SANTA CRUZ DE GALÁPAGOS

ECUADOR

RESUMEN EJECUTIVO

Índice de vulnerabilidad
al cambio climático y
plan de adaptación
para la isla de

SANTA CRUZ DE GALÁPAGOS

ECUADOR

RESUMEN EJECUTIVO

Título

Índice de vulnerabilidad al cambio climático y plan de adaptación para la isla de Santa Cruz de Galápagos, Ecuador

Depósito Legal: DC2021000062

ISBN: 978-980-422-206-1

Esta publicación es resultado de los estudios realizados en el marco de la Iniciativa UE LAIF CAF – AFD sobre ciudades y cambio climático*

Editor: CAF

Vicepresidencia de Desarrollo Sostenible (VDS).
Julián Suárez, Vicepresidente.

Dirección de Sostenibilidad, Inclusión y Cambio Climático (DSICC). Edgar Salas, Director.

Autor: FIC (Fundación para la Investigación del Clima), Lavola S.A.

Revisión equipo CAF: Martha Castillo, Carolina Cortés, Juan Felipe Caicedo.

Diseño gráfico: Good, Comunicación para el Desarrollo Sostenible

El presente resumen ejecutivo incluye imágenes bajo la licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 internacional.

Las imágenes que se encuentran bajo esta licencia en el presente resumen ejecutivo contienen los créditos individuales en cada una de ellas.

Las ideas y planteamientos contenidos en la presente edición son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen la posición oficial de CAF. Este documento se encuentra en: scioteca.caf.com. Todos los derechos reservados.

* CAF – Banco de Desarrollo de América Latina y AFD – Agencia Francesa de Desarrollo, institución financiera francesa pública de desarrollo, como resultado de una cooperación en el tema de ciudades y cambio climático, en el marco de una donación de la Unión Europea, promueven la iniciativa "Ciudades y Cambio Climático" mediante la cual se proporciona a los gobiernos locales de la región asistencia técnica en el tema de cambio climático, apoyo en la elaboración de planes de acción y financiamiento de los estudios de factibilidad de proyectos con impacto positivo en términos de mitigación y/o adaptación al cambio climático.

Declaraciones

Ángel Yáñez Vinuesa, alcalde de Santa Cruz de Galápagos

Galápagos tiene como una de sus principales actividades el turismo de naturaleza; así, en el cantón Santa Cruz vive y desarrolla sus actividades la mayoría de la población de Galápagos. Sin embargo, por la ubicación geográfica estamos expuestos a eventos potencialmente adversos, principalmente amenazas hidrometeorológicas.

En este contexto, se ha desarrollado el proyecto con la cooperación internacional y con el total involucramiento e interés de los expertos, además de la invaluable participación de los actores claves locales, logrando clarificar nuestras vulnerabilidades ante el cambio climático, compartiendo los resultados y demostrando nuestra capacidad de adaptación, según la realidad socioeconómica y la sensibilidad ambiental.

Nuestro compromiso es incluir las recomendaciones del proyecto en el plan de ordenamiento territorial y de desarrollo sostenible, dando la supremacía necesaria a la gestión territorial, a las relaciones suelo-agua y a las relaciones de los asentamientos humanos con los medios de vida.

Nuestra mayor preocupación son las lluvias torrenciales que afectan: la infraestructura pública y privada, los servicios ambientales y las sequías que ponen en peligro la seguridad alimentaria, con altos costos sociales, económicos y ambientales. Además, dejamos constancia del agradecimiento por el trabajo realizado y la felicitación a todos quienes participaron en el proyecto.

Washington Ramos Viteri, director de Gestión Ambiental y Desechos Sólidos, GAD Municipal de Santa Cruz

Estamos seguros de que el desarrollo sostenible es el camino para mantener una adecuada calidad de vida y los servicios ambientales existentes. El presente estudio se enmarca en este objetivo de desarrollo sostenible, pues busca aumentar la adaptación al cambio climático en las zonas pobladas de la isla de Santa Cruz.

Los talleres realizados en el marco de este estudio se convirtieron en jornadas de trabajo participativas y los resultados alcanzados sobrepasan las expectativas locales. Sin embargo, depende de los Gobiernos central, provincial y local el establecer prioridades en cuanto a las actividades emergentes y decisiones urgentes que se deben tomar al respecto.

Consideramos que es necesario implementar el alcantarillado pluvial en Puerto Ayora, realizar el estudio técnico-científico de las cañadas, controlar el uso del suelo, cambiar los sistemas de producción agropecuaria, implementar la protección de las fuentes de agua y garantizar el acceso de la población a agua segura, para propender a la protección de la salud humana y ambiental.

Este proyecto es de vital importancia para la economía, la sociedad y para nuestro frágil ecosistema. Las acciones implementadas resultado de este estudio beneficiarán principalmente a los habitantes y los turistas de Santa Cruz. Los cambios en la infraestructura pública y privada, el ordenamiento territorial, el buen uso del suelo, podrán garantizar la adaptación al cambio climático.

Contenido

	Glosario	9
	Presentación	12
1.	Contexto	16
2.	Metodología	20
3.	Resultados Obtenidos	24
3.1.	Información Climática	25
3.1.1.	Análisis climático histórico	25
3.1.2.	Proyecciones futuras	26
3.2.	Amenazas hidrometeorológicas estudiadas	30
3.2.1.	Amenaza por inundaciones pluviales (encharcamiento vial)	30
3.2.2.	Amenaza por inundaciones fluviales (escorrentías)	31
3.2.3.	Amenaza por aumento de precipitaciones extremas	33
3.2.4.	Amenaza por aumento de noches tropicales	34
3.2.5.	Amenaza por aumento del número de días de ola de calor	35
3.2.6.	Amenaza por aumento del nivel del mar	36
3.3.	Amenazas no hidrometeorológicas estudiadas	37
3.3.1.	Amenaza por Tsunamis	37
3.3.2.	Amenaza por hundimiento por presencia de túneles de lava y grietas	38
3.4.	Indicadores para el cálculo de la Vulnerabilidad	39
3.4.1.	Índice de Exposición al Cambio Climático en Santa Cruz	40
3.4.2.	Índice de Sensibilidad Socioeconómica en Santa Cruz	42
3.4.3.	El Índice de Sensibilidad Ambiental en Santa Cruz	45
3.4.4.	Capacidad Adaptativa en la Ciudad de Santa Cruz	48
3.5.	Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático	51
4.	Objetivos de adaptación y medidas propuestas	54
4.1.	Los objetivos de Adaptación en Santa Cruz	55
4.2.	Las Medidas de Adaptación	56
4.2.1.	Programa I: Adaptación Urbana de Santa Cruz	57
4.2.2.	Programa II: Isla Resiliente	58
4.2.3.	Programa III: Infraestructuras Resilientes para Santa Cruz	58
4.2.4.	Programa IV: Transversal de Capacitación y Monitoreo del Plan de Adaptación	58
5.	Recomendaciones de Implementación	80
5.1.	Recolección y actualización de información	81
5.2.	Fortalecimiento institucional	81
5.3.	Argumentación técnica para la financiación	82
5.4.	Monitoreo y evaluación	83
5.5.	Concientización y capacitación	83
6.	Consideraciones finales	84
7.	Principales referencias analizadas	88

Listado de Figuras

Figura 1. Vista de la Ciudad de Puerto Ayora.	14
Figura 2. Formación de Mesas de Trabajo Local.	15
Figura 3. Ubicación general de la Isla de Santa Cruz	18
Figura 4. Dimensión socioeconómica del estudio	18
Figura 5. Esquema del proceso.	21
Figura 6. Esquema general de las etapas principales del Índice de Vulnerabilidad	22
Figura 7. Ubicación de las Estaciones	25
Figura 8. Gráfico anual de incrementos esperados de temperatura máxima para el siglo XXI.	28
Figura 9. Incrementos esperados de la temperatura máxima para el siglo XXI.	28
Figura 10. Incrementos anuales esperados de la temperatura mínima para el siglo XXI.	29
Figura 11. Incrementos anuales esperados.	30
Figura 12. Mapa de Amenaza por inundación pluvial o encharcamiento vial en Puerto Ayora	31
Figura 13. Mapa de exposición urbana y vial por inundación fluvial T 100 años (largo plazo)	32
Figura 14. Indicador de exposición aumento días precipitación extrema (RCP4.5- Largo Plazo)	33
Figura 15. Amenaza climática por aumento del número de noches tropicales a largo plazo	34
Figura 16. Indicador de amenaza por aumento de días de ola de calor (RCP4.5- Largo Plazo)	35
Figura 17. Proyecciones de subida del nivel del mar en Puerto Ayora para todo el siglo XXI	36
Figura 18. Infraestructura y personas expuestas a eventos de Tsunamis en Puerto Ayora.	37
Figura 19. Nivel de peligrosidad por hundimiento derivado de grietas y túneles de lava.	38
Figura 20. Esquema de construcción de indicadores.	39
Figura 21. Resumen de Indicadores de Exposición frente al Cambio Climático en Santa Cruz.	41
Figura 22. Índice de exposición urbano en los núcleos habitados de Santa Cruz	42
Figura 23. Resumen de Indicadores de Sensibilidad Socioeconómica en la isla de Santa Cruz.	43
Figura 24. Índice de Sensibilidad Socioeconómica frente al Cambio Climático en Santa Cruz	45
Figura 25. Resumen de Indicadores de Sensibilidad Ambiental en Santa Cruz.	46

Figura 26. Índice de Sensibilidad Ambiental en la isla de Santa Cruz	47
Figura 27. Indicadores de Capacidad Adaptativa.	48
Figura 28. Componentes del Índice de Vulnerabilidad	51
Figura 29. Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático en los núcleos habitados de Santa Cruz	52
Figura 30. Av. Charles Darwin, Puerto Ayora	55
Figura 31. Esquema Metodológico para formular el Plan de Adaptación	56
Figura 32. Costa de Santa Cruz	59

Listado de Tablas

Tabla 1. Estaciones Meteorológicas disponibles en Santa Cruz	26
Tabla 2. Listado de Modelos Climáticos	27
Tabla 3. Resumen de la población y hogares expuestos a inundaciones a nivel parroquial	32
Tabla 4. Número y porcentaje de bloques expuestos a hundimientos geológicos a nivel barrial.	38
Tabla 5. Cursos de capacitación a ELE Galápagos, 2018	49
Tabla 6. Listado de herramientas disponibles	49
Tabla 7. Listado de Proyectos	50
Tabla 8. Medidas programa de Adaptación Urbana	58
Tabla 9. Medidas programa Isla Resiliente	58
Tabla 10. Medidas programa Infraestructuras Resilientes para Santa Cruz	58
Tabla 11. Medidas del programa Transversal	59
Tabla 12. Acceso a las fuentes de financiamiento para cada Medida	82

Glosario

El presente glosario recoge la terminología del Grupo de trabajo II y III del IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) presentada en el Anexo II: Glosario, del 5.º Informe de Evaluación¹.

- **Adaptación frente al cambio climático:** proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos.
- **Cambio climático:** modificación del estado del clima identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad del clima atribuible a causas naturales. Véase también detección y atribución.
- **Capacidad de adaptación:** capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias.
- **Desarrollo sostenible:** desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987).
- **Desastre:** alteración grave del funcionamiento normal de una comunidad o una sociedad debido a fenómenos físicos peligrosos que interactúan con las condiciones sociales vulnerables, dando lugar a efectos humanos, materiales, económicos o ambientales adversos generalizados que requieren una respuesta inmediata a la emergencia para satisfacer las necesidades humanas esenciales, y que puede requerir apoyo externo para la recuperación.
- **Escenario de emisiones:** representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que podrían ser radiativamente activas (p. ej., gases de efecto invernadero y aerosoles), basada en un conjunto coherente de supuestos sobre los factores que las impulsan (p. ej., el desarrollo demográfico y socioeconómico, el cambio tecnológico, la energía y el uso del suelo) y las principales relaciones entre ellos. Los escenarios de concentraciones, obtenidos a partir de los escenarios de emisión, se introducen en un modelo climático para obtener proyecciones climáticas.

En el presente análisis se han seleccionado de la literatura publicada del IPCC las siguientes cuatro trayectorias de concentración representativas, elaboradas a partir de modelos de evaluación integrados como base para las predicciones climáticas y las proyecciones climáticas presentadas en GTI IE5 capítulos 11 a 14 (IPCC, 2014):

- **RCP 2,6:** trayectoria en la que el forzamiento radiativo alcanza el valor máximo a aproximadamente 3 W/m² antes de 2100 y posteriormente disminuye (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las emisiones sean constantes después de 2100).

¹ IPCC, 2014: Anexo II: Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141.

- **RCP 4,5 y RCP 6,0:** dos trayectorias de estabilización intermedias en las cuales el forzamiento radiativo se estabiliza a aproximadamente 4,5 W/m² y 6,0 W/m² después de 2100 (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las concentraciones sean constantes después de 2150).
- **RCP 8,5:** trayectoria alta para la cual el forzamiento radiativo alcanza valores >8,5 W/m² en 2100 y sigue aumentando durante un lapso de tiempo (la correspondiente trayectoria de concentración ampliada en el supuesto de que las emisiones sean constantes después de 2100 y las concentraciones sean constantes después de 2250).
- **Exposición: la presencia de personas;** medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.
- **Gestión de riesgos:** (*risk management*) planes, medidas o políticas aplicados para reducir la probabilidad o las consecuencias de los riesgos o para responder a sus consecuencias.
- **Impactos:** (consecuencias, resultados) efectos sobre los sistemas naturales y humanos. En el presente análisis, el término impactos se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios e infraestructuras debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos.
- **Modelo climático:** (en espectro o en jerarquía) (*climate model (spectrum or hierarchy)*) representación numérica del sistema climático basada en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, en sus interacciones y en sus procesos de retroalimentación, y que recoge todas o algunas de sus propiedades conocidas. El sistema climático se puede representar mediante modelos de diverso grado de complejidad; en otras palabras, para cada componente o conjunto de componentes es posible identificar un espectro o jerarquía de modelos que difieren en aspectos tales como el número de dimensiones espaciales, el grado en que aparecen representados explícitamente los procesos físicos, químicos o biológicos, o el grado de utilización de parametrizaciones empíricas. Los modelos de circulación general atmósfera-océano (MCGAO) acoplados proporcionan la más completa representación del sistema climático actualmente disponible.
- **Peligro:** acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, 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, ecosistemas y recursos ambientales. En el presente informe, el término peligro se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de este.
- **Proyección climática:** (*climate projection*) respuesta simulada del sistema climático a diversos escenarios de emisiones o de concentraciones futuras de gases de efecto invernadero y aerosoles, frecuentemente basada en simulaciones mediante modelos climáticos. Las proyecciones climáticas se diferencian de las predicciones climáticas por su dependencia del escenario de emisiones/concentraciones/forzamiento radiativo utilizado, basado en supuestos relativos, por ejemplo, a un devenir socioeconómico y tecnológico que puede o no materializarse.
- **Resiliencia:** (*resilience*) capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un fenómeno, tendencia o perturbación peligroso, respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conserven al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.
- **Riesgo:** consecuencias eventuales en situaciones en que algo de valor está en peligro y el desenlace es incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de fenómenos o tendencias peligrosos multiplicada por

los impactos en caso de que ocurran tales fenómenos o tendencias. En el presente informe, este término se suele utilizar para referirse a las posibilidades, cuando el resultado es incierto, de que ocurran consecuencias adversas para la vida; los medios de subsistencia; la salud; los ecosistemas y las especies; los bienes económicos, sociales y culturales; los servicios (incluidos los servicios ambientales) y la infraestructura.

- **Sensibilidad al cambio climático:** indica el grado de propensión al daño que presentan los sistemas expuesto. Es decir, informa sobre el conjunto de debilidades o incapacidades de los sistemas que hacen que un mismo evento pueda ser sentido con mayor intensidad.
- **Variabilidad climática:** denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa). Véase también cambio climático.
- **Vulnerabilidad:** La propensión o predisposición a verse adversamente afectada. La vulnerabilidad abarca una variedad de conceptos y elementos que incluyen sensibilidad o susceptibilidad al daño y falta de capacidad para enfrentar y adaptarse. Un amplio conjunto de factores, como la riqueza, el estatus social y el género, determinan la vulnerabilidad y la exposición al riesgo relacionado con el clima.



PRESENTACIÓN

El objetivo del estudio consiste en la identificación de medidas de adaptación frente al cambio climático en la isla de Santa Cruz (provincia de Galápagos, Ecuador) con base en un análisis de vulnerabilidad y riesgo climático sectorial y zonal, considerando las dimensiones ambiental, económica y social. Con ello se persigue un aumento final de la resiliencia insular ante eventos hidrometeorológicos extremos derivados del cambio climático y la variabilidad climática, facilitando la adecuada planeación para minimizar la vulnerabilidad y el riesgo final sobre las personas, su modo de vida y el medioambiente.

El estudio se enmarca en el **programa LAIF sobre Ciudades y Cambio Climático en América Latina**. Esta iniciativa de la Unión Europea, implementada por la AFD – Agencia Francesa de Desarrollo y CAF – Banco de Desarrollo de América Latina, tiene como objetivo la promoción de un desarrollo bajo en carbono y resiliente al cambio climático en las ciudades de los países de América Latina. A tal efecto, la definición y distribución espacial de zonas prioritarias de intervención y control, considerando la vulnerabilidad socioeconómica y ambiental frente a los conductores de cambio climático, sirve de apoyo a las acciones encaminadas a conseguir modelos territoriales resilientes, al manejo adecuado de los recursos y, en definitiva, al proceso de adaptación al cambio climático a nivel local e insular.

Los **objetivos específicos** del estudio fueron los siguientes:

- **Fortalecer las capacidades** locales de afrontar impactos negativos derivados de eventos hidrometeorológicos adversos en el contexto de cambio climático.
- **Contribuir al conocimiento sobre el cambio climático** y su influencia en la peligrosidad de fenómenos adversos para la elaboración de estrategias de prevención y preparación.
- **Desarrollar herramientas de apoyo a la toma de decisiones** fundamentadas en el conocimiento científico-técnico y en metodologías avaladas por los marcos institucionales de referencia internacional.
- **Identificar áreas geográficas y sectores de actividad altamente expuestos** a amenazas hidrometeorológicas y desarrollar los **indicadores de vulnerabilidad y riesgo actuales** y futuros asociados a los sistemas humanos y naturales del territorio insular.
- **Garantizar aproximaciones participativas** y adaptativas en la ejecución de la evaluación de la vulnerabilidad, integrando perspectivas, conocimientos y experiencias de científicos, tomadores de decisiones, gestores y actores claves en el ámbito insular.
- **Promover una concienciación comunitaria** sobre la importancia de preservar el valioso entorno insular de Galápagos y protegerlo de una forma sostenible.

El **Índice de Vulnerabilidad frente al Cambio Climático en la Isla de Santa Cruz de Galápagos** indica el nivel de susceptibilidad al daño o grado de incapacidad para hacer frente a fenómenos climáticos adversos sobre las personas, sus bienes o el medio ambiente en el horizonte temporal actual y futuro. Para alcanzar los resultados presentados, el estudio contó con los siguientes componentes base:

- Análisis de las **condiciones de exposición** frente a las amenazas hidrometeorológicas derivadas del cambio climático y la variabilidad climática, que inciden de manera específica en el contexto de peligrosidad de la isla de Santa Cruz.
- Análisis de las **causas y factores de sensibilidad socioeconómica y ambiental** que reflejan el grado de debilidad o la forma en que cada elemento expuesto puede verse afectado por un estímulo relacionado con el clima o la variabilidad climática, atendiendo a un enfoque social, económico y ambiental.
- **Estudio de la capacidad de adaptación** del territorio insular, que permite conocer las capacidades sociales, institucionales y territoriales para afrontar o aprovechar las oportunidades que brinda el cambio climático y para hacer frente a las consecuencias del mismo en la isla.

Figura 1. Vista de la Ciudad de Puerto Ayora.

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Cruz.

Base participativa del estudio

Buena parte del éxito del estudio realizado se basó en la valiosa participación local en las actividades de socialización, identificación, sensibilización y apropiación de resultados.

Todos los talleres presenciales contaron con la participación de numerosos representantes de entidades estatales, regionales y locales, entre ellas: *los servicios y áreas técnicas del Gobierno Autónomo Descentralizado - GAD Municipal de Santa Cruz de Galápagos, con sus diferentes unidades como de Gestión Ambiental, Planificación y Obras Públicas, entre otros departamentos; el Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos; Ministerio de Salud Pública; Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES); Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG); Coordinación Zonal Insular - Ministerio de Turismo (Mintur), Instituto Oceanográfico de la Armada (Inocar); Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG); Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG); Fondo para el Control de Especies Invasoras de Galápagos (FEIG); Consejo Cantonal de Protección Integral de Derechos de Santa Cruz (CCPID-SC); Policía Nacional, Cuerpo de Bomberos y Cruz Roja; WWF, Galápagos Islands - Ecology Project International (EPI); Conservación Internacional Ecuador (CI - ECUADOR); Fundación Charles Darwin; Petroecuador; instituciones académicas como la Universidad Central del Ecuador (UCE) y la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), así como diversas empresas privadas de consultoría técnica y medios de comunicación.*

Expresamos nuestro agradecimiento a su generosa y valiosa participación, que fue clave en las siguientes sesiones de trabajo del proyecto, que contaron con diversos **formatos participativos**:

- **Lanzamiento y apertura oficial del estudio** (febrero de 2019). El encuentro, celebrado en Puerto Ayora, permitió presentar los objetivos, el alcance y las metodologías previstas en el estudio. Se identificaron los actores locales, así como los puntos focales de las entidades colaboradoras.
- **Mesas de trabajo técnico.** En una primera reunión presencial (febrero de 2019) y tres posteriores no presenciales (vía webinar, entre febrero y mayo de 2019), estas mesas fueron claves para identificar y validar resultados preliminares, consensuar los siguientes pasos y definir estrategias de análisis participativo.
- **Taller presencial de validación de resultados del Índice de Vulnerabilidad** al Cambio Climático de la isla de Santa Cruz (junio, 2019). La apertura de espacios de diálogo abierto entre los actores claves invitados sobre los resultados presentados permitió derivar importantes insumos que se incorporaron en el estudio.

- **Taller presencial de priorización y caracterización de las medidas de adaptación** frente al cambio climático (junio de 2019). Con este esfuerzo de aportes multidisciplinares, fue posible identificar las prioridades y consensuar las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades de cada medida.
- **Taller presencial de validación de las medidas de adaptación** frente al cambio climático y presentación del Plan de Adaptación (octubre de 2019). Los insumos aportados por los actores clave invitados permitió confirmar la idoneidad de las medidas y reforzar su definición.
- **Evento de cierre oficial del estudio y entrega** de resultados del estudio al Gobierno Autónomo Municipal de Santa Cruz (noviembre de 2019).

Por último, vinculadas a los talleres, se desarrollaron sesiones presenciales de capacitación técnica sobre las temáticas de:

- **Cambio climático**
- **Vulnerabilidad y riesgo climático**
- **Modelos de desarrollo sostenible**
- **Construcción del Plan de Adaptación**

Además, una sesión de capacitación *online* sobre Metodología FICLIMA para la generación de escenarios locales de cambio climático.

Figura 2. Formación de Mesas de Trabajo Local



Fuente: FIC, 2019.

Identificación y priorización de factores de vulnerabilidad al cambio climático en el municipio de Santa Cruz. Centro de Información de Energía Renovable (Santa Cruz, 2019).

1

CONTEXTO



El proyecto se centra en la isla de Santa Cruz, ubicada en la provincia de Galápagos, una de las 24 provincias de la República de Ecuador. Este territorio, privilegiado por su biodiversidad y condiciones ambientales únicas, es uno de los espacios mejor conservados del mundo, reconocido a nivel internacional a través de la declaración de diversas figuras de protección, siendo la primera Reserva de la Biosfera declarada por la Unesco en 1985. También es Patrimonio Natural de la Humanidad, Santuario de Ballenas o Sitio Ramsar, entre otros. En el archipiélago de Galápagos, se registran un total de 7.145 especies de vertebrados, invertebrados y plantas, de las cuales el 32 % son endémicas².

La isla de Santa Cruz forma parte del archipiélago de Galápagos, conjunto de islas e islotes ubicados en el Pacífico Tropical Oriental, a unas 600 millas al oeste de la costa de Ecuador. La isla de Santa Cruz está situada en el área central del archipiélago y cuenta con una población de 15.701 habitantes (Censo de Población y Vivienda elaborado en 2015 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos), siendo el cantón más poblado del archipiélago (62,2 % de la población total). La isla de Santa Cruz se divide administrativamente en dos parroquias rurales, Bellavista y Santa Rosa, así como una parroquia urbana y cabecera cantonal, Puerto Ayora, en la que se concentra gran parte de la población de la isla. Santa Cruz es considerada a día de hoy la capital económica de la provincia, debido a su ubicación geográfica e infraestructuras; acoge gran parte de la alta actividad turística en la provincia y se articula como punto de conexión principal con otras islas pobladas.

Con una extensión de 986 km² y altitud máxima de 864 msnm, la isla de Santa Cruz está formada por dos componentes territoriales:

- Un componente biológico y ambiental, que está protegido bajo la figura del Parque Nacional Galápagos (ecosistema terrestre) y la Reserva Marina Galápagos (ecosistema marino).
- Un área colonizada (zonas urbanas y rurales), que acoge a su vez las actividades económico-productivas de la isla, principalmente representadas por los sectores de servicios y agropecuario.

Las áreas protegidas en el ecosistema terrestre cubren el 88,2 % del territorio de Santa Cruz y están caracterizadas por un extraordinario nivel de conservación, de un valor excepcional y alto interés turístico, derivando en un gran potencial económico. Las áreas colonizadas de la isla abarcan el restante 11,8 % de la superficie, de las cuales 192,2 ha están cubiertas por suelo urbano consolidado (que acoge a aproximadamente el 88 % de la población total de la isla) y 11.420 ha de área rural dedicadas a uso agropecuario y que, a su vez, acogen aproximadamente un 12 % de la población de la isla, principalmente en la parroquia de Bellavista.

El estudio del Índice de Vulnerabilidad, por tanto, requirió el estudio de una primera dimensión socioeconómica, centrada en los principales núcleos habitados de la isla, y una posterior, de carácter ambiental, que abarca las diferentes coberturas naturales y figuras de uso y gestión presentes en el conjunto del territorio insular.

En la dimensión socioeconómica se han considerado los asentamientos urbanos consolidados de la isla, concentrados en su mayoría en Puerto Ayora, junto con los centros urbanos de las parroquias rurales de Bellavista y Santa Rosa. Así mismo, el índice de vulnerabilidad da respuesta a la vulnerabilidad socioeconómica de las principales áreas de crecimiento demográfico que tienden a extenderse de manera muy visible hacia el norte de Puerto Ayora (barrio El Mirador) y el sur de Bellavista (barrios El Bosque, Miramar, Tomás de Berlanga y Parque Ecológico Artesanal).

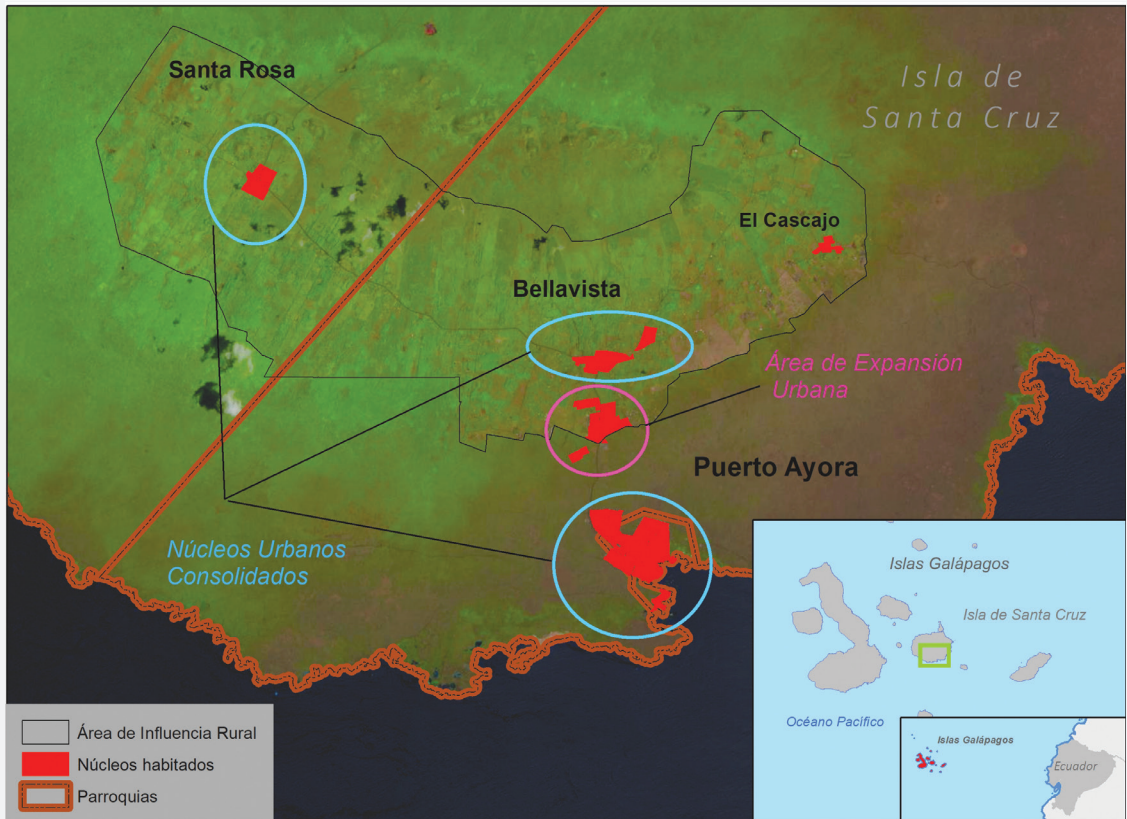
² Véase: <http://checklists.datazone.darwinfoundation.org>, Hickman, 2009, McCosker & Rosenblatt, 2010.

Figura 3. Ubicación general de la Isla de Santa Cruz



Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL, 2019.

Figura 4. Dimensión socioeconómica del estudio



Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

Santa Cruz está y estará sometida a alteraciones asociadas a los cambios del clima y sus efectos, que constituyen, sin duda, una problemática importante para la sociedad insular, su modelo de desarrollo y sus valores medioambientales, pudiendo convertirse en verdaderos retos y escollos que requieren superarse con miras a asegurar su desarrollo económico sostenible y la aplicación de conceptos como el “buen vivir”. La complejidad de la gestión de este territorio se ve reflejada también en las diferentes administraciones que reparten y deben coordinar entre sí las responsabilidades de gestión y ordenación de los recursos.

La Dirección del Parque Nacional de Galápagos (DPNG) es la entidad responsable de la administración y manejo de las dos áreas protegidas del archipiélago y que cuenta como herramienta base con el Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir 2014. Respecto a las áreas urbanas, el Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Cruz y GAD Parroquial de Santa Rosa y Bellavista son los responsables de atender a las necesidades de la población, para lo que cuentan con herramientas de gestión y ordenación como el Plan de Movilidad Sustentable de la isla de Santa Cruz 2014-2024, y el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial cantón de Santa Cruz 2012-2027.

Las actuaciones de los GAD quedan articulados con las competencias asumidas desde las entidades de Gobierno central (ministerios del Ambiente, de Turismo, de Sectores Estratégicos, de Defensa, del Interior, de Educación y de Salud Pública), y del Gobierno regional (Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, Agencia de Regulación y Control de Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos y Dirección Regional de Espacios Acuáticos de Galápagos), cuya presencia responde a necesidades paralelas de fortalecimiento institucional a nivel regional y que cuentan con herramientas de integración territorial como el Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos – Plan Galápagos 2016.

Autor imagen: Diego Delso



This file is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International

https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Costa_de_isla_Santa_Cruz_islas_Galápagos,_Ecuador,_2015-07-26,_DD_51.JPG

2

METODOLOGÍA

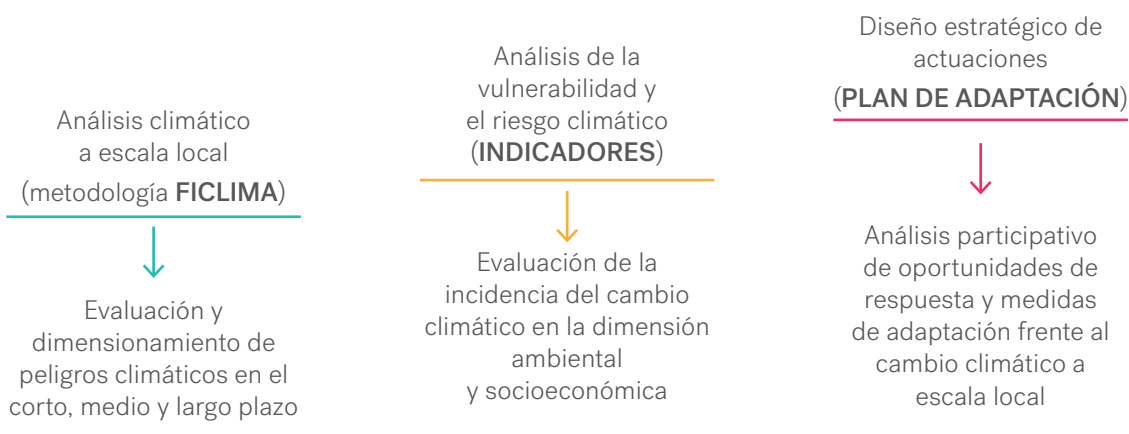


El objetivo general del estudio *Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático* es identificar y priorizar medidas concretas de adaptación frente al cambio climático en la isla de Santa Cruz (provincia de Galápagos), con base en un análisis de vulnerabilidad y riesgo climático por zonas, considerando para ello las dimensiones ambiental, económica y social. Este objetivo está asociado a la necesidad creciente de aumentar la resiliencia de la isla ante los eventos extremos del cambio climático y/o variabilidad climática, entre los que destacan las inundaciones fluviales y pluviales derivadas de lluvias intensas por fenómenos ENSO (por sus siglas en inglés “El Niño-*Southern Oscillation*”) y periodos de sequía meteorológica.

Para alcanzar el objetivo del estudio se han abordado tres fases necesarias para fortalecer su capacidad de adaptación al cambio climático, tal y como se indica a continuación:

- **Evaluar la incidencia del clima futuro en la ocurrencia e intensidad** de fenómenos hidrometeorológicos adversos, para lo que es necesario disponer de *escenarios locales de clima futuro*.
- **Evaluar el impacto** de ese clima futuro en cada uno de los sectores afectados.
- **Diseñar políticas de adaptación**, buscando minimizar los impactos negativos y aprovechar las oportunidades de adaptación.

Figura 5. Esquema del proceso



Fuente: FIC.

El presente estudio pretende en todo caso complementar el estado de conocimiento científico sobre cambio climático y riesgos naturales ya existente en la isla, ofreciendo la posibilidad de mejorar la comprensión sobre cómo varía la vulnerabilidad en el contexto de cambio climático y los motivos de dicha variación.

Es por ello que los primeros esfuerzos para la construcción de conocimiento se basaron en la determinación de la línea base científico-técnica del estudio, entendida como pilar indispensable sobre el cual fundamentar las decisiones posteriores del análisis.

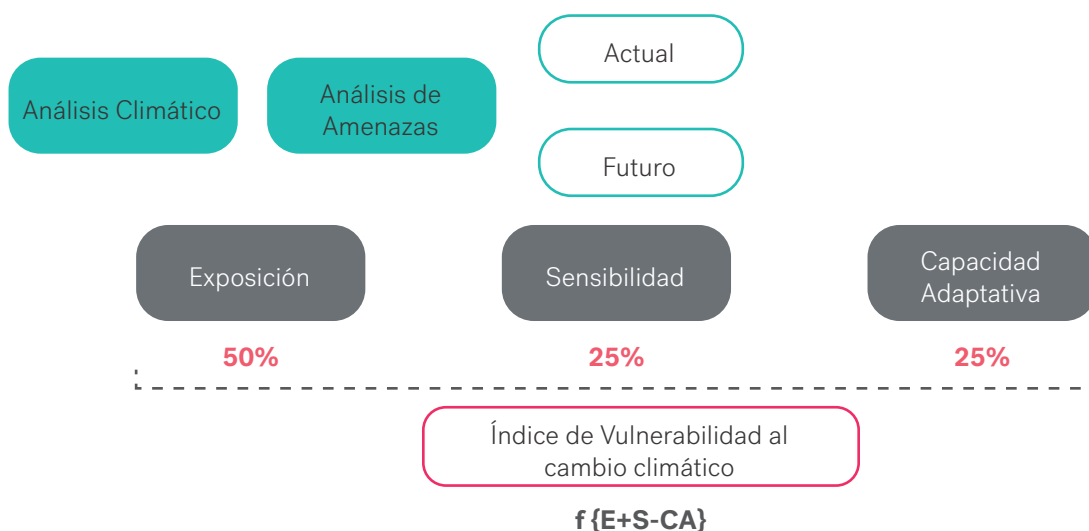
Una vez consolidada la comprensión de la línea base y alcance de las necesidades a cubrir en el área de estudio, se inició el proceso de levantamiento de información. Dicho proceso se estructuró en tres componentes técnicos (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación) que, finalmente, se convirtieron en los insumos necesarios para fundamentar las medidas concretas de adaptación al cambio climático en la isla de Santa Cruz.

Así, el índice de vulnerabilidad frente al cambio climático en la isla de Santa Cruz se basó inicialmente en el análisis de variables climáticas a escala local a través de la aplicación de metodologías de *downscaling* estadístico³ de alta robustez (FICLIMA⁴) sobre escenarios de cambio climático globales y regionales de carácter oficial.

El resultado del análisis climático y su variabilidad se empleó posteriormente para determinar la influencia, tendencia y peligrosidad actual y futura de las amenazas hidrometeorológicas prioritarias para el territorio insular.

La superposición de los mapas de peligro resultantes con los diversos activos potencialmente sensibles al clima en la dimensión social, económica y medioambiental determinó el indicador de exposición como primer componente del índice de vulnerabilidad, que posteriormente se integró con indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación al cambio climático bajo un enfoque participativo y de mejora adaptativa en el ámbito local.

Figura 6. Esquema general de las etapas principales del Índice de Vulnerabilidad



Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

En su expresión final, el Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (IVCC) puede definirse como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación.

Partiendo de estos estudios de vulnerabilidad, se identificaron 51 medidas de adaptación potenciales, entre las cuales se seleccionaron 10. Esta selección se realizó con base en la relevancia y urgencia otorgada por los actores claves que participaron en los talleres de priorización celebrados en Puerto Ayora en junio de 2019. Para la caracterización detallada de dichas medidas se aplicó un análisis FODA en talleres de trabajo grupal, donde participó un amplio número de actores clave. Así mismo, con el fin de configurar un Plan de Adaptación estructurado y jerarquizado, estas 10 medidas prioritarias fueron analizadas con mayor detalle bajo tres puntos de vista:

3 Técnica de reducción de escala o regionalización de las proyecciones de cambio climático. En el *downscaling* estadístico (Wilby et al., 2004; Imbert and Benestad 2005), los predictandos de alta resolución (las variables de superficie) se obtienen aplicando relaciones previamente identificadas en el clima observado entre estos predictandos y campos predictores de gran escala a las salidas de los GCM.

4 Ribalaygua, J., Torres, L., Pórtoles, J., Monjo, R., Gaitán, E., Pino, M.R., 2013. Description and validation of a two-step analog/regression downscaling method. *Theoretical and Applied Climatology*.

- Análisis de la *incidencia en el índice de vulnerabilidad* de cada medida, comprobando su grado de eficacia.
- Estudio del potencial de *financiamiento*.
- *Análisis multicriterio*, incorporando variables sociales, económicas, de factibilidad y el lineamiento de cada medida con potenciales programas de financiamiento y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS.

El resultado de estos análisis permitió avanzar en su jerarquización y realizar un agrupamiento de las medidas, sumando sinergias entre ellas, en cuatro programas de adaptación diferentes.



3

RESULTADOS
OBTENIDOS

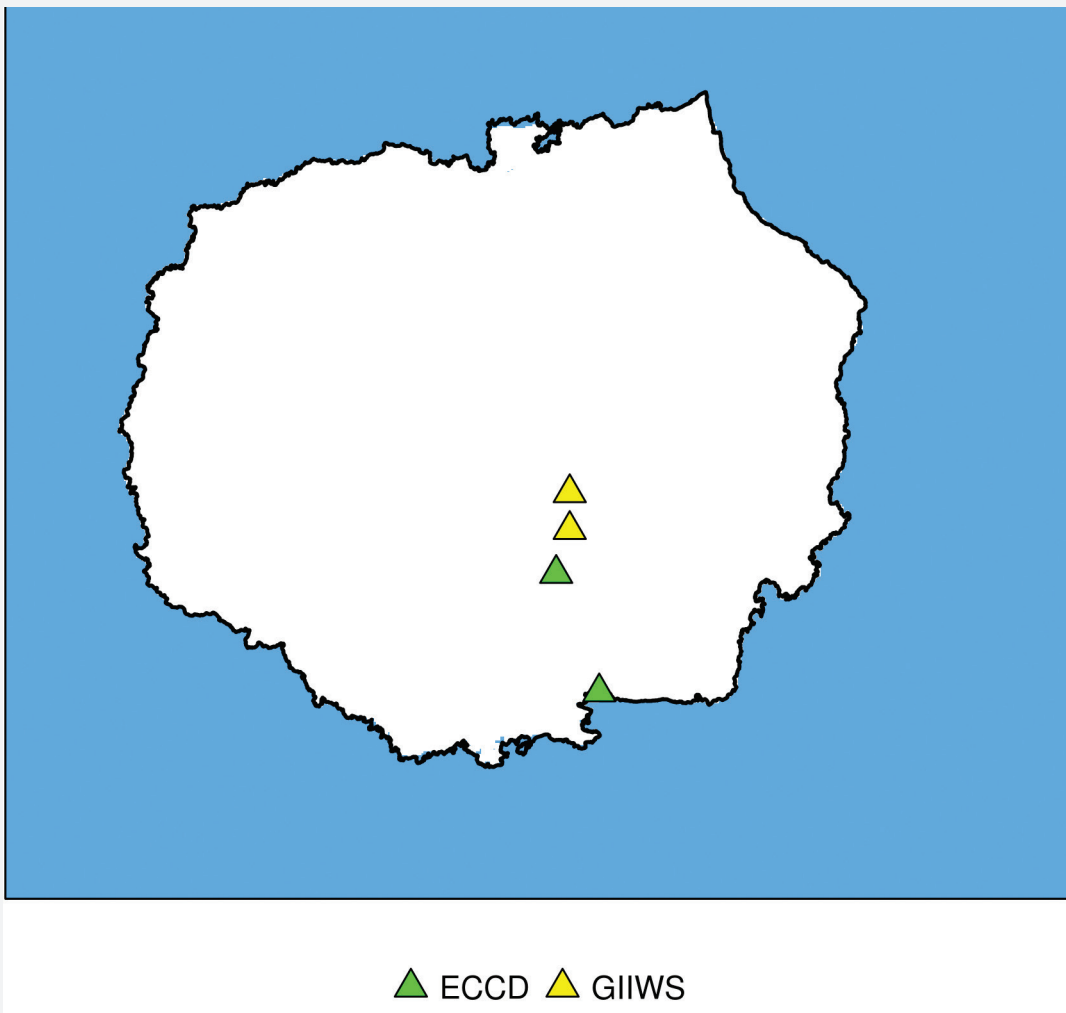
3.1. Información climática

Para la interpretación robusta del Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático es preciso estimar la vulnerabilidad con base en la información futura (variables climáticas), teniendo presente los niveles de incertidumbre de las proyecciones climáticas asociadas a eventos extremos.

3.1.1. Análisis climático histórico

Para la zona de estudio de Santa Cruz de Galápagos se contó con siete observatorios meteorológicos: dos estaciones del INAMHI, otras dos del proyecto Galápagos Islands Integrated Water Studies (GIWS) y tres estaciones privadas cuyos datos fueron facilitados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Figura 7. Ubicación de las estaciones



Fuente: FIC, 2019.

Los datos observados han pasado un estricto control de calidad para garantizar su adecuación en la generación de escenarios sin presentar ningún valor anómalo. Por lo tanto, son series de datos homogéneas y con la mayor cantidad de datos posible. Para ello, se han realizado dos procesos: uno de control de calidad y otro de homogenización. Las series han sido extendidas utilizando una metodología de *downscaling* estadístico y el reanálisis del Centro Europeo para Predicción a Corto y Medio Plazo⁵. En la siguiente tabla se recoge el nombre de cada observatorio, así como el organismo que los gestiona, junto con el número total de datos disponibles.

Tabla 1. Estaciones meteorológicas disponibles en Santa Cruz

Observatorio	Organismo	Precipitación		Temperatura	
		Periodo	N.º de datos	Periodo	N.º de datos
Puerto Ayora	INAMHI	1965-2018	19.723	1976-2018	19.558
Bellavista	INAMHI	1987-2018	10.942	2011-2018	10.886
Media Luna	GIWS	2010-2017	1.454	2011-2018	1.454
Villacís	GIWS	2010-2016	882	2011-2018	882
Finca Miconia	MAG		724		724
Casa Miranda	MAG	2016-2018	Mensual	2016-2018	Mensual
Estación Cerro	MAG	2016-2017	Mensual	2016-2017	Mensual

Fuente: FIC, 2019.

3.1.2. Proyecciones futuras

Se analizaron 10 modelos climáticos para dos escenarios de emisiones: RCP 4,5 y RCP 8,5. La combinación de modelos utilizados y escenarios disponibles para cada uno de ellos ofrece un abanico de posibilidades compuesto por 20 evoluciones de clima futuro que predice variaciones de temperatura y precipitación en sus valores máximos, mínimos y medios.

Los modelos climáticos más utilizados por los distintos centros de investigación son los Modelos de Sistema Terrestre (MST – en inglés, *Earth System Models* ESM). Estos modelos consideran un conjunto de ecuaciones que describen los procesos que tienen lugar dentro y entre la atmósfera, el océano, la criosfera y la biosfera marina y terrestre. A continuación, se muestran los modelos climáticos usados en el estudio.

⁵ Un reanálisis atmosférico es un método sistemático para producir conjuntos de datos para la vigilancia y la investigación del clima. Los reanálisis se crean mediante un esquema de asimilación de datos inalterables ("congelados") y modelos que ingieren todas las observaciones disponibles cada 6-12 horas durante el período analizado. Este marco invariable proporciona una estimación dinámica y coherente del estado del clima en cada etapa temporal. ERA-Interim es un reanálisis atmosférico global que está disponible desde el 1 de enero de 1979 hasta el 31 de agosto de 2019 y que es generado por el Centro Europeo de Medio y Largo Plazo (ECMWF). Su resolución espacial es de aproximadamente 80 Km con 60 niveles en la vertical.

Tabla 2. Listado de modelos climáticos

Modelo climático	Resolución espacial	Centro de investigación	Referencias
GFDL-ESM2M	2°x2,5° daily	National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), EE.UU.	Dunne <i>et al.</i> (2012)
CanESM2	2,8°x2,8° daily	Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (CC-CMA), Canadá	Chylek <i>et al.</i> (2011)
CNRM-CM5	1,4°x1,4° daily	CNRM (Centre National de Recherches Météorologiques), Météo-France, Francia	Voltaire <i>et al.</i> (2013)
BCC-CSM1-1	1,4°x1,4° daily	Beijing Climate Center (BCC), China Meteorological Administration, China	Xiao-Ge <i>et al.</i> (2013)
HADGEM2-CC	1,87°x1,25° daily	Met Office Hadley Center, Reino Unido	Collins <i>et al.</i> (2008)
MIROC-ESM-CHEM	2,8°x2,8° daily	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Atmosphere and Ocean Research Institute (AORI), and National Institute for Environmental Studies (NIES), Japón	Watanabe <i>et al.</i> (2011)
MPI-ESM-MR	1,8°x1,8° daily	Max-Planck Institute for Meteorology (MPI-M), Alemania	Raddatz <i>et al.</i> (2007)
MRI-CGCM3	1,2°x1,2° daily	Meteorological Research Institute (MRI), Japón	Yukimoto <i>et al.</i> (2011)
NorESM1-M	2,5°x1,9° daily	Norwegian Climate Centre (NCC), Noruega	Bentsen <i>et al.</i> (2012)

Fuente: FIC, 2019.

Escenarios de clima futuro (proyecciones climáticas)

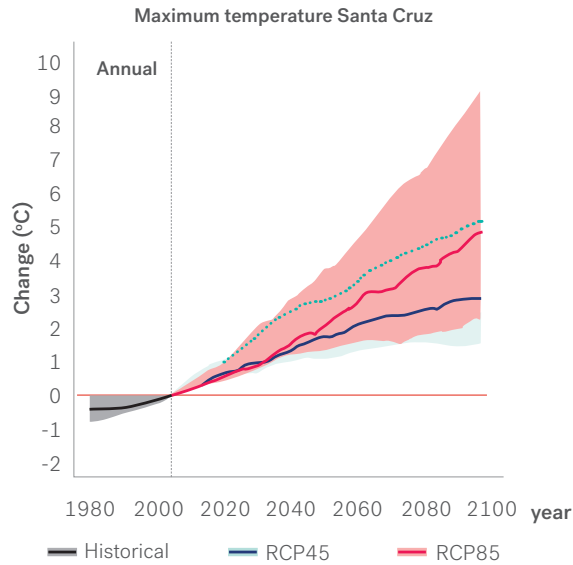
Para la generación de escenarios de clima futuro se ha empleado la metodología de *downscaling* estadístico desarrollada por la Fundación para la Investigación del Clima (FICLIMA), que consiste en un método en dos pasos:

- El primer paso es una estratificación análogica (es decir, una selección de análogos).
- En un segundo paso se establecen relaciones predictor-predictando, trabajando en esa población de análogos. Las relaciones predictor-predictando se establecen en función de la variable a simular.

En el caso de la temperatura se realiza una regresión lineal múltiple, y en el caso de la precipitación se realiza un tratamiento estadístico de los datos.

1. Escenarios de temperatura máxima

Figura 8. Gráfico anual de incrementos esperados de temperatura máxima para el siglo XXI

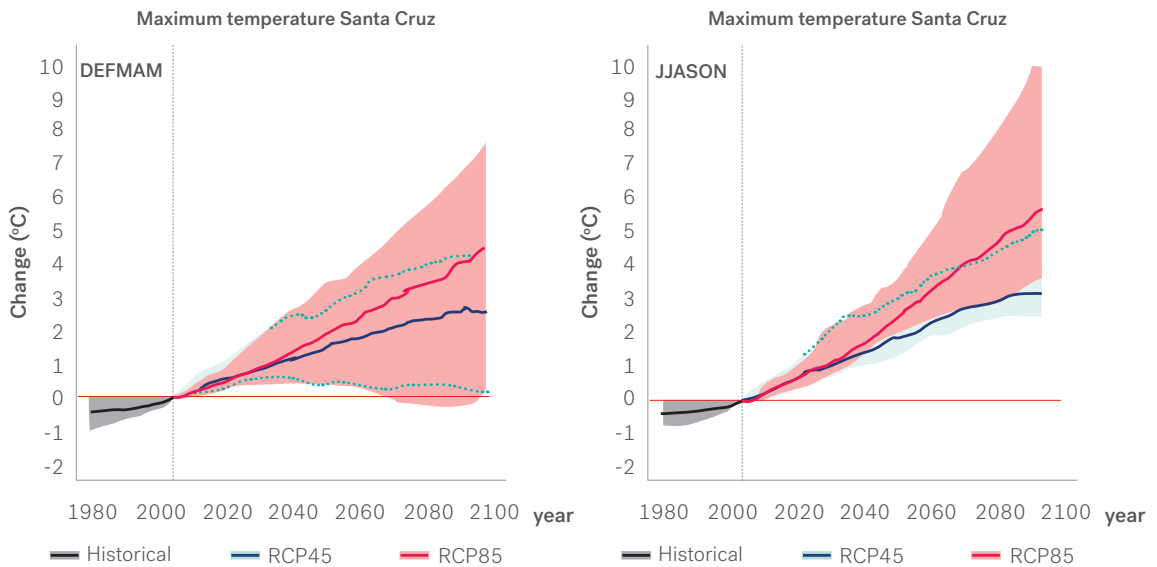


Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

Los escenarios de clima futuro muestran un ascenso progresivo de las temperaturas anuales máximas a lo largo de todo el siglo XXI. Los valores anuales medios esperados a finales de siglo en las diferentes estaciones de la isla varían entre 3 °C (RCP 4,5) y 5 °C (RCP 8,5).

Estos incrementos pueden oscilar según el modelo climático considerado, bajo el escenario RCP 4,5, entre valores que van desde los 1,8 °C a los 5,1 °C, y entre 2 °C y 9 °C bajo condiciones del escenario RCP 8,5.

Figura 9. Incrementos esperados de la temperatura máxima para el siglo XXI

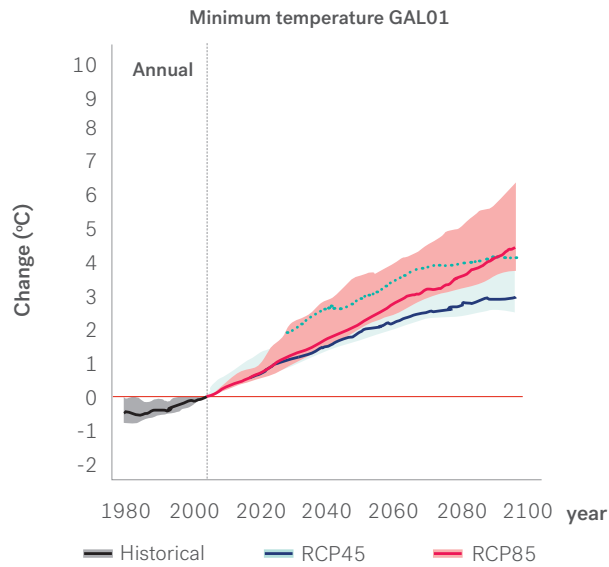


Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

La figura presenta la evolución de la temperatura máxima desde 1980 a 2100 en dos grupos: (i) diciembre a mayo (izquierda), y (ii) junio a noviembre (derecha). Lo anterior permite observar los máximos de temperatura por épocas del año. Se observa cómo, para el periodo de diciembre a mayo, los ascensos de temperatura máxima se espera que sean menos acusados (valores medios entre 2,8 y 4,7 °C según RCP 4,5 y RCP 8,5, respectivamente) que aquellos esperados para los meses de junio a noviembre (valores medios entre 3,2 y 6 °C según RCP 4,5 y RCP 8,5, respectivamente).

2. Escenarios de temperatura mínima

Figura 10. Incrementos anuales esperados de la temperatura mínima para el siglo XXI



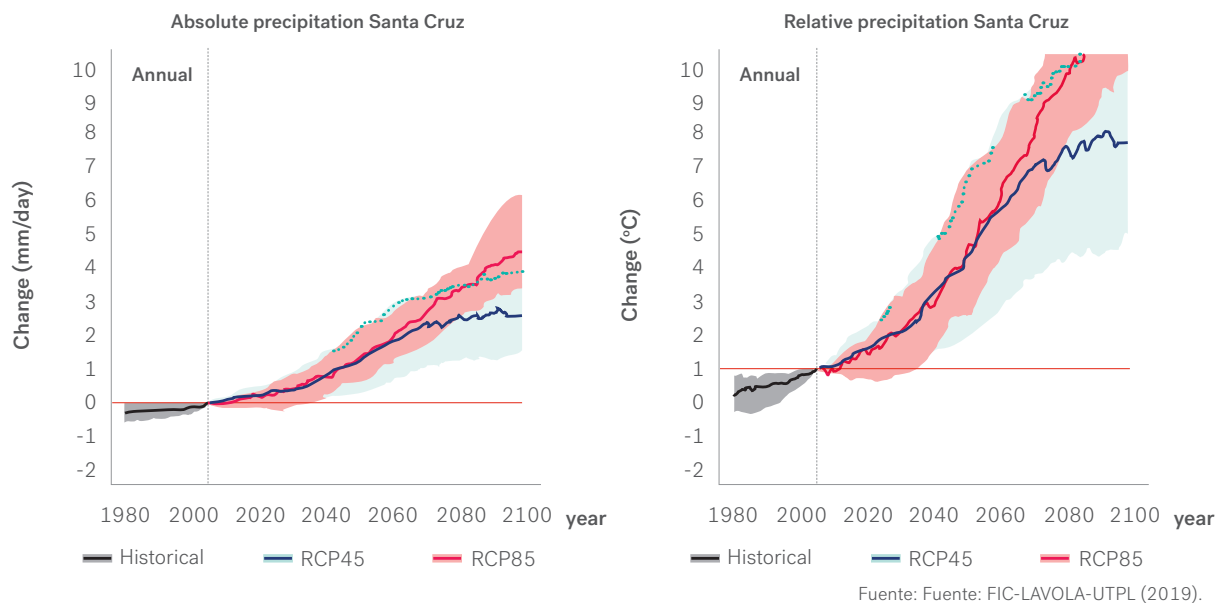
Fuente: Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

Estos escenarios están representados como medias móviles de 30 años, según los RCP considerados (4,5 y 8,5) con respecto al promedio del periodo 1971-2000 (tomado como referencia).

En el caso de la temperatura anual mínima, se aprecia una tendencia similar a la que se obtuvo en la simulación de la temperatura máxima, con incrementos muy similares. Los valores anuales medios esperados, considerando toda la isla, varían entre 3 °C (RCP 4,5) y 5 °C (RCP 8,5) a finales del siglo XXI. Estos incrementos pueden oscilar, bajo el escenario RCP 4,5, entre valores que van desde los 1,5 °C a los 5,2 °C, según el modelo climático considerado, y entre 2,1 °C y 9,1 °C, según el modelo climático bajo condiciones del RCP 8,5.

3. Escenarios de precipitación

Figura 11. Incrementos anuales esperados



Incrementos absolutos anuales esperados para la precipitación durante la época húmeda para el siglo XXI, representados como medias móviles de 30 años, según los RCP analizados (4,5 y 8,5) con respecto al promedio del periodo 1971-2000 (tomado como referencia). La línea discontinua marca el fin del experimento Historical y el comienzo de los RCP. Las líneas muestran la mediana de todos los valores; las sombras cubren desde el percentil 10 hasta el 90.

Se espera que la precipitación anual media diaria ascienda entre un 90 y un 140 % a finales del siglo XXI, según el RCP 4,5 y RCP 8,5, respectivamente. Estos incrementos de precipitación suponen una variación de en torno a 2,5 y 4,5 mm/día, respectivamente.

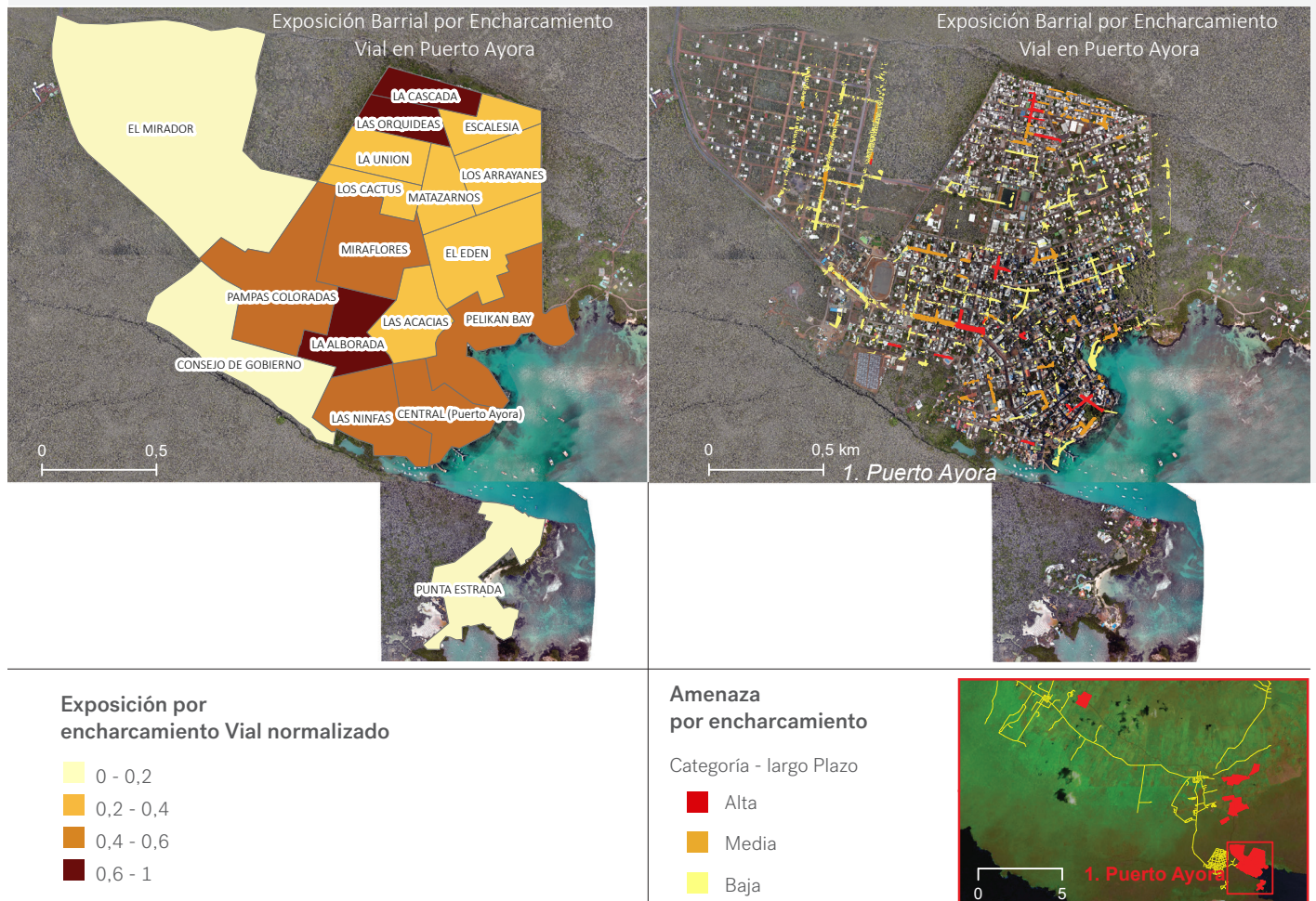
3.2. Amenazas hidrometeorológicas estudiadas

Con base en criterio experto y a la información recabada sobre la percepción de amenazas en los talleres de socialización, se seleccionaron las amenazas más relevantes asociadas a cambio climático en Santa Cruz:

3.2.1. Amenaza por inundaciones pluviales (encharcamiento vial)

Puerto Ayora se ve afectada seriamente por inundaciones pluviales procedentes directamente del agua de lluvia, dado que estas no pueden ser evacuadas y se acumulan sobre las vías asfaltadas. Estos sucesos afectan a varios puntos de Puerto Ayora, con frecuencia causan alteraciones en la movilidad de la ciudadanía y, en algunas ocasiones, terminan por afectar gravemente viviendas habitadas del interior urbano. Las manchas de inundación fueron obtenidas a través de modelación hidráulica IBER, considerando calado y velocidad de la lámina de agua para eventos con un periodo de retorno de 100 años.

Las áreas con mayor nivel de peligro asociado coinciden con la Avenida Padre Julio Herrera y Av. Baltra, vías de acceso principal situadas al suroeste; Calle Petrel y José Joaquín de Olmedo, en el sector más central; Avenida Charles Darwin, Enrique Fuentes o Islas Plaza, en la zona más costera; y varios tramos viales de los barrios de Las Orquídeas o La Cascada en el extremo noreste de Puerto Ayora, donde además, recientemente, se han registrado viviendas gravemente inundadas por eventos de magnitud asociada considerable.

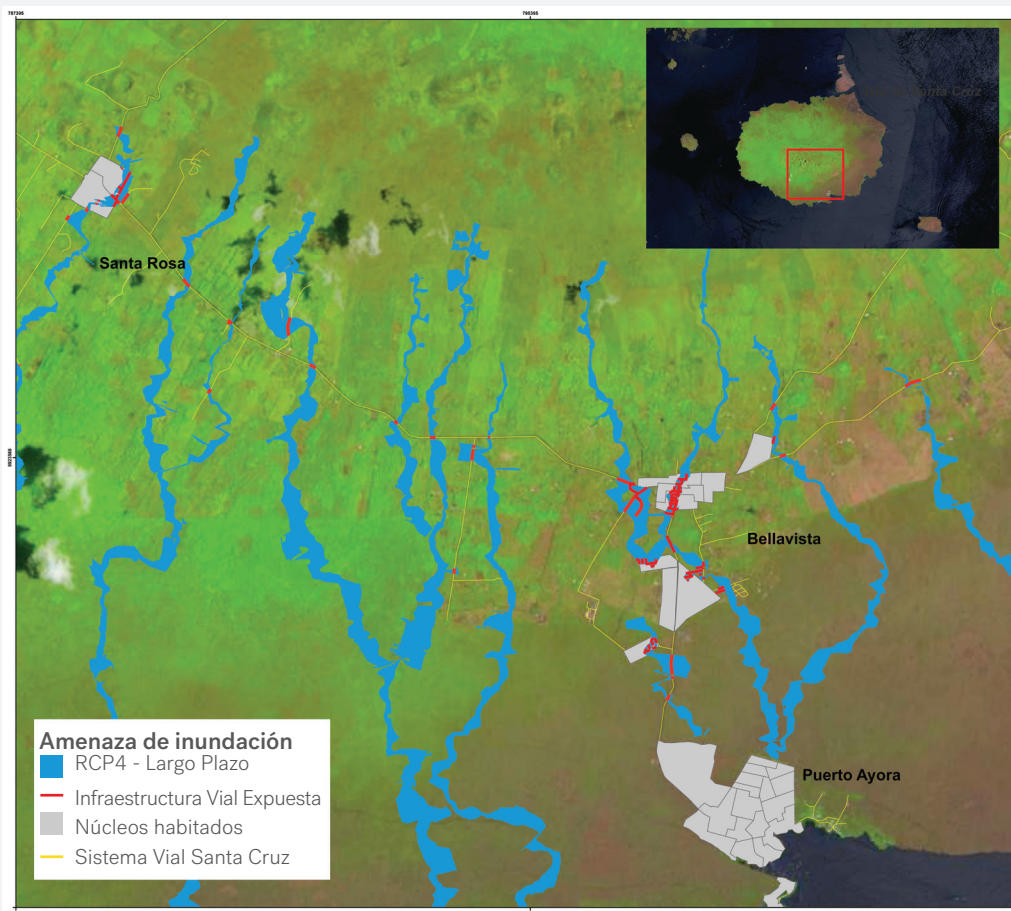
Figura 12. Mapa de amenaza por inundación pluvial o encharcamiento vial en Puerto Ayora

Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

*Nota** Se obtuvo el porcentaje de superficie vial expuesta a inundaciones por encharcamiento para cada barrio y para cada categoría de amenaza de inundación (baja, media y alta). El indicador de exposición barrial fue calculado a través de la suma ponderada de las tres categorías obtenidas, considerando factores de ponderación. Finalmente, los resultados fueron normalizados a valores comprendidos entre 0 y 1 en forma de tasa.

3.2.2. Amenaza por inundaciones fluviales (escorrentías)

En la actualidad, una gran cantidad de los eventos hidrometeorológicos peligrosos que ocurren en Santa Cruz corresponden a inundaciones fluviales derivadas de escorrentías por lluvias torrenciales. Las inundaciones derivadas de escorrentías tienen incidencia sobre el sector rural y urbano de Bellavista y Santa Rosa. Dichas escorrentías tienden a ser problemáticas en la actualidad para la infraestructura vial principal y urbana de la isla, causan problemas en la movilidad vial y ponen en peligro activos materiales y económico-productivos, sobre todo como consecuencia de la pérdida de cultivos que quedan altamente afectados por el paso de grandes volúmenes de agua. En el presente estudio se ha abordado un análisis de la amenaza por escorrentías a través de modelización hidráulica con el programa computacional HEC-RAS para el corto, medio y largo plazo, considerando un periodo de retorno de 100 años para las cuencas del sur de Santa Cruz, con incidencia directa en el sector habitado de la isla.

Figura 13. Mapa de exposición urbana y vial por inundación fluvial T 100 años (largo plazo)

Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

De acuerdo con la mancha de inundación generada, las zonas urbanas más afectadas son los barrios más centrales de Bellavista y El Bosque, Tomás de Berlanga o el Parque Ecológico Artesanal, en su área de crecimiento poblacional. Los incrementos previstos en el número de personas y hogares expuestos a inundaciones fluviales son del 30 % en el largo plazo respecto a la situación prevista en el corto plazo, según se recoge en la tabla siguiente. Además, tal y como se muestra en la figura anterior, más de 6,5 km de viales urbanos están expuestos a inundaciones sobre los núcleos urbanos de Bellavista y extremo este de Santa Rosa. Así mismo, que determinados tramos del sistema vial principal de Santa Cruz, que conecta los diferentes núcleos habitados de la isla, también pueden resultar afectados por episodios de inundación, lo que puede comprometer la movilidad de la población de la isla y de la actividad turística en general.

Tabla 3. Resumen de la población y hogares expuestos a inundaciones a nivel parroquial

		Resultados para Puerto Ayora	Resultados para Bellavista	Resultados para Santa Rosa	TOTAL
CORTO PLAZO	Personas expuestas	0	312	3	315
	Hogares expuestos	0	142	2	146
MEDIO PLAZO	Personas expuestas	0	330	6	336
	Hogares expuestos	0	163	4	167
LARGO PLAZO	Personas expuestas	0	398	9	407
	Hogares expuestos	0	225	6	231

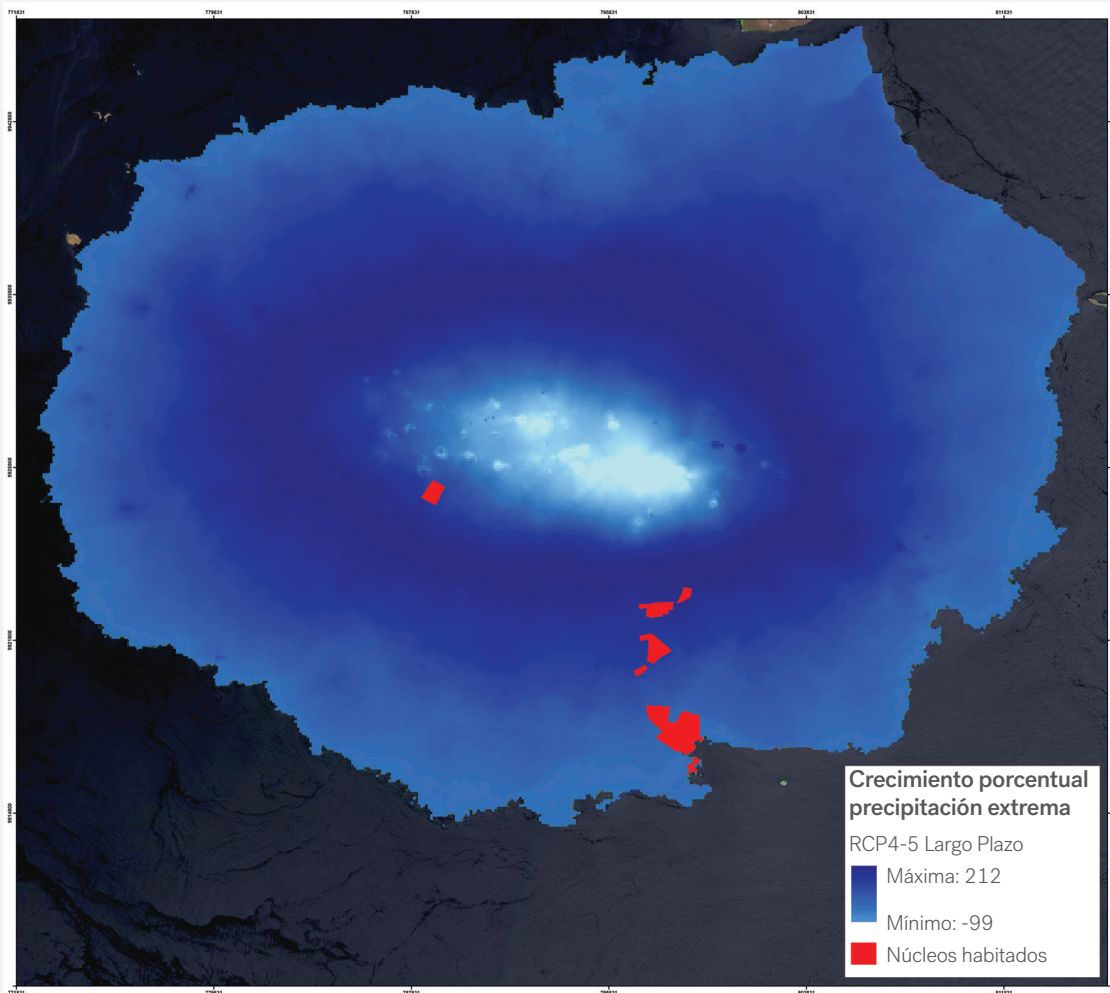
Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

3.2.3. Amenaza por aumento de precipitaciones extremas

La propia definición de *precipitación extrema* como “el percentil 99 con respecto a la precipitación histórica” determina que estos eventos, aunque relativamente poco usuales, ocurran entre tres y cuatro veces al año. En el escenario más desfavorable se pronostica que los eventos podrían ocurrir en torno a tres veces más, lo que supondría crecimientos del 212 % de máxima respecto a la situación actual.

El aumento de los días con precipitación extrema presenta crecimientos porcentuales más elevados para la franja altitudinal media de la isla de Santa Cruz, presentando una tendencia descendente hacia las áreas más altas y más bajas de la isla. Los valores mínimos se alcanzan en las zonas más elevadas, donde el escenario RCP 4,5 para el largo plazo (2040-2100) pronostica estabilidad respecto a la situación actual. A nivel urbano, el conjunto de núcleos consolidados de Bellavista se ubica sobre la zona con pronóstico de mayor cambio. Mientras, los núcleos de Puerto Ayora y Santa Rosa se ubican sobre áreas de cambio importantes, pero más moderadas (franjas de valor 0,75 situadas al sur y norte de la zona de mayor cambio).

Figura 14. Indicador de exposición aumento días precipitación extrema (RCP 4,5-largo plazo)



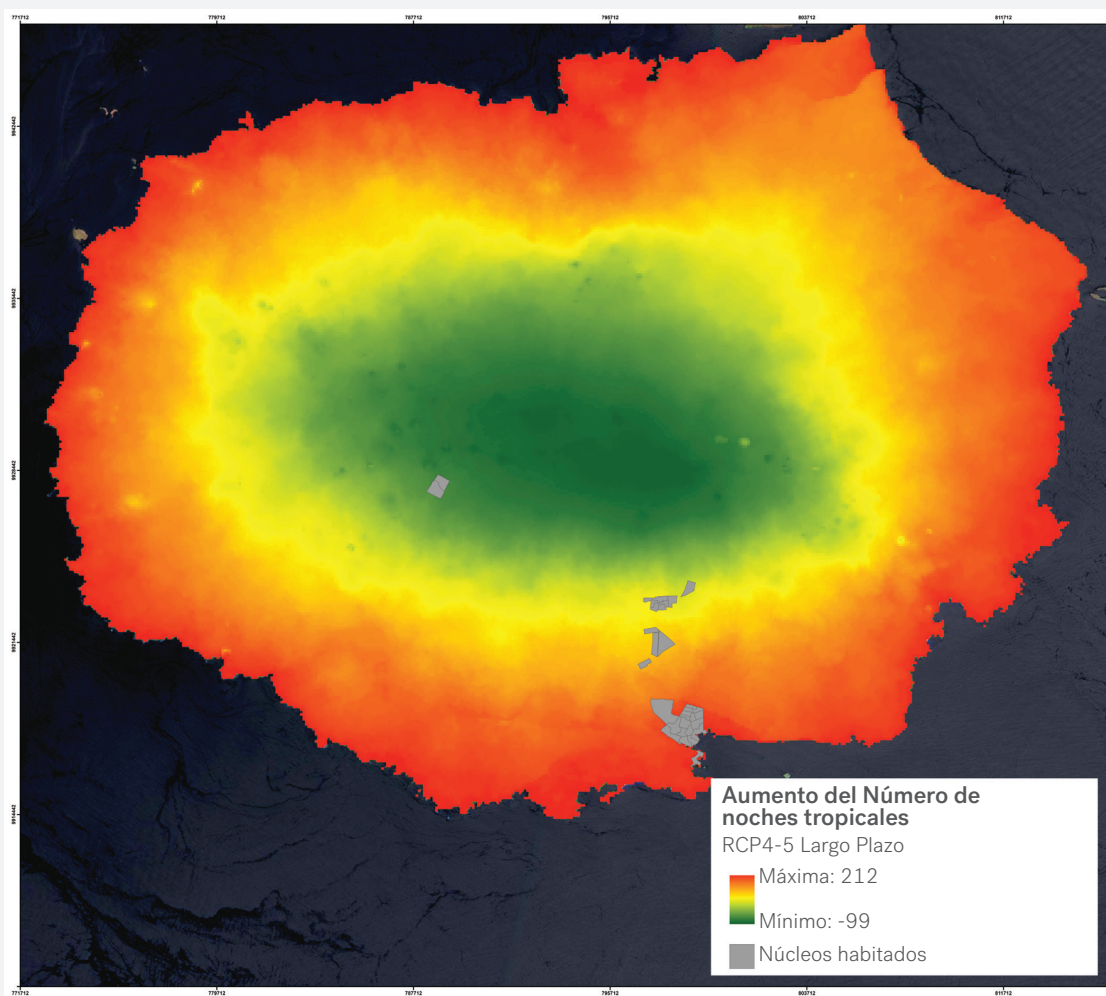
Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

3.2.4. Amenaza por aumento de noches tropicales

El aumento de noches cálidas presenta valores más elevados para la franja altitudinal más baja de la isla de Santa Cruz, mostrando una tendencia descendente hacia las áreas más elevadas. La distribución de la variable pronostica estabilidad en la zona alta respecto a la situación actual para el escenario RCP 4,5 en el largo plazo (2040-2100).

A nivel urbano, Puerto Ayora se sitúa sobre la franja donde se prevén mayores aumentos y, por lo tanto, esta zona urbana presentaría mayor exposición final al aumento del número de noches cálidas. Una excepción a esta situación se encuentra en el barrio El Mirador, situado en la franja de exposición inmediatamente inferior (rango de 0,75). En esta tendencia descendente, también el conjunto de núcleos habitados de Bellavista se ubica sobre la zona con pronóstico medio de aumento (rango de 0,5) y los barrios del núcleo urbano de Santa Rosa se ubican sobre la franja donde el aumento de noches cálidas es menor (rango de 0,25).

Figura 15. Amenaza climática por aumento del número de noches tropicales a largo plazo



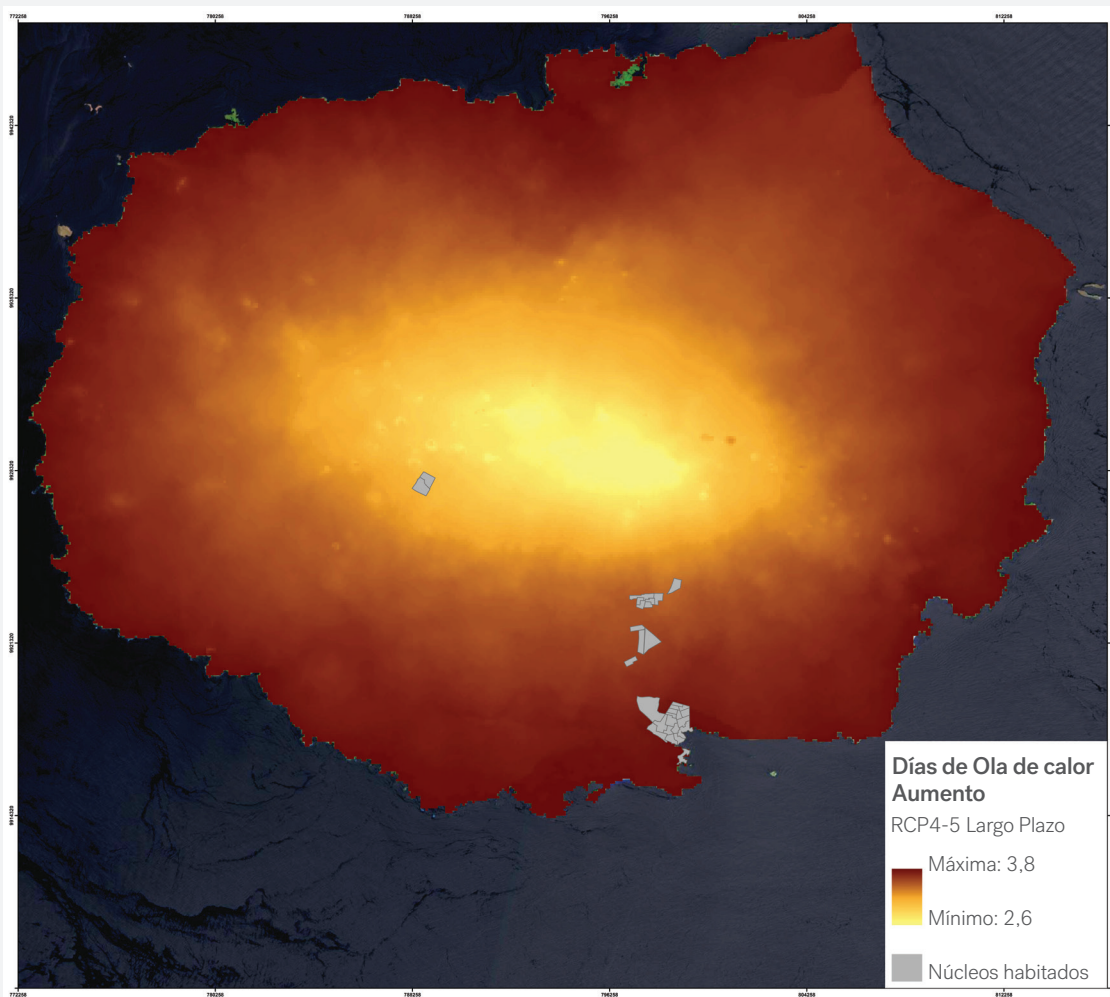
Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

3.2.5. Amenaza por aumento del número de días de ola de calor

El incremento de días de olas de calor presenta valores más elevados para la franja altitudinal más baja de la isla de Santa Cruz, indicando una tendencia descendente en las áreas más elevadas. La distribución de la variable pronostica cambios moderados en la zona alta respecto a la situación actual, y sucesivamente más altos a medida que se desciende, llegando a aumentar en casi cuatro días la duración media de la ola de calor para el escenario RCP 4,5 en el largo plazo (2040-2100) en las partes más bajas.

A nivel urbano, los principales núcleos habitados de Puerto Ayora y Bellavista se sitúan sobre la franja donde se prevén mayores aumentos y, por lo tanto, se presentaría mayor exposición final al aumento del número de días de ola de calor. Mientras tanto, los barrios del núcleo urbano de Santa Rosa se ubican sobre la franja donde el aumento de días de ola de calor será más moderado (rango de 0,65).

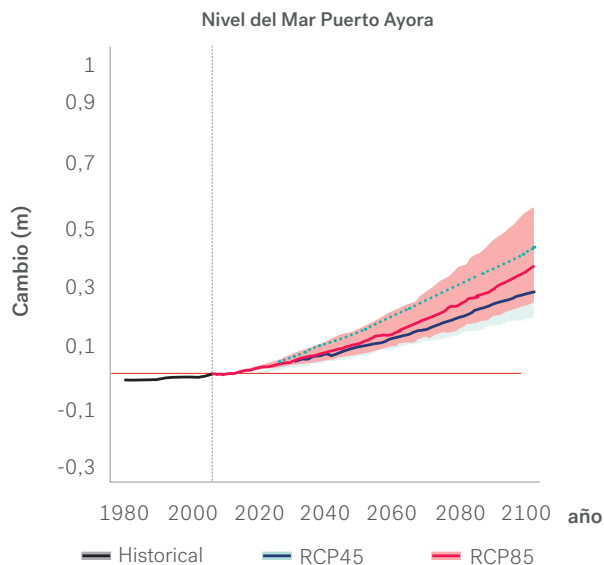
Figura 16. Indicador de amenaza por aumento de días de ola de calor (RCP 4,5-largo plazo)



Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

3.2.6. Amenaza por aumento del nivel del mar

Figura 17. Proyecciones de subida del nivel del mar en Puerto Ayora para todo el siglo XXI



Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

Los rangos de cambio previstos en la altura de nivel medio del mar en la isla de Santa Cruz son algo menores que los previstos como media a nivel mundial (en torno a 50 cm a final de siglo). Los valores medios proyectados a finales de siglo se aproximan a 30 cm para el escenario RCP 4,5, que podrían venir acompañados de subidas del nivel del mar derivadas de la ocurrencia de fenómenos ENSO de hasta 35 cm.

El aumento del nivel del mar tendrá incidencia potencial sobre las áreas y ecosistemas costeros de la isla, tales como bahías, playas y manglares, pudiendo llegar a impactar sobre su infraestructura portuaria a finales de siglo.

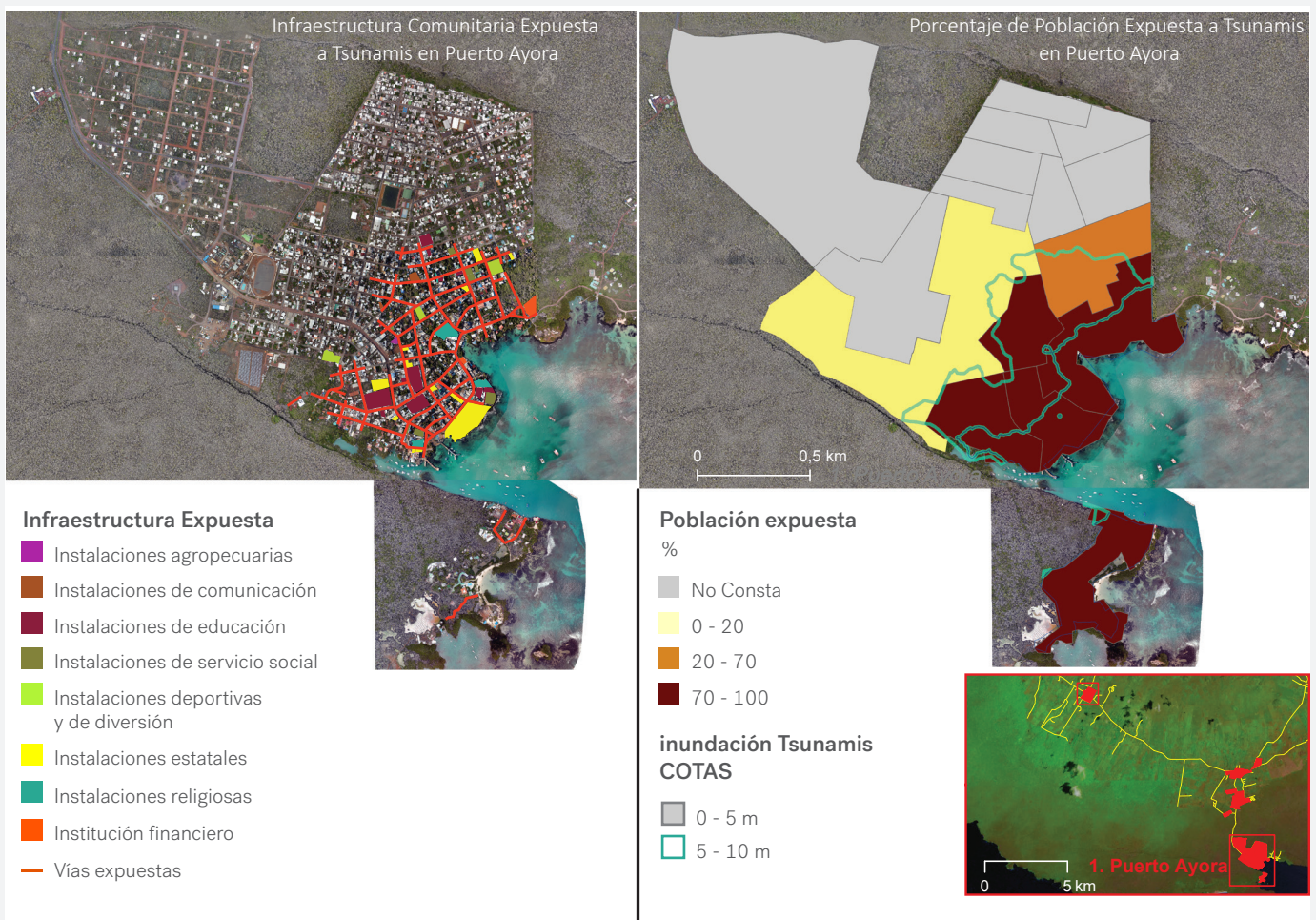
3.3. Amenazas no hidrometeorológicas estudiadas

La isla de Santa Cruz puede quedar sometida a la ocurrencia de eventos no hidrometeorológicos, tales como tsunamis o hundimientos geológicos del terreno, los que podrían tener repercusiones de alto daño previsible para sus habitantes y modelo de desarrollo socioeconómico. Es por ello que su análisis presenta una importante relevancia, a pesar de que su tipología no sea dependiente de las variaciones climáticas.

3.3.1. Amenaza por tsunamis

Debido a su ubicación geográfica, las islas Galápagos se encuentran en un alto nivel de exposición a los tsunamis que se originan en el océano Pacífico. A pesar de no tener una fuente cercana para la generación de sismo-tsunamis, su localización hace que se encuentre en el paso obligado de los tsunamis que transitan por este océano. En Puerto Ayora, un total de 2.415 personas se encuentran expuestas a amenaza por tsunamis (cota 0-10 m) (imagen derecha del mapa). Los barrios costeros de Puerto Ayora (Central, Pelikan Bay y Las Ninfas) presentan porcentajes de población expuesta por encima del 70 %, llegando al 100 % de población expuesta en el barrio de Punta Estrada. En lo que respecta a la infraestructura, un total de 11 km de viales y casi 40 instalaciones urbanas públicas y privadas pueden quedar expuestas a la ocurrencia de un evento de tsunami sobre la costa de Puerto Ayora (imagen izquierda del mapa).

Figura 18. Infraestructura y personas expuestas a eventos de tsunamis en Puerto Ayora



3.3.2. Amenaza por hundimiento por presencia de túneles de lava y grietas

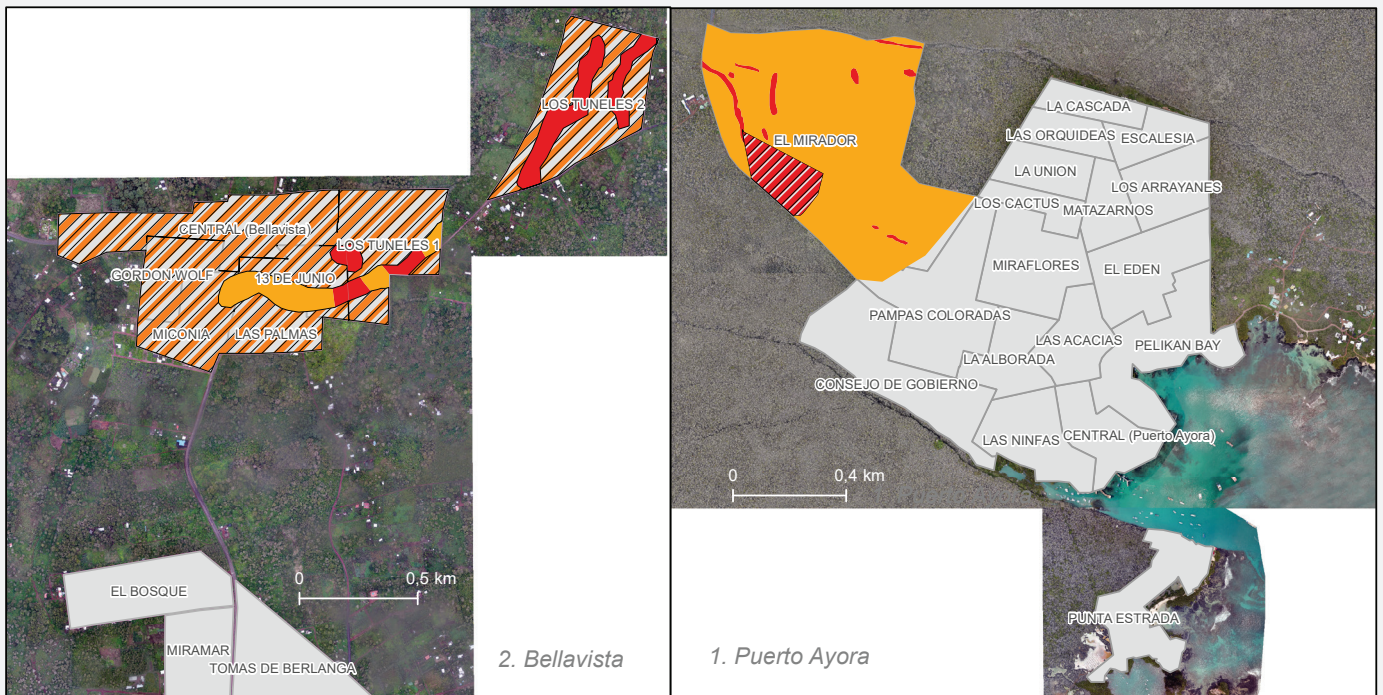
Aproximadamente el 90 % de los bloques construidos en el barrio El Mirador se ubican sobre áreas con niveles de peligrosidad por hundimiento altos o muy altos sin incertidumbre. Esto supone que más de 300 bloques están construidos sobre áreas expuestas a hundimientos previsiblemente. Cabe mencionar, además, que El Mirador es un área de potencial expansión poblacional de Puerto Ayora, con tendencia al incremento demográfico en escenarios futuros. Respecto a los barrios de Bellavista, destacan los valores de exposición de los barrios Los Túneles 2 y 13 de Junio, con porcentajes de bloques expuestos a niveles de peligrosidad alta o muy alta sin incertidumbre en torno al 30 %. Los barrios de Los Túneles 1 o Las Palmas presentan valores más moderados, en torno al 20 % de los bloques expuestos y, por último, el barrio de Miconia, con el 9 % de los bloques expuestos.

Tabla 4. Número y porcentaje de bloques expuestos a hundimientos geológicos a nivel barrial

Barrio	N.º bloques expuestos	% respecto al total bloques	Barrio	N.º bloques expuestos	% respecto al total bloques
Mirador	358	91	13 de Junio	31	31,6
Miconia	17	9	Los Túneles 1	20	23
Las Palmas	25	25	Los Túneles 2	17	28

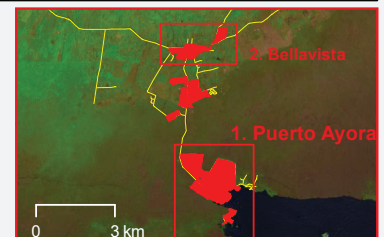
Fuente: FIC, 2019.

Figura 19. Nivel de peligrosidad por hundimiento derivado de grietas y túneles de lava



Amenaza por hundimiento Nivel de Peligrosidad

- Muy Alta sin incertidumbre
- Muy Alta con incertidumbre
- Alta sin incertidumbre
- Alta con incertidumbre



Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019), a partir de datos del estudio ESPOL-TECH EP (2019).

3.4 Indicadores para el cálculo de la vulnerabilidad

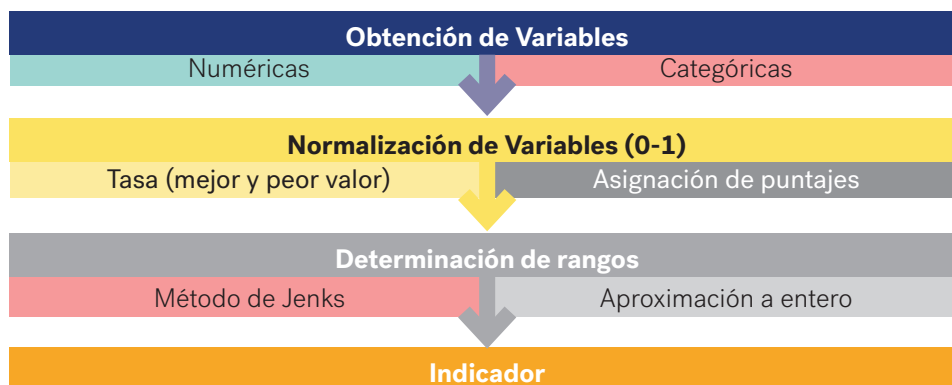
El Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático para la isla de Santa Cruz integra tres componentes básicos de análisis, según han sido definidos anteriormente: exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Dichos componentes son medidos a través de indicadores cuya elaboración presenta tres fases o etapas principales:

- Construcción de **matrices de vulnerabilidad**: herramienta de identificación y priorización de factores y causas de vulnerabilidad basadas en la percepción de agentes locales entrevistados durante mesas técnicas de trabajo y en la revisión de informes
- y estudios disponibles de fuentes oficiales. Es el insumo necesario para dimensionar el contexto territorial base.
- Desarrollo de **indicadores**: medida cuantitativa de cada una de las causas asociadas al daño climático previsto.
- **Normalización de resultados**: el proceso de normalización empleado depende del tipo de variable inicial. Las variables numéricas procesadas a través de unidades porcentuales fueron normalizadas en forma de tasas cuyos valores se presentan en un rango constante entre 0 y 1 a través de la siguiente ecuación:

Indicador sensibilidad y exposición: $1 - \frac{\text{Valor observado} - \text{Mejor valor de la serie}}{\text{Peor valor de la serie} - \text{Mejor valor de la serie}}$

(Peor valor de la serie - Mejor valor de la serie)

Figura 20. Esquema de construcción de indicadores



Fuente: FIC, 2019.

La normalización e integración cartográfica de los indicadores identificados en el estudio permitió alcanzar los siguientes objetivos:

- Informar de las zonas urbanas susceptibles de padecer daños humanos, económicos o ambientales.
- Analizar y dimensionar las causas sociales, económicas y ambientales que suponen debilidades frente a las tendencias climáticas observadas.

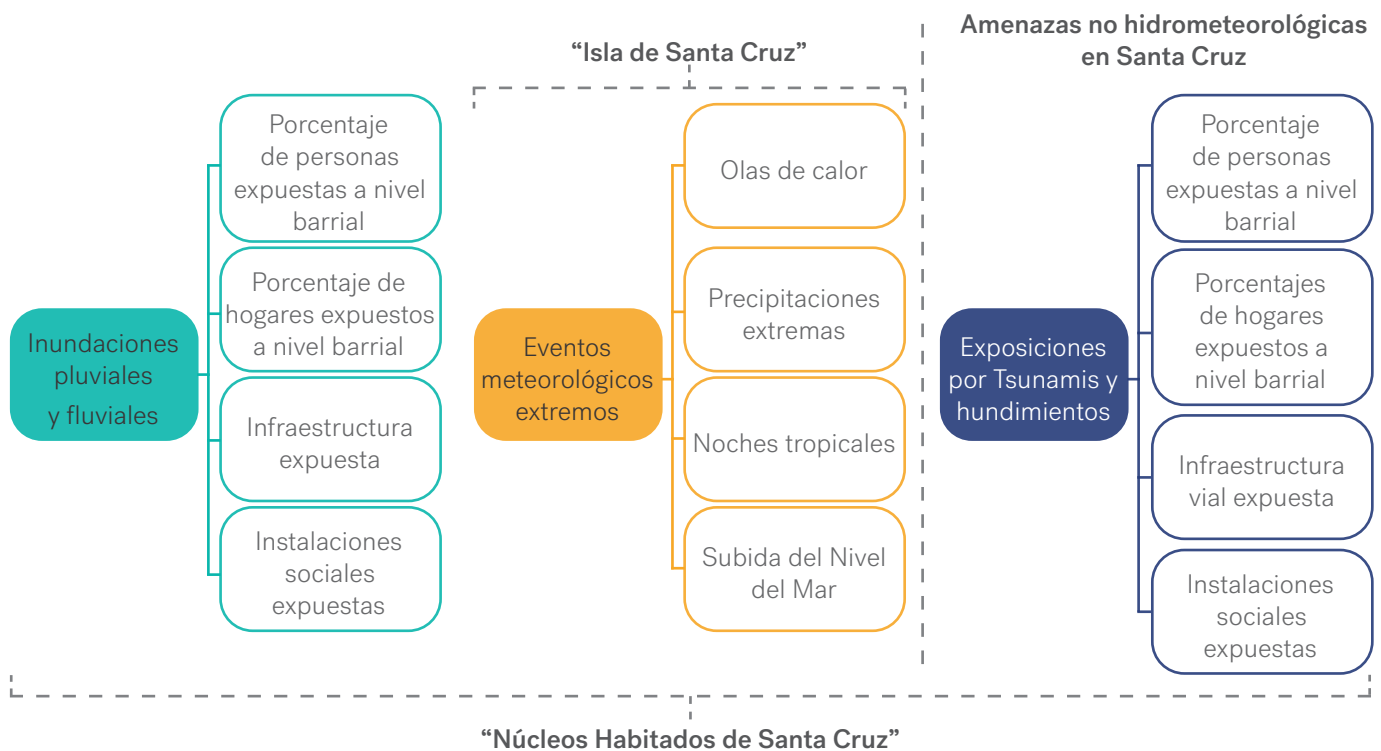
- Orientar políticas y actuaciones públicas por parte de tomadores de decisión para reducir los niveles de impacto previstos y fortalecer las capacidades de ajuste de los sistemas expuestos.
- Servir como herramienta base para determinar los retos de vulnerabilidad y las actuaciones más apremiantes en el contexto de adaptación al cambio climático.
- Fundamentar medidas eficaces, identificando y priorizando aquellas que sean más eficientes en el fortalecimiento de la capacidad de resiliencia de la isla frente al cambio climático.

Finalmente, el índice de vulnerabilidad en la isla de Santa Cruz se construyó mediante el análisis de 42 indicadores que informan sobre cada uno de los componentes de la vulnerabilidad en el contexto de cambio climático.

3.4.1. Índice de exposición al cambio climático en Santa Cruz

La exposición abarca un análisis cuantitativo del conjunto de activos socioeconómicos (población, vivienda, infraestructura e instalaciones sociales) y ambientales que pueden ubicarse en áreas expuestas a la ocurrencia de fenómenos adversos derivados del cambio climático. En total, se obtuvieron 12 indicadores de exposición, cuyo proceso de obtención estuvo marcado por tres etapas clave:

- (i) **Análisis de la incidencia del cambio climático previsto** en la Isla de Santa Cruz a través de metodologías de *downscaling* estadístico de alta robustez, validadas con la información meteorológica del INAMHI. Se determinó la evolución de las temperaturas y precipitaciones para el corto, medio y largo plazo, y posteriormente se analizó la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos asociados al cambio climático. Este proceso permitió obtener los siguientes indicadores de exposición: aumento de precipitaciones extremas, aumento de noches cálidas, aumento en la intensidad y duración de la ola de calor, y subida del nivel del mar.
- (ii) **Modelado de la amenaza** de inundación por escorrentías y por encharcamiento en términos de frecuencia y magnitud en el horizonte temporal actual y futuro. Para el horizonte a futuro, la inundación fue proyectada con base en los principales conductores del cambio climático, resultantes del estudio anterior, para tres escenarios temporales: corto plazo (desde el momento actual hasta el año 2040), mediano plazo (2040-2070) y largo plazo (2070-2100), en función de las previsiones climáticas analizadas.
- (iii) **Geoprocesos de superposición en entorno SIG** a través de herramientas de intersección cartográfica para obtener los indicadores de exposición sobre el componente socioeconómico. El proceso consistió en extraer y dimensionar el conjunto de activos humanos y materiales ubicados en las áreas de amenaza hidrometeorológica para cada horizonte temporal. Esto permitió derivar, finalmente, estimadores de exposición basados en porcentajes de personas, hogares e infraestructura expuestos a los diferentes peligros analizados a escala barrial.

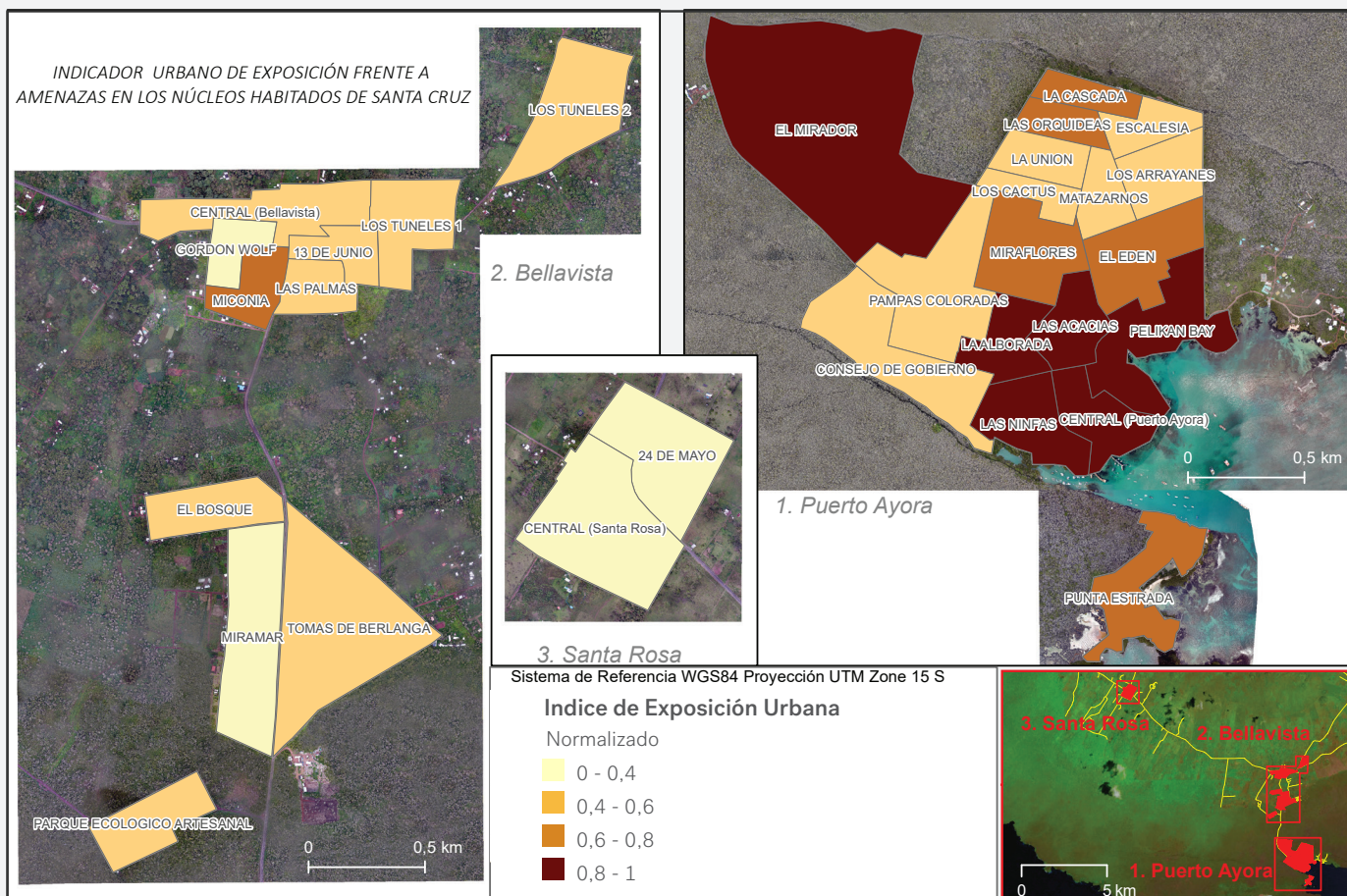
Figura 21. Resumen de Indicadores de exposición frente al cambio climático en Santa Cruz

Fuente: FIC, 2019.

Los resultados indican que Puerto Ayora es el núcleo urbano más expuesto a las amenazas derivadas del cambio climático en la isla, con un índice de exposición medio de 0,7 respecto al valor 1, considerado como máximo. En el caso de Bellavista, el valor medio se sitúa en torno a 0,49, mientras que Santa Rosa presenta los niveles de exposición más bajos, con una media de 0,28. Esto es debido, fundamentalmente, a tres causas:

- (i) En Puerto Ayora se da una situación de multiamenaza: es decir, coexisten varias amenazas, principalmente representadas por la ocurrencia de tsunamis e inundaciones por encharcamiento vial. Así mismo, los eventos meteorológicos extremos derivados de las tendencias de temperatura analizadas tendrán mayores repercusiones previstas para el mediano y largo plazo. Esto se deriva en una mayor intensidad y duración de la ola de calor y un aumento progresivo del número de noches cálidas.
- (ii) En Bellavista es previsible una afectación por eventos de inundaciones derivadas de escorrentías, principalmente como consecuencia de eventos de El Niño, que serán más notables en el mediano y largo plazo. Asimismo, serán notables las variaciones relacionadas con el clima, en especial por el aumento de eventos de precipitación extrema con incidencia notable en el régimen de ocurrencia de inundaciones. En los núcleos de Bellavista también se notarán aumentos en la duración de las olas de calor y en el número de noches cálidas, aunque de manera más moderada.
- (iii) Santa Rosa se encuentra en una posición altamente ventajosa en lo que respecta a su nivel de exposición final respecto al resto de núcleos analizados, presentando los niveles de exposición más bajos. En Santa Rosa pueden darse eventos de inundaciones por escorrentías, aunque de repercusión más moderada comparado con los niveles alcanzados en Bellavista y Puerto Ayora. Finalmente, los cambios relacionados con tendencias climáticas se prevén netamente más moderados.

Figura 22. Índice de exposición urbano en los núcleos habitados de Santa Cruz

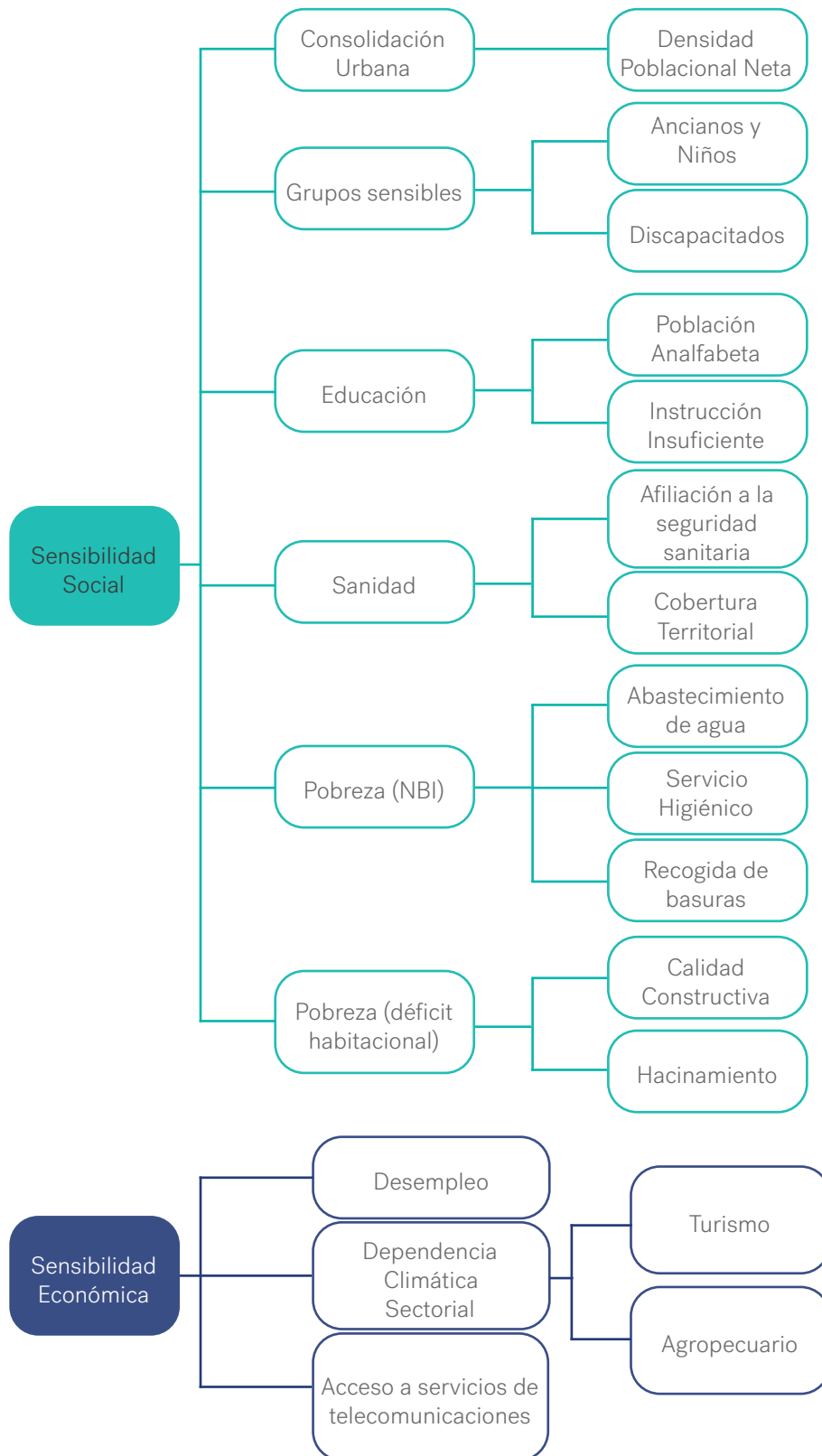


FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

3.4.2. Índice de sensibilidad socioeconómica en Santa Cruz

Los indicadores socioeconómicos expresan las características intrínsecas del territorio y del modo de vida de la sociedad, que contribuyen a que un mismo impacto del cambio climático pueda ser sentido con mayor intensidad. Se identificaron nueve factores de sensibilidad principales (representados en azul en el siguiente esquema), de los que se derivaron y espacializaron un total de 16 indicadores socioeconómicos (marcados en verde en el esquema). Estos indicadores se presentan para los principales núcleos habitados de la isla, a nivel barrial, para los que fue posible encontrar o adaptar la información disponible, principalmente a través del Censo de Población y Vivienda de Galápagos (INEC, 2015). Se tuvieron en cuenta factores de consolidación urbana, educación, sanidad, pobreza, debilidades económicas o conflictos derivados del desarrollo poblacional.

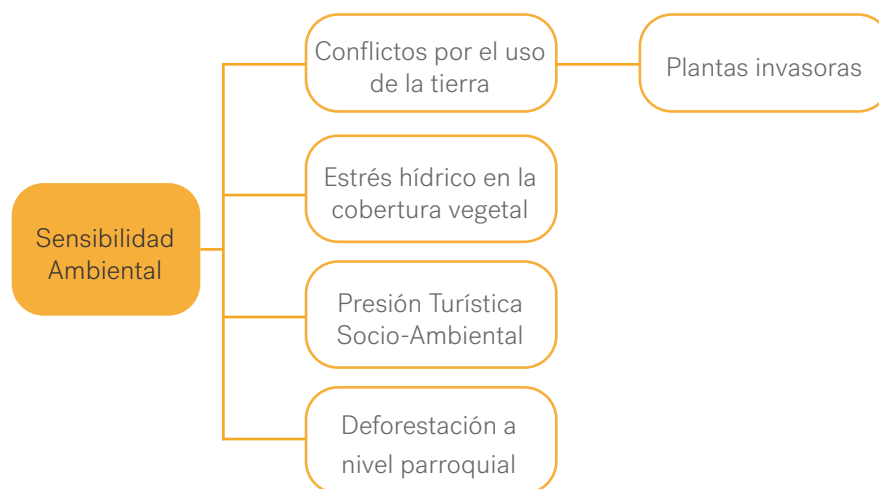
Figura 23. Resumen de indicadores de sensibilidad socioeconómica en la isla de Santa Cruz



Los resultados muestran que, a nivel parroquial, los valores medios del indicador de sensibilidad socioeconómica normalizado son comparativamente más altos para los barrios urbanos de Santa Rosa (0,84), seguido de los de Bellavista (0,7) y, por último, los de Puerto Ayora (0,5). Los barrios con mayor índice de sensibilidad socioeconómica son Los Túneles 2 y 13 de Junio, ubicados en el centro urbano y la periferia noreste de Bellavista, respectivamente, seguidos de los dos barrios urbanos que componen Santa Rosa.

A modo de resumen, a continuación, se indican algunas conclusiones obtenidas del análisis socioeconómico:

- La sensibilidad socioeconómica en la isla de Santa Cruz presenta importantes desigualdades territoriales, principalmente a nivel parroquial. Los barrios ubicados en las parroquias rurales de Bellavista y Santa Rosa son, de manera general, más sensibles en la dimensión socioeconómica respecto a la parroquia urbana de Puerto Ayora. Esto se debe, principalmente, a que en el centro más consolidado de la isla existen mayores oportunidades de acceso a la educación y a la sanidad, mayor desarrollo de servicios y de oferta cultural y, en general, mayor dinamización comercial, de infraestructuras y movilidad.
- Puerto Ayora es afectada en mayor medida por los factores de consolidación urbana debido a que se alcanzan los valores de densidad poblacional neta más altos en el barrio La Cascada, seguido de las Orquídeas, Escalesia y La Unión. Así mismo, se presentan valores de hacinamiento de hogares comparativamente más altos y la falta de abastecimiento de agua potable en las viviendas y de alcantarillado pluvial pone de manifiesto niveles de pobreza por necesidades básicas insatisfechas latentes de manera general en Santa Cruz. Finalmente, los barrios costeros presentan alta dependencia del sector del turismo, con un valor final más alto para Punta Estrada.
- En los barrios ubicados en los centros urbanos de Bellavista y Santa Rosa se presentan mayores porcentajes de población especialmente vulnerable, bien sea por edad o por presentar alguna discapacidad física o mental de carácter permanente, lo que en definitiva merma las capacidades de respuesta frente a eventos peligrosos. Así mismo, se dan tasas comparativamente más altas de población analfabeta, que llegan a situarse en algunos sectores por encima del límite de erradicación del 3 % establecido por el INEC. Finalmente, son los sectores más dependientes de una economía derivada de la agricultura y, por lo tanto, con mayores previsiones de fluctuación resultantes de la variabilidad climática.

Figura 25. Resumen de Indicadores de sensibilidad ambiental en Santa Cruz

Fuente: FIC, 2019.

El resultado integrado refleja una sensibilidad claramente mayor para Puerto Ayora y, en general, para el área de influencia de los núcleos habitados de la isla, donde tienen lugar las actividades y procesos económico-productivos principalmente. Por lo tanto, la sensibilidad ambiental en la isla de Santa Cruz está fuertemente ligada a la influencia de las actividades antrópicas asociadas al área rural y urbana de la isla, lo que se debe principalmente a las siguientes causas:

- Presencia de vertidos contaminantes sobre el agua subterránea, debido a que los acuíferos basales se localizan por debajo de los principales asentamientos humanos y la falta de un efectivo tratamiento de las aguas servidas que se mezclan con el agua del mar. Esto provoca un problema recurrente en la disponibilidad de agua dulce que, en la isla de Santa Cruz, depende exclusivamente de la extracción de acuíferos basales.
- Creciente y consolidada actividad turística que demanda mayor consumo energético y de alimentación y que, a su vez, es responsable de la dependencia alimentaria del exterior y de importantes fuentes de contaminación atmosférica derivadas de la movilidad de medios aéreos, marítimos y terrestres. Respecto al consumo energético, en Galápagos se ha multiplicado por cuatro en el periodo comprendido entre 2001 y 2015, mientras que la población censada solo ha crecido en un 44 % para el mismo periodo (Elecgalápagos; 2019). El crecimiento poblacional no explica

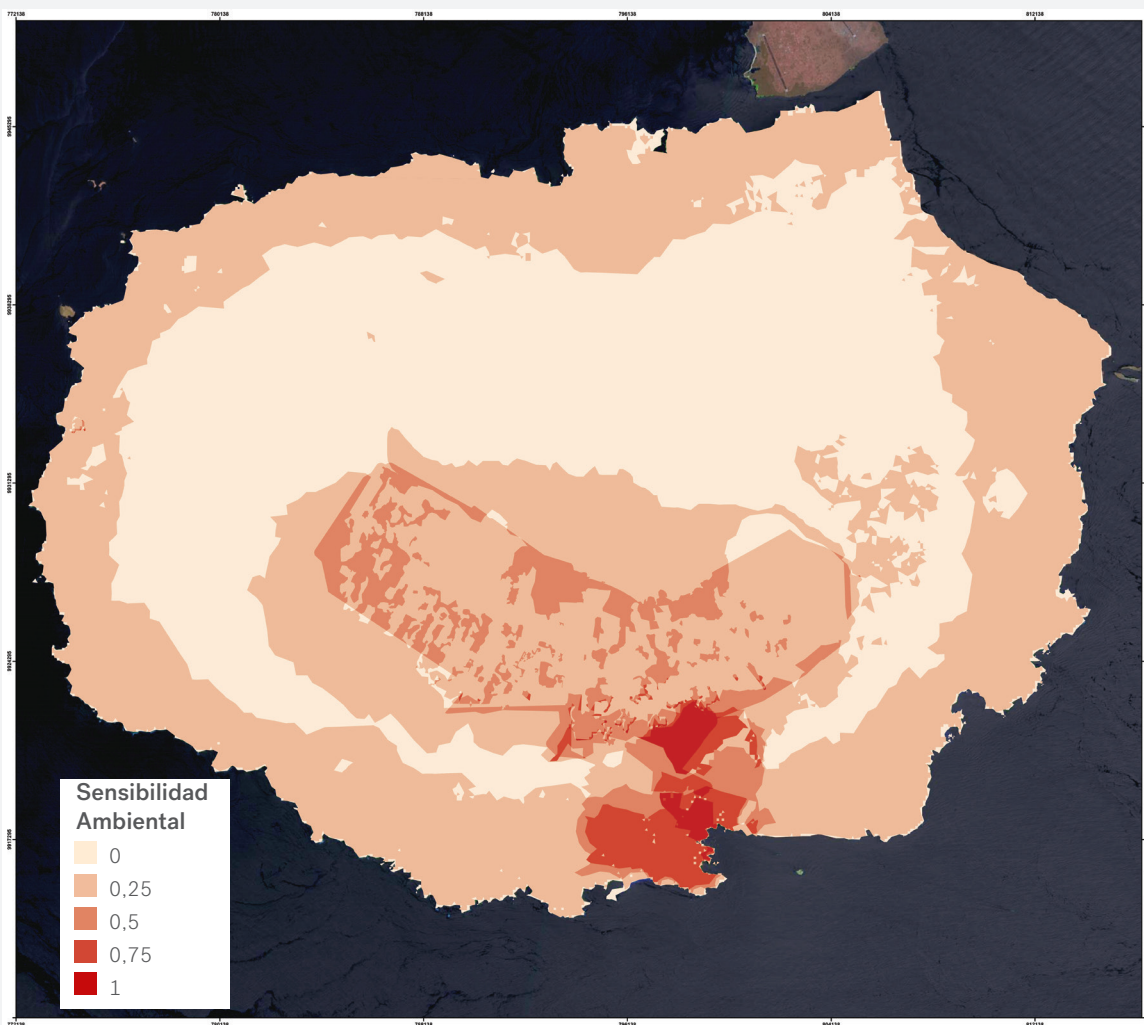
por sí mismo las altas tasas de aumento y la tendencia en la demanda energética observada y sí responde, en cierta medida, a una mayor afluencia y desarrollo turístico, tal y como queda reflejado en los altos incrementos de las demandas derivadas de los sectores Residencial y Comercial respecto al resto de sectores de consumo.

- Cabe mencionar que dicha movilidad también es la causa del peligro de vertidos por derrames, lo que podría acarrear consecuencias nefastas sobre las costas de Santa Cruz.

Así mismo, Santa Cruz es frágil en la dimensión ambiental frente a la presencia de:

- Especies invasoras que terminan por transformar ecosistemas nativos sobre las áreas protegidas y que pueden verse beneficiadas por aumentos de precipitaciones en el medio y largo plazo. Así mismo, la presencia de especies exóticas invasoras en el área agrícola-productiva compromete el reto de autoabastecimiento local frente a necesidades alimentarias netamente en aumento.
- Estresores hídricos por sequía hidrológica para las coberturas que se ubican sobre las partes más bajas de la isla, las cuales no alcanzan a colmar sus requerimientos hídricos con base en la cantidad de agua efectiva procedente de la precipitación, lo que puede suponer un estresor importante de las coberturas de vegetación, principalmente de aquellas más sensibles a los periodos de sequía.

Figura 26. Índice de sensibilidad ambiental en la isla de Santa Cruz



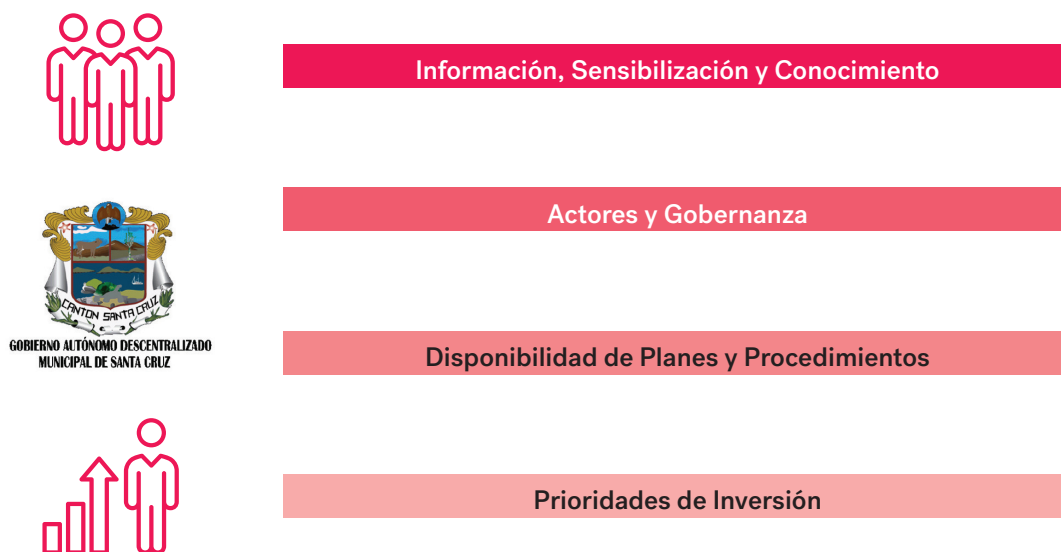
Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

3.4.4. Capacidad adaptativa en la ciudad de Santa Cruz

La capacidad de adaptación se mide en función de las herramientas o de las características del territorio que lo hacen más resiliente frente a los impactos previstos del cambio climático y que permiten aprovechar las oportunidades asociadas con él. Un total de 10 indicadores han sido seleccionados para analizar la capacidad de adaptación en la isla de Santa Cruz frente al cambio climático y el conjunto de herramientas de las que dispone el municipio para afrontar dichos impactos. Estos indicadores fueron agrupados en cuatro grandes grupos y se presentan en el siguiente esquema. Los valores tomados como referencia para los indicadores de capacidad adaptativa son comunes a todos los barrios analizados, dada la imposibilidad de obtener datos relativos a la unidad barrial.

- (i) Los indicadores de capacidad de adaptación fueron derivados de varios procesos de consulta pública local, regional y estatal, en los que intervinieron instituciones públicas y privadas, academias y sociedad civil, actores clave del proceso de adaptación y personal de gestión y coordinación local en la isla de Santa Cruz.
- (ii) Dichos indicadores reúnen información derivada de varios talleres específicos celebrados en el marco del proyecto con el objeto de determinar la participación e influencia de las herramientas locales orientadas a crear capacidades de resiliencia en la ciudad, lo que incluye conocer el grado de capacitación ciudadana e institucional frente al cambio climático, el grado de preparación económica para hacer frente a eventos desastrosos y lograr una recuperación temprana, así como los estudios, herramientas y métodos de fomento de medidas de adaptación frente al cambio climático a nivel local.

Figura 27. Indicadores de capacidad adaptativa



Fuente: FIC, 2019.

A continuación, se presentan los principales resultados de los indicadores seleccionados:

- (i) Información, sensibilización y conocimiento

El conocimiento de los impactos previstos del cambio climático y la sensibilización de la población civil aumentan el grado de preparación para afrontar los efectos negativos del cambio climático. En Santa Cruz, la Universidad de San Francisco y la Secretaría Nacional de Gestión del Riesgo realizan anualmente cursos formativos orientados a la población; en los últimos años, se

han capacitado 1.230 personas (Unidad de Preparación y Respuesta – Galápagos, 2019). Estas mismas instituciones capacitan a técnicos y personal funcionario de manera recurrente. A continuación, se indican los principales talleres realizados:

Tabla 5. Cursos de capacitación a Elecgalápagos, 2018

Año	N.º personas capacitadas en Santa Cruz	Institución o ámbito
2014	21	Funcionarios operativos del SNDGR – Santa Cruz
2017	14	Parque Nacional Galápagos y Cuerpo de Bomberos de Santa Cruz
2018	60 (2 cursos)	Elecgalápagos
Total	95	Santa Cruz

(ii) Actores y gobernanza. La presencia de organismos, instituciones o departamentos públicos o privados dentro del municipio que trabajen en el ámbito específico del análisis, prevención de riesgos naturales y cambio climático, confiere una mayor capacidad de planificar de manera anticipada el desarrollo sostenible del territorio en un contexto de cambio climático, promover y financiar medidas de adaptación y hacer seguimiento de los procesos de control y gestión del medio en el proceso adaptativo. La isla de Santa Cruz y el conjunto de las islas Galápagos tienen gran presencia institucional pública y privada, de gobierno, instituciones científicas o fundaciones, que persiguen retos aplicados al ámbito del cambio climático y de gestión o preparación ante riesgos naturales y antrópicos. Esto supone uno de los aspectos más positivos del análisis de capacidad de adaptación de la isla, ya que el interés por conseguir un medio resiliente al cambio climático trasciende a lo regional, incluso a los límites nacionales. En resumen, Santa Cruz cuenta con: tres Gobiernos Autónomos Parroquiales; 13 dependencias municipales con funciones en el ámbito de riesgos, y tres direcciones estatales de seguridad que apoyan el análisis, seguimiento y prevención o salvamento frente a riesgos naturales. Además, Santa Cruz cuenta con la presencia de cuatro instituciones públicas de Gobierno regional y cinco del Gobierno Central, cinco universidades, cinco organizaciones sociales y ocho ONG y fundaciones.

(iii) Estudios, planes y procedimientos. La isla de Santa Cruz y su conjunto, las Islas Galápagos, son escenario de múltiples estudios de cambio climático y propuestas de adaptación en sus diferentes ámbitos, lo que supone un indicativo más de un alto interés social y científico por un espacio único y privilegiado en el planeta. Así mismo, el Gobierno Autónomo Descentralizado y las instituciones que conforman los Gobiernos central y regional presentan planes de gestión y ordenación territorial con delineamientos específicos en materia de conservación, ordenación territorial y desarrollo sostenible, entre los que destacan el Informe Galápagos, el Plan de Movilidad Sostenible y el Plan de Ordenamiento y Desarrollo de Santa Cruz, entre otros. Finalmente, este marco de alto interés en todas las escalas ha fomentado la puesta en marcha de diversos procedimientos de prevención y defensa ante eventos peligrosos, entre los que cabe destacar los siguientes:

Tabla 6. Listado de herramientas disponibles

Herramienta	Ámbito
Sistema de Alerta Temprana para eventos de tsunami y control de represas	Seguridad – articulación nacional
PLAN RESPONDE – Plan Nacional de Respuesta ante Desastres (SNGR)	Seguridad – articulación nacional
Manual del Comité de Operaciones de Emergencia	
Monitoreo de Amenazas (SNGR)	Alerta temprana – articulación nacional

Herramienta	Ámbito
Pronóstico y Alertas Hidrometeorológicas (INAMHI)	Alerta temprana – articulación nacional
Servicio Hidrográfico y Oceanográfico Insular de la Armada – Puerto Ayora	Pronóstico y monitoreo Insular
Plan Estratégico Institucional 2015-2018 Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos, MA.	Prevención de riesgos – articulación regional
Plan de Contingencia para la Aparición del Virus del Oeste del Nilo en Galápagos. PNUD, 2007	Actuación y prevención – articulación nacional
Plan de Manejo de Especies Invasoras 2019-2029. DPNG	Coordinación y prevención – articulación regional
Sistema Nacional de Alerta Temprana (SAT) en Galápagos 2019 Gobierno Nacional de Ecuador y Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	Prevención y monitoreo de amenazas – articulación regional (GAD municipales, Consejo de Gobierno, Elecgalápagos)
Plataforma tecnológica ECU 9-1-1	

- (iv) Prioridad de inversión. Este indicador permite reflejar el compromiso del municipio para garantizar servicios y programas de ayuda a sus habitantes más vulnerables y ofrecer herramientas de inserción social, fomento de la igualdad y disminución de la pobreza.

Este esfuerzo en el ámbito local contribuye a aminorar las fragilidades sociales del territorio, fomentando la igualdad y la inclusión social e incrementando sus oportunidades de resiliencia frente al cambio climático. En Santa Cruz existe la figura del Consejo Cantonal de Protección Integral de Derechos de Niñez, Adolescencia y demás Grupos de Atención Prioritaria (CCPID-SC). A continuación, se resumen los diferentes proyectos y sus inversiones previstas, alineados con la política pública cantonal a cargo de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Cantonal de Protección Integral de Derechos de Santa Cruz:

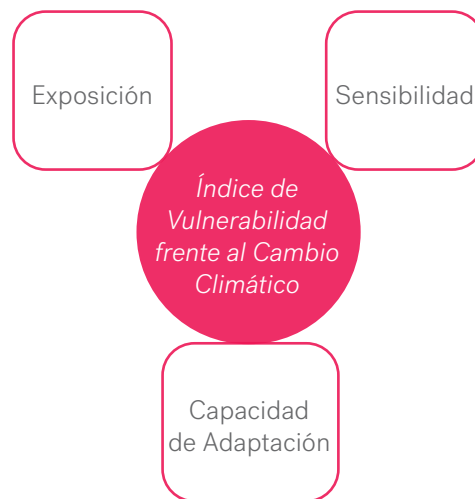
Tabla 7. Listado de proyectos

Proyecto	Costo previsto (2019)	Objetivos
Abriendo espacios para la participación del adulto mayor	\$ 4,549.31	Promover el bienestar del adulto mayor en el cantón Santa Cruz, así como el buen uso del tiempo libre, para lograr un envejecimiento saludable mediante la implementación de actividades que permitan desarrollar una mejor calidad de vida.
Empoderamiento y participación de la mujer en el sector social	\$ 4.549,31	Promover el respeto de los derechos universales de la mujer, garantizar su participación en la vida de la ciudad y mejorar su defensa ante necesidades sociales.
Fortalecimiento de los derechos de los niños, niñas, adolescentes del cantón de Santa Cruz	\$ 4.549,31	Fortalecer y acompañar el protagonismo y la participación activa de los niños, niñas y adolescentes que forman parte de nuestro cantón Santa Cruz, y sostener su participación comunitaria a través de talleres y espacios de aprendizaje y expresión.
Mes de la juventud galapagueña	\$ 4.549,31	Promover la generación de espacios para el desarrollo integral y productivo de la juventud. Promover procesos de formación y capacitación para la juventud.
Fomentar la inclusión y los derechos de las personas con discapacidad en los diferentes escenarios	\$ 4.549,31	Promover la inclusión y el empoderamiento de los derechos de las personas con discapacidad en los diferentes ámbitos donde se desenvuelven. Desarrollar las habilidades físicas, sociales y de convivencia de las personas con discapacidad.

3.5 Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático

El Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático en Santa Cruz trata de informar sobre el nivel de daño que pueden presentar los sistemas humanos y ambientales del territorio en el corto, mediano y largo plazo. Para ello, se llevó a cabo un análisis climático y de exposición frente a eventos adversos de carácter hidrometeorológico y no hidrometeorológico, teniendo en cuenta las causas de sensibilidad socioeconómica o ambiental que pueden incidir en una mayor predisposición de los sistemas a verse afectados negativamente, así como un estudio de las herramientas y oportunidades que presenta el municipio para afrontar, aprovechar los cambios o adaptarse a ellos. Estos tres componentes se relacionan según la fórmula que aparece a continuación. Los 42 indicadores utilizados en la elaboración del Índice en Santa Cruz permitieron identificar desde una amplia perspectiva el conjunto de retos de vulnerabilidad frente al cambio climático y propuestas de actuación de carácter específico.

Figura 28. Componentes del Índice de Vulnerabilidad



Fuente: FIC, 2019.

$$\text{Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático} = \frac{(\text{Sensibilidad} \times \text{Exposición})}{(\text{Capacidad de Adaptación})}$$

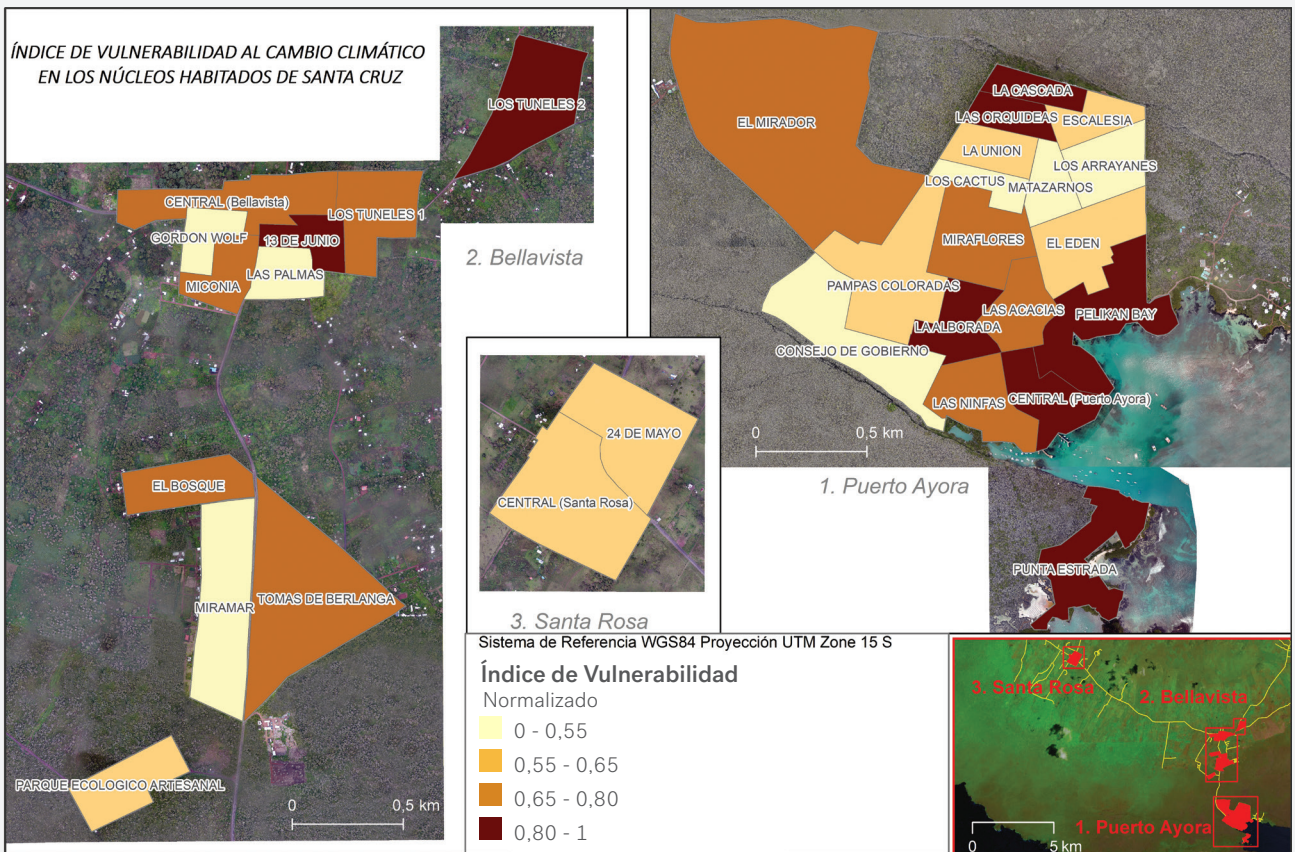
Los resultados de vulnerabilidad arrojan una tendencia creciente sobre los barrios costeros y del extremo noreste de Puerto Ayora. Asimismo, se observan altos índices de vulnerabilidad asociados a los barrios 13 de Junio y Los Túneles 2, ubicados en el sector central y el extremo noreste de la periferia del centro urbano de Bellavista, respectivamente. Para estos casos, los altos valores se asocian a las áreas donde de manera previsible los impactos que se deriven del cambio climático serán más notorios debido fundamentalmente a la confluencia de los siguientes factores:

(i) Altos niveles de exposición frente a amenazas hidrometeorológicas y no hidrometeorológicas al que pueden verse sometidos los núcleos consolidados de Santa Cruz. Puerto Ayora alcanza los niveles de exposición más elevados debido a una situación de multiamenaza sectorial en la que confluyen inundaciones pluviales y la presencia de eventos no hidrometeorológicos, como tsunamis o hundimientos geológicos. Los hundimientos geológicos también se pueden presentar sobre el núcleo urbano de Bellavista, junto con amenazas hidrometeorológicas por inundaciones derivadas de escorrentías, que tenderán a incrementarse en el mediano y largo plazo como consecuencia de aumentos de precipitaciones previstos. Los escenarios de clima futuro a escala

local pronostican un ascenso progresivo de las temperaturas anuales medias esperadas. A finales de siglo, ese aumento puede alcanzar hasta 3 oC en el escenario intermedio (RCP 4,5), y de 5°C para el más pesimista (RCP 8,5). Esto supondrá un aumento en la intensidad de olas de calor y noches cálidas, especialmente notable en la primera franja altitudinal de la isla, y aumentos de la incidencia (mayor magnitud de los escenarios de peligrosidad) de inundaciones por escorrentías en barrios centrales y del sur de Bellavista, y de fenómenos de encharcamiento sobre el vial de Puerto Ayora.

(ii) Altos niveles de sensibilidad socioeconómica, lo que deriva en una mayor propensión al daño previsible en algunos sectores urbanos de Santa Cruz. Las necesidades básicas insatisfechas en las viviendas, el hacinamiento o la presencia de grupos vulnerables suponen causas de fragilidad social de notoriedad general en Santa Cruz. Además de ello, las desigualdades educativas y sanitarias ponen de manifiesto brechas de desigualdad social importantes entre los núcleos urbanos de las tres parroquias analizadas, siendo más notorias las debilidades asociadas a las parroquias rurales de Bellavista y Santa Rosa respecto a los niveles de Puerto Ayora. A nivel económico también inciden las causas derivadas de la dependencia climática sectorial por ocupación agrícola, con especial repercusión en Santa Rosa, seguido de Bellavista, y de la ocupación turística, principalmente en Puerto Ayora.

Figura 29. Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático en los núcleos habitados de Santa Cruz



Fuente: FIC-LAVOLA-UTPL (2019).

El cambio climático en Santa Cruz, en función de lo analizado, implicará aumentos esperables en el nivel de daño asociado a la ocurrencia de eventos adversos. En términos comparativos, dichos incrementos presentan medias en torno al 30 % respecto al valor base actual, por lo que los esfuerzos orientados a mejorar las medidas preventivas y de adaptación serán fundamentales para anticipar los impactos negativos sobre el conjunto humano, ambiental y material expuesto a las adversidades futuras.



4

OBJETIVOS DE ADAPTACION Y MEDIDAS PROPUESTAS



4.1. Los objetivos de adaptación en Santa Cruz

Los resultados zonales y sectoriales derivados del análisis previo permitieron identificar 18 retos principales de vulnerabilidad, que se englobaron finalmente en cinco objetivos de adaptación con un enfoque de sostenibilidad y coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda Urbana.

Dichos objetivos sirvieron como base para la construcción del Plan de Adaptación, que se apoya en: (I) un análisis científico-técnico de la vulnerabilidad climática e identificación de propuestas de actuación sectoriales, (II) un estudio de los avances previos locales en materia de adaptación, (III) experiencias internacionales de éxito, y (IV) aporte de expertos y actores locales, con evaluación y validación pública recurrente.

Objetivos de adaptación de la isla de Santa Cruz

- Reducción del riesgo de inundaciones debido a fenómenos hidrometeorológicos extremos.
- Implementación de una red óptima de servicios domiciliarios.
- Apoyo del desarrollo de un sistema agrícola resiliente en la isla de Santa Cruz.
- Mejora de la resiliencia de la isla empleando servicios ecosistémicos.
- Refuerzo de la capacitación humana y técnica para la adaptación al cambio climático.

Figura 30. Av. Charles Darwin, Puerto Ayora



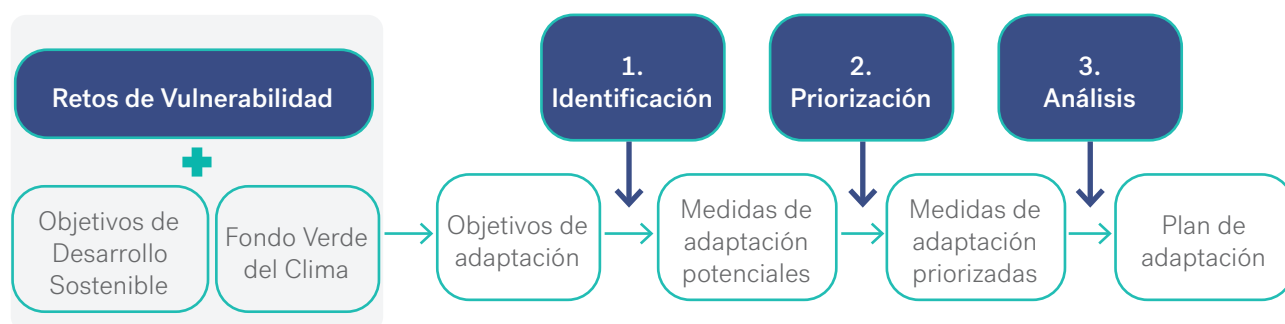
Fuente: FIC (2019).

4.2. Las medidas de adaptación

Partiendo de los análisis previos y la identificación de los Objetivos de Adaptación, el proceso para la definición de las medidas y los programas integrantes del plan de adaptación se articuló en tres fases principales, nutridas todas ellas de sesiones de participación y validación de resultados por parte de los agentes locales:

- **Fase 1:** Identificación de medidas de adaptación potenciales
- **Fase 2:** Priorización de las medidas
- **Fase 3:** Análisis de las medidas priorizadas y desarrollo del plan de adaptación

Figura 31. Esquema metodológico para formular el Plan de Adaptación



Fuente: FIC, 2019.

Siguiendo este esquema, se identificaron inicialmente 51 medidas de adaptación potenciales (fase 1). Se trata de medidas relacionadas con inundaciones, normativa y planeamiento, servicios urbanos, políticas sociales, aspectos ambientales y ecosistémicos, el sector turístico y la gestión de riesgos.

A partir de los resultados obtenidos en las sesiones participativas, se priorizaron diez medidas, con base en la relevancia y urgencia otorgadas por los participantes de los talleres de priorización (fase 2) celebrados en junio de 2019. El conjunto de medidas seleccionadas abarca un amplio espectro de necesidades relacionadas con la resiliencia de la isla: desde soluciones de pequeña escala como sistemas de captación de agua individual, pasando por infraestructuras necesarias para la mejora de las redes de abastecimiento de agua potable y saneamiento, hasta la mejora de los espacios verdes urbanos, la restauración de cañadas o la creación de sistemas de drenaje sostenible para fortalecer la resiliencia local ante la amenaza de inundaciones. Además, se priorizaron medidas relacionadas con el fomento de la soberanía alimenticia isleña con propuestas relacionadas con la agricultura local. Por último, se consideraron también prioritarias medidas encaminadas al fortalecimiento de las capacidades y la sensibilización social frente al cambio climático.

Medidas del Plan de Adaptación de Santa Cruz de Galápagos

- **M1.** Implementación de la red de saneamiento en las áreas urbanas de Santa Cruz
- **M2.** Sistema de gestión de la red de abastecimiento de agua potable para garantizar la soberanía hídrica
- **M3.** Soluciones unifamiliares de captación de agua de lluvia y cubiertas verdes
- **M4.** Espacios verdes con soluciones de diseño climático en el área urbana de Puerto Ayora
- **M5.** Instalación de Sistemas de Drenaje Sostenibles en los espacios públicos urbanos
- **M6.** Restauración ecológica y mantenimiento de las cañadas frente a inundaciones
- **M7.** Ejecución de obras para una agricultura resiliente
- **M8.** Adaptación costera frente a elevación del nivel del mar
- **M9.** Capacitación y concientización del cambio climático
- **M10.** Sistema de monitoreo y evaluación del Plan de Adaptación al cambio climático en Santa Cruz de Galápagos

Para la caracterización detallada de las medidas, se aplicó un análisis FODA en talleres participativos. Añadido a ello, las 10 medidas prioritarias fueron analizadas con mayor detalle (fase 3), con el fin de identificar su grado de *incidencia en el índice de vulnerabilidad*, su potencial de financiamiento, el comportamiento de cada una ante variables sociales, económicas, y de factibilidad, así como su alineamiento con los objetivos de desarrollo sostenible y con potenciales programas de financiamiento (a través de *análisis multicriterio*).

Los análisis multicriterio y de costo-beneficio realizados al conjunto de medidas permitió su jerarquización y agrupamiento en diferentes programas de adaptación:

- **Programa de Adaptación Urbana de Santa Cruz**
- **Programa Isla Resiliente**
- **Programa Infraestructuras Resilientes para Santa Cruz**

A estos tres programas se añadió uno de carácter transversal, que contribuye a la mejora de la capacidad adaptativa de la isla, paralelo a cualquiera de los tres anteriores.

- **Programa Transversal de Capacitación y Monitoreo del Plan de Adaptación**

4.2.1. Programa I: Adaptación Urbana de Santa Cruz

Teniendo en común la escala urbana de las acciones, este programa contempló medidas híbridas en esferas tanto públicas y privadas, como las soluciones unifamiliares para la captación de agua de lluvia en el ámbito privado y los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en el espacio público. Estas soluciones se combinan con soluciones de diseño de espacios verdes del ámbito urbano, con el fin de alcanzar niveles adecuados de confort climático y enfrentar, con medidas verdes, la amenaza del cambio climático.

Tabla 8. Medidas programa de Adaptación Urbana**Programa Adaptación Urbana de Santa Cruz**

M3	Soluciones unifamiliares de captación de agua de lluvia
M4	Espacios verdes con soluciones de diseño climático en el área urbana de Puerto Ayora
M5	Instalación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles en los espacios públicos urbanos

Fuente: Elaboración propia, FIC.

4.2.2. Programa II: Isla Resiliente

Las medidas verdes e híbridas propuestas en este programa tienen por objetivo abordar los retos de la isla con soluciones basadas en la naturaleza. Por un lado, con medidas dirigidas a la resiliencia, mejorando la conectividad ecosistémica con la restauración ecológica y el mantenimiento de las cañadas como recurso para hacer frente a las inundaciones. Por otro lado, apoyando una agricultura resiliente al clima y la adaptación costera frente a la elevación del nivel del mar a medio y largo plazo.

Tabla 9. Medidas programa Isla Resiliente**Programa Isla Resiliente**

M6	Restauración ecológica y mantenimiento de las cañadas frente a inundaciones
M7	Ejecución de obras para una agricultura resiliente al clima
M8	Adaptación costera frente a la elevación del nivel del mar

Fuente: Elaboración propia, FIC.

4.2.3. Programa III: Infraestructuras Resilientes para Santa Cruz

Este conjunto de medidas de adaptación responde a las necesidades locales de completar las infraestructuras realizadas y especialmente las necesidades de implementación de sus sistemas de gestión. El programa consiste en dos importantes inversiones en infraestructuras, como son la construcción de la red separativa de saneamiento en las áreas urbanas y establecer el marco de gestión con las actuaciones necesarias para suministrar agua potable a través de la red de abastecimiento, que servirán para reforzar la capacidad resiliente de la isla y la consolidación de su soberanía hídrica.

Tabla 10. Medidas programa Infraestructuras Resilientes para Santa Cruz**Programa Infraestructuras Resilientes para Santa Cruz**

M1	Implementación de red separativa de saneamiento en las áreas urbanas de Santa Cruz
M2	Sistema de Gestión de la red de abastecimiento de agua potable para garantizar la soberanía hídrica

Fuente: Elaboración propia, FIC.

4.2.4. Programa IV: Transversal de Capacitación y Monitoreo del Plan de Adaptación

Este último grupo de medidas da respuesta a las necesidades de capacitación, divulgación y socialización de las medidas de adaptación con el fin de reforzar la capacidad adaptativa de la isla. Igualmente, se requiere un conjunto de acciones que favorezca el control del Plan de Adaptación en el tiempo, para lo que se desarrolla un programa de monitoreo y evaluación. Este programa se concibe como transversal y de acompañamiento al resto de programas en el que se estructura el Plan de Adaptación.

Tabla 11. Medidas del programa Transversal**Transversal de Capacitación y Monitoreo del Plan de Adaptación**

M9	Capacitación y concientización frente al cambio climático
M10	Sistema de monitoreo y evaluación del Plan de Adaptación al cambio climático en Santa Cruz

Fuente: Elaboración propia, FIC.

Figura 32. Costa de Santa Cruz

Fuente: FIC, 2019.

Finalmente, y partiendo del conjunto de análisis participativos multicriterio previos, se identificaron las dos medidas de mayor prevalencia entre la decena de medidas prioritarias:

- **Implementación de la red de suministro de agua potable para garantizar la soberanía hídrica (M2)**
- **Sistema de gestión de la red de saneamiento en las áreas urbanas de Santa Cruz (M1)**

El contenido específico y las acciones asociadas a las mismas se debatieron, junto al resto de resultados, durante el Taller de Validación de Resultados celebrado en Puerto Ayora el 22 de octubre de 2019. En el evento se contó con la participación de representantes de entidades locales y regionales clave, que no solo validaron de manera satisfactoria los resultados, sino que también aportaron importantes insumos de valor que fueron incluidos en el Plan de Adaptación.

A continuación, se presentan las fichas descriptivas de las 10 medidas que conforman el Plan de Adaptación de Santa Cruz de Galápagos.

M1

Implementación de la red de saneamiento en las áreas urbanas de Santa Cruz

M1

Objetivo

Garantizar la capacidad de adaptación urbana con la implementación del sistema de saneamiento y de canalización de agua pluvial.

Objetivos específicos:

- Dar respuesta adecuada a los impactos de inundación urbana por encharcamientos derivados de fenómenos de pluviometría extrema.
- Realizar acciones complementarias para el máximo aprovechamiento del agua de lluvia frente a episodios de sequía y olas de calor.
- Eliminar el aporte actual de aguas contaminadas por infiltración a los acuíferos e implantar un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Alcance y beneficiarios

La medida abarca la totalidad de los núcleos urbanizados de Santa Cruz, Puerto Ayora con su zona de ampliación de El Mirador, Punta Estrada, y las agrupaciones residenciales y de actividades terciarias (Parque Artesanal) de Bellavista y Santa Rosa.

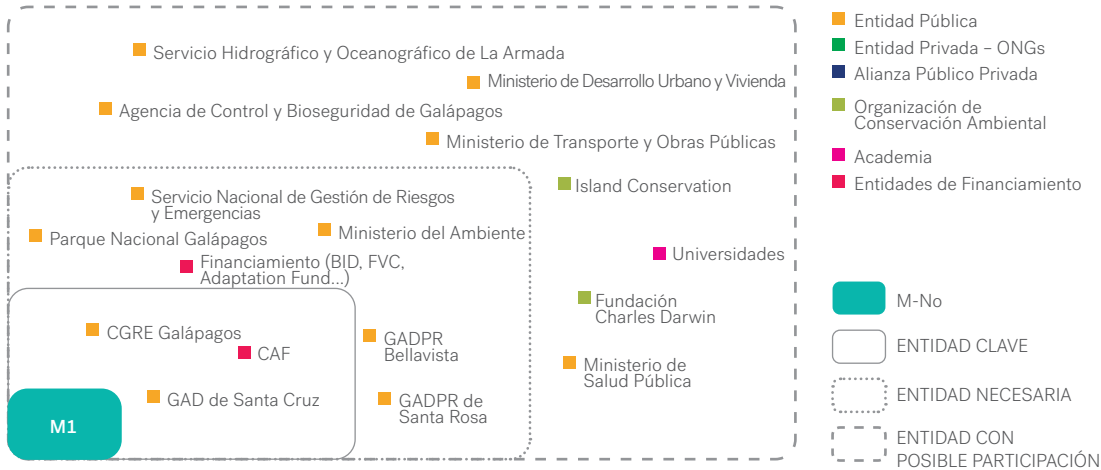
Beneficiarios:

La totalidad de los habitantes de los núcleos urbanizados de Santa Cruz

Total: 15.701 habitantes

Principales acciones de la medida

- Planificación y construcción del sistema integral de saneamiento sanitario y separativo de aguas pluviales en las áreas urbanizadas, estableciendo la programación temporal para su ejecución.
- Desarrollo de un adecuado Modelo Digital del Terreno de alta resolución para la definición de pendientes y nuevos estudios geológicos y geotécnicos para un mejor conocimiento del subsuelo en cuanto a características y trazado de la red.
- Incorporar estudios para diseño de sistemas aislados unifamiliares (p. ej., biodigestores, colectores pluviales domiciliarios, etc.), y ejecución de los tramos pendientes y enlace de las edificaciones a la red principal.
- Dimensionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que dé la adecuada respuesta ambiental para el tratamiento de las aguas sanitarias.

Implementación de la red de saneamiento en las áreas urbanas de Santa Cruz**M1****Organismos responsables****Costo total estimado**

Estudios de prefactibilidad, planificación y diseño de soluciones	192.000
Ejecución de obras	34.400.000
Acciones de implementación	8.800.000
Gestión administrativa	48.000
Monitoreo y evaluación	96.000
Campañas de socialización y comunicación	102.000
TOTAL (USD)	43.638.000

Posibles fuentes de financiamiento

Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund)
 Facilidad de Inversión de América Latina (LAIF)
 KfW Banco Alemán de Desarrollo
 United Nations Development Programme (PNUD)
 United Nations Environment Programme (UNEP)
 World Bank (Banco Mundial)
 GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH)
 International Union for Conservation of Nature (IUCN)
 Adaptation Fund (Fondo de Adaptación)
 EUROCLIMA+
 Global Environment Facility: Strategic Priority on Adaptation (GEF)
 Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS- AECID)

M2

Sistema de gestión de la red de abastecimiento de agua potable para garantizar la soberanía hídrica

M2

Objetivo

Realizar nuevas captaciones y actualizar el servicio de distribución de agua que garantice la soberanía hídrica.

Objetivos específicos:

- Conectar las diferentes redes de suministro actualmente separadas entre ellas de forma que se optimicen los costes del servicio.
- Alcanzar niveles de calidad del agua aptos para un suministro potabilizado.
- Establecer sistemas de control y monitoreo para reducir las pérdidas del sistema.
- Aumentar el grado de resiliencia urbana en caso de eventos de sequía extrema y olas de calor.

Alcance y beneficiarios

La medida abarca la totalidad de los núcleos urbanizados de Santa Cruz, Puerto Ayora y la zona de ampliación de El Mirador, Punta Estrada, y las agrupaciones residenciales y de actividades terciarias (Parque Artesanal) de Bellavista y Santa Rosa.

Beneficiarios:

La totalidad de los habitantes de los núcleos urbanizados de Santa Cruz

Total: 15.701 habitantes

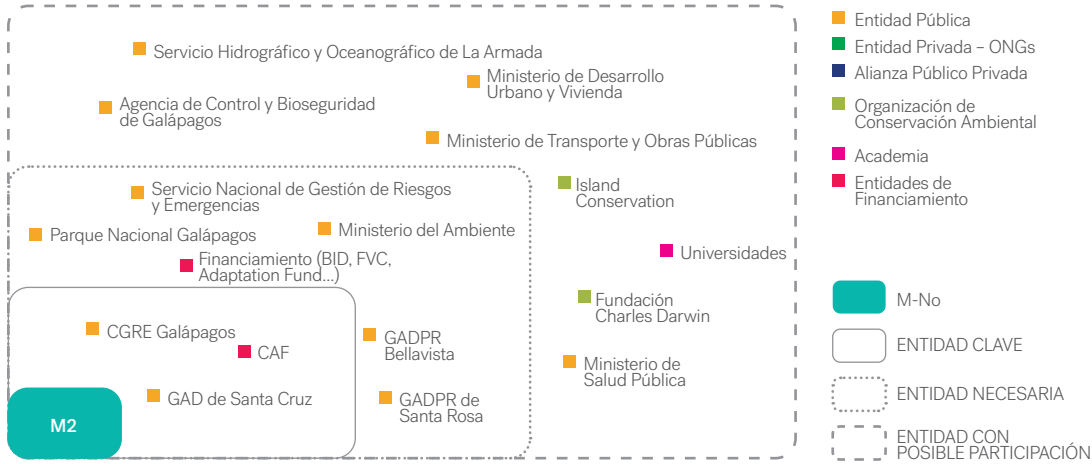
Principales acciones de la medida

- Integración de estudios existentes y nuevos informes sobre los recursos hídricos para comprender la capacidad de extracción de los acuíferos y dinámicas hídricas subterráneas.
- Desarrollo de un Plan de Gestión de las infraestructuras de extracción con el objeto de no expropiar los recursos disponibles. Realización de estudios de captación en zonas altas de la isla.
- Implementación de la estación desalinizadora existente con los elementos necesarios para su máxima optimización funcional.
- Ejecución de la red en sectores con déficit e interconexión de las redes existentes, evaluando el estado de las mismas y sustituyendo los ramales en mal estado de conservación.
- Conexión de los inmuebles a las nuevas redes de distribución y eliminación de las líneas antiguas que discurren en paralelo.

Sistema de gestión de la red de abastecimiento de agua potable para garantizar la soberanía hídrica

M2

Organismos responsables



Costo total estimado

Estudios de prefactibilidad, planificación y diseño de soluciones	160.000
Ejecución de obras	9.280.000
Acciones de implementación	2.560.000
Gestión administrativa	72.000
Monitoreo y evaluación	144.000
Campañas de socialización y comunicación	78.000
TOTAL (USD)	12.294.000

Posibles fuentes de financiamiento

Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund)
 Facilidad de Inversión de América Latina (LAIF)
 KfW Banco Alemán de Desarrollo
 United Nations Development Programme (PNUD)
 United Nations Environment Programme (UNEP)
 World Bank (Banco Mundial)
 GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH)
 International Union for Conservation of Nature (IUCN)
 Adaptation Fund (Fondo de Adaptación)
 EUROCLIMA+
 Global Environment Facility: Strategic Priority on Adaptation (GEF)
 Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS- AECID)

M3

Soluciones unifamiliares de captación de agua de lluvia y cubiertas verdes

M3

Objetivo

Incrementar la capacidad de adaptación a escala unifamiliar frente a olas de calor o temperaturas extremas.

Objetivos específicos:

- Incorporar mecanismos de soberanía hídrica frente a posibles cortes de suministro derivado de eventos climatológicos extremos.
- Colaborar en la reducción de las escorrentías de lluvia retenida mediante soluciones de cubiertas verdes en áreas urbanas.
- Aumentar la capacidad de adaptación frente a la subida de temperaturas, reforzando el aislamiento de las viviendas.

Alcance y beneficiarios

La medida abarca principalmente los núcleos rurales de Bellavista y Santa Rosa. No obstante, la acción debe tratar de generalizarse a la totalidad de los núcleos urbanizados de Santa Cruz.

Beneficiarios:

La totalidad de los habitantes de los núcleos urbanizados de Santa Cruz. Total: 15.701 habitantes.

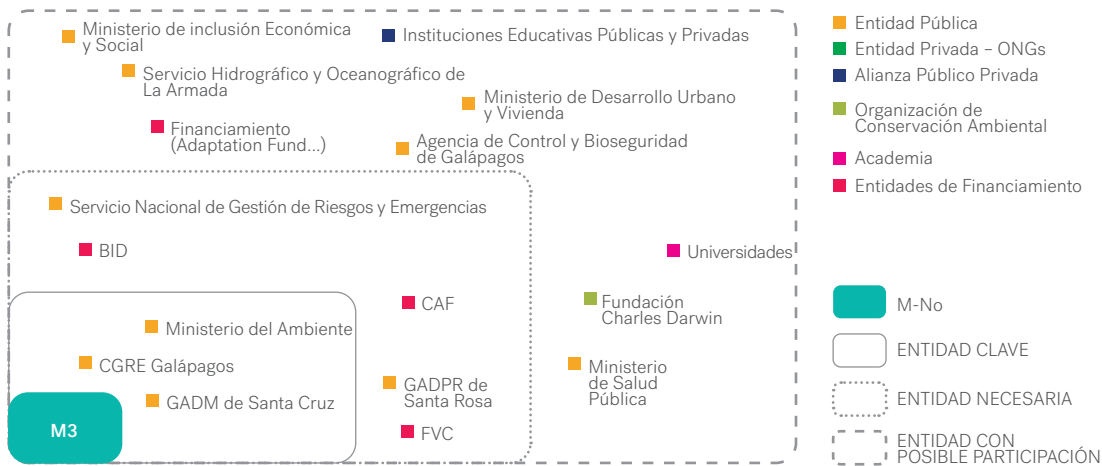
Principales acciones de la medida

- Identificación y delimitación de las zonas más factibles para la instalación de depósitos de almacenamiento de agua pluvial en propiedades privadas y públicas.
- Desarrollo de un programa de instalación financiada para la construcción de depósitos de almacenamiento de agua lluvia en viviendas unifamiliares y la instalación de cubiertas verdes o frías.
- Realización de las obras necesarias en las edificaciones de zonas urbanas que no cuenten con espacios de almacenamiento subterráneo para optimizar la captación en cubierta, la canalización y derivación hacia tanques ubicados en cubiertas, patios o fachadas.
- Realización de proyectos piloto en edificaciones públicas que sirvan como ejemplos motivadores para el impulso de transformación en las propiedades privadas.

Soluciones unifamiliares de captación de agua de lluvia y cubiertas verdes

M3

Organismos responsables



Costo total estimado

Estudios de prefactibilidad, planificación y diseño de soluciones	48.000
Ejecución de obras	2.400.000
Acciones de implementación	1.200.000
Gestión administrativa	24.000
Monitoreo y evaluación	216.000
Campañas de socialización y comunicación	36.000
TOTAL (USD)	3.924.000

Posibles fuentes de financiamiento

Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund)
 KfW Banco Alemán de Desarrollo
 United Nations Development Programme (PNUD)
 United Nations Environment Programme (UNEP)
 World Bank (Banco Mundial)
 GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH)
 Adaptation Fund (Fondo de Adaptación)
 EUROCLIMA+
 International Climate Initiative (IKI)

M4

Espacios verdes con soluciones de diseño climático en el área urbana de Puerto Ayora

M4

Objetivo

Incrementar las áreas verdes de la ciudad de Puerto Ayora bajo criterios de diseño adaptado al clima.

Objetivos específicos:

- Aumentar la superficie destinada a zonas verdes por habitante (al menos 12 m² por habitante (García, 2019)), generando una red estructurada de espacios libres que incluya zonas de estancia y recreación enfocadas a la reducción de las temperaturas frente a olas de calor extremo.
- Potenciar el corredor Av. Baltra – Av. Charles Darwin con intervenciones ejemplares para ser replicadas en el resto de la ciudad con proyectos de diseño urbano resiliente.
- Incorporar soluciones basadas en la combinación de la infraestructura verde y azul para generar lugares confortables y adaptados a las nuevas condiciones climáticas.

Alcance y beneficiarios

La medida abarca principalmente los núcleos rurales de Bellavista y Santa Rosa. No obstante, la acción debe tratar de generalizarse a la totalidad de los núcleos urbanizados de Santa Cruz.

Beneficiarios:

La totalidad de los habitantes de Puerto Ayora y su zona de ampliación El Mirador

Total: 12.145 habitantes

Principales acciones de la medida

Identificación y delimitación de las zonas de intervención bajo la óptica de generar una red de espacios libres ajardinados y edificaciones que aumenten el confort ambiental de la ciudad.

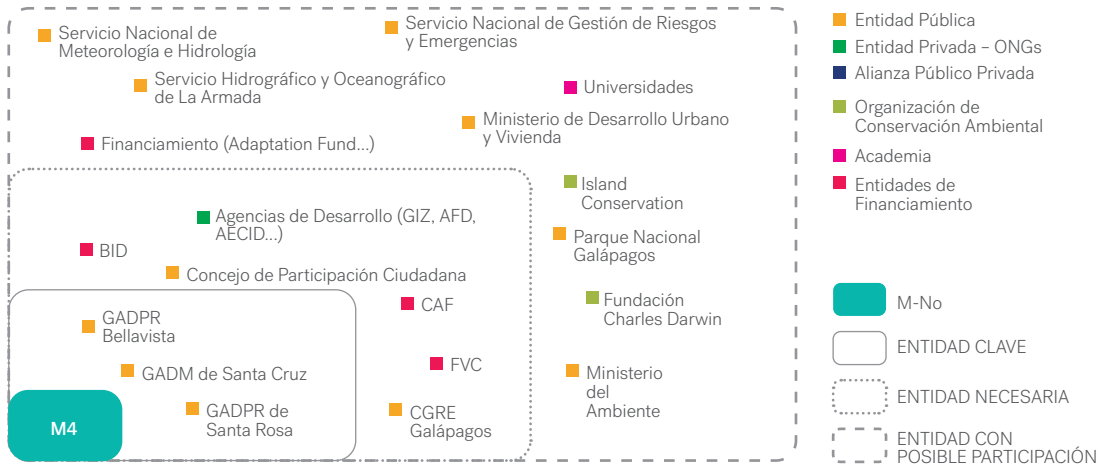
Mejora de la calidad de los espacios públicos existentes, incrementado las tasas de arbolado, las zonas de sombra y el uso de fuentes.

Conversión de la Av. Charles Darwin en un gran centro lineal recreacional de la ciudad, primando la cobertura vegetal, aumentando las zonas sombreadas y tratando de abrir la ciudad al mar.

Incremento de la plantación de especies autóctonas y bien adaptadas al clima.

Diseño de soluciones de captación de agua de lluvia con la construcción de depósitos de almacenamiento en los parques y jardines para su posterior utilización para el riego.

Posible construcción de un nuevo edificio municipal con arquitectura bioclimática que sirva de ejemplo para difusión de acciones similares en obras de urbanización y edificación.

Espacios verdes con soluciones de diseño climático en el área urbana de Puerto Ayora**M4****Organismos responsables****Costo total estimado**

Estudios de prefactibilidad, planificación y diseño de soluciones	112.000
Ejecución de obras	5.280.000
Gestión administrativa	36.000
Campañas de socialización y comunicación	120.000
TOTAL (USD)	5.548.000

Posibles fuentes de financiamiento

Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund)
 Facilidad de Inversión de América Latina (LAIF)
 KfW Banco Alemán de Desarrollo
 United Nations Development Programme (PNUD)
 United Nations Environment Programme (UNEP)
 World Bank (Banco Mundial)
 GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH)
 International Union for Conservation of Nature (IUCN)
 Adaptation Fund (Fondo de Adaptación)
 EUROCLIMA+
 Global Environment Facility: Strategic Priority on Adaptation (GEF)
 International Climate Initiative (IKI)

M5

Instalación de sistemas de drenaje sostenibles en los espacios públicos urbanos

M5

Objetivo

Contribuir a la mejora del espacio público con sistemas de drenaje que favorezcan la infiltración del agua de lluvia frente a fenómenos extremos de precipitaciones.

Objetivos específicos:

- Aumentar la permeabilidad del suelo incorporando soluciones ajardinadas que incrementen las zonas verdes urbanas.
- Reducir los caudales derivados de precipitación extrema sobre el sistema a desarrollar de alcantarillado pluvial.
- Contener y disminuir la escorrentía superficial de los espacios urbanos impermeabilizados en eventos de descarga pluviométrica elevada.

Alcance y beneficiarios

La medida abarca la totalidad de los núcleos urbanizados de Santa Cruz, Puerto Ayora y la zona de ampliación de El Mirador, Punta Estrada y las agrupaciones residenciales y de actividades terciarias (Parque Artesanal) de Bellavista y Santa Rosa.

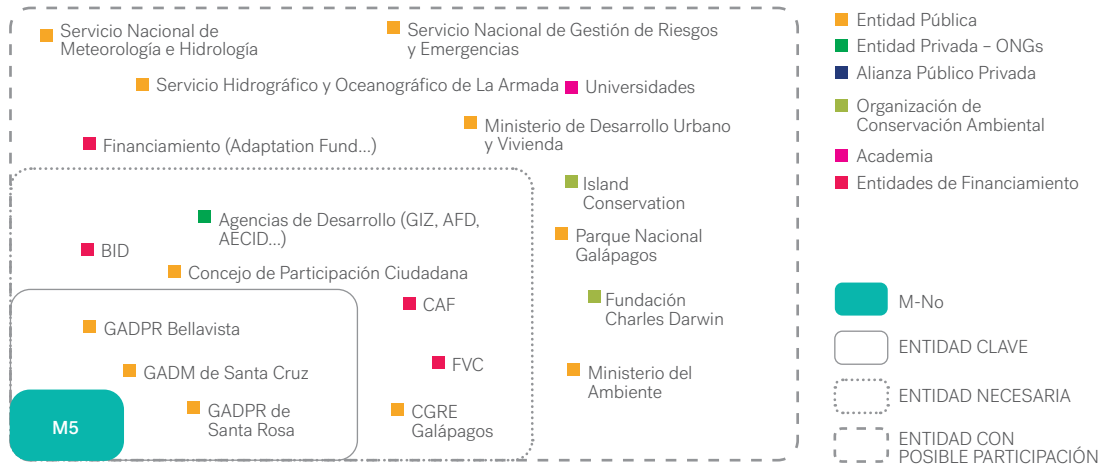
Beneficiarios:

La totalidad de los habitantes de los núcleos urbanizados de Santa Cruz

Total: 15.701 habitantes

Principales acciones de la medida

- Delimitación de los puntos conflictivos donde se producen episodios de encharcamiento para dimensionar las medidas adecuadas de drenaje.
- Identificación de sectores de mayor porosidad, con la detección de grietas y túneles volcánicos que faciliten la evacuación de las aguas de encharcamiento.
- Aumento de la superficie vegetada en los viales afectados, reduciendo al máximo las superficies impermeabilizadas y considerando la posibilidad de crear calles peatonales con obras de canalización de las escorrentías hacia áreas ajardinadas.
- Instalación de soluciones específicas para viales permeables con la construcción inmediata de un proyecto piloto que permita extraer conclusiones de las técnicas constructivas más idóneas.

Instalación de sistemas de drenaje sostenibles en los espacios públicos urbanos**M5****Organismos responsables****Costo total estimado**

Estudios de prefactibilidad, planificación y diseño de soluciones	80.000
Ejecución de obras	7.200.000
Acciones de implementación	1.120.000
Campañas de socialización y comunicación	18.000
TOTAL (USD)	8.418.000

Posibles fuentes de financiamiento

Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund)
 Facilidad de Inversión de América Latina (LAIF)
 KfW Banco Alemán de Desarrollo
 United Nations Development Programme (PNUD)
 United Nations Environment Programme (UNEP)
 World Bank (Banco Mundial)
 GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH)
 International Union for Conservation of Nature (IUCN)
 Adaptation Fund (Fondo de Adaptación)
 EUROCLIMA+
 Global Environment Facility: Strategic Priority on Adaptation (GEF)
 International Climate Initiative (IKI)

M6

Restauración ecológica y mantenimiento de las cañadas frente a inundaciones

M6

Objetivo

Reducir la vulnerabilidad a inundaciones mediante la reforestación y la restauración de las cuencas hídricas.

Objetivos específicos:

- Conocer el estado de las cañadas para la toma de decisiones frente a ocupaciones indebidas o usos no autorizados.
- Intervenir en la sección de las cañadas para evitar inundaciones o impactos en la infraestructura vial principal.
- Incrementar la vegetación de las cañadas y conservar la existente para mantener una gestión eficaz del riesgo de inundación y potenciar la conectividad ecosistémica.

Alcance y beneficiarios

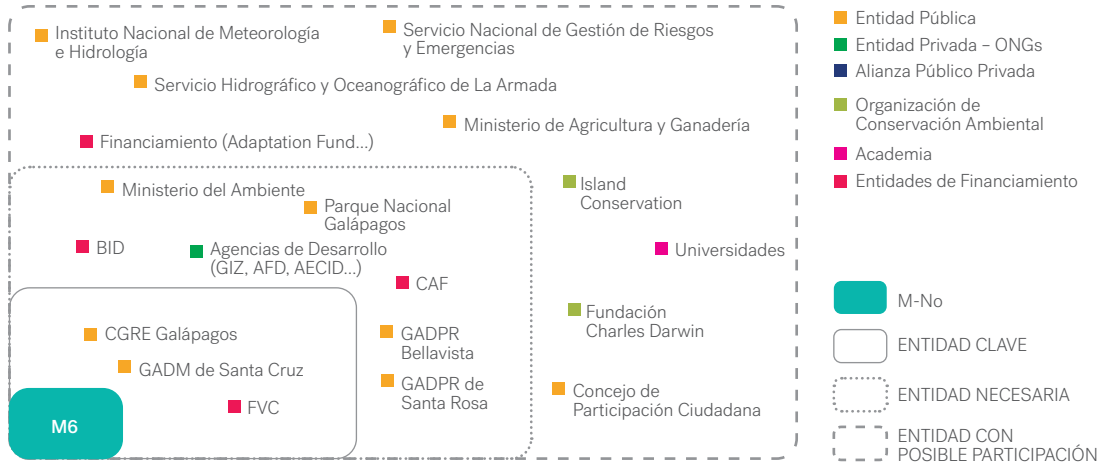
La medida resuelve los conflictos existentes entre el uso antrópico del territorio y la dinámica de las escorrentías superficiales de las principales cañadas. Por tanto, la medida se centra en los cauces con afección directa sobre los activos urbanos con un total de 63 hoyas hidrográficas que desembocan en seis puntos de la costa.

Beneficiarios:

La totalidad de los habitantes de los núcleos urbanizados de Santa Cruz
Total: 15.701 habitantes

Principales acciones de la medida

- Desarrollo de un diagnóstico pormenorizado de las cañadas, determinando su sección y altura de caudales máximos, sus posibles elementos de impacto, acciones de restauración, etc.
- Establecimiento de las obras de ingeniería necesaria en función de la evolución del clima futuro, modificando las secciones de paso de las alcantarillas-cajón de la infraestructura vial.
- Restauración de las cañadas con estrategias de revegetación con especies autóctonas y adaptadas a los condicionantes climáticos futuros, convirtiéndolos en conectores verdes de la red ecosistémica insular.
- Incorporación de medidas híbridas de restauración de suelos con el objeto de mantener su estado funcional, evitando la aparición de escorrentías de lodos y deslizamientos de tierra que provoquen pérdidas de calidad de las aguas superficiales.

Restauración ecológica y mantenimiento de las cañadas frente a inundaciones**M6****Organismos responsables****Costo total estimado**

Estudios de prefactibilidad, planificación y diseño de soluciones	96.000
Ejecución de obras	6.400.000
Acciones de implementación	288.000
Gestión administrativa	45.000
Campañas de socialización y comunicación	36.000
TOTAL (USD)	6.865.000

Posibles fuentes de financiamiento

Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund)
Facilidad de Inversión de América Latina (LAIF)
KfW Banco Alemán de Desarrollo
United Nations Development Programme (PNUD)
United Nations Environment Programme (UNEP)
World Bank (Banco Mundial)
GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH)
International Union for Conservation of Nature (IUCN)
Adaptation Fund (Fondo de Adaptación)
EUROCLIMA+
Global Environment Facility: Strategic Priority on Adaptation (GEF)
International Climate Initiative (IKI)
Norway's International Climate and Forest Initiative (NICFI) – Norad

M7

Ejecución de obras para una agricultura resiliente al clima

M7

Objetivo

Desarrollar estrategias de agricultura resiliente al clima futuro como apuesta hacia un aumento de la soberanía alimentaria.

Objetivos específicos:

- Consolidar una industria agropecuaria apoyada en la capacidad productiva de la isla, teniendo en cuenta las variaciones que se producirán en la pluviometría y temperatura.
- Instalar sistemas de protección frente a inclemencias meteorológicas, como invernaderos o sistemas de captación de agua lluvia.
- Construir sistemas de reserva hídrica mediante aljibes cerrados o depósitos de almacenamiento en respuesta a posibles episodios de olas de calor o sequía.
- Gestionar una productividad agroecológica vigilante con la introducción de especies invasoras.

Alcance y beneficiarios

La medida se centra en el ámbito territorial de las parroquias rurales de Bellavista y Santa Rosa, por ser aquellas en las que la actividad del sector primario es el más eficiente.

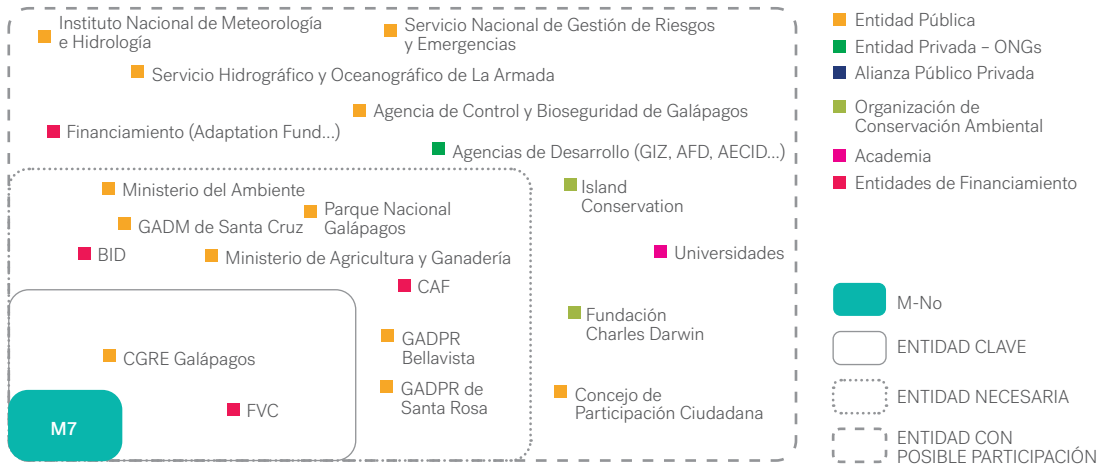
Beneficiarios:

Directos: la totalidad de los habitantes de las parroquias rurales de Santa Cruz, 3.886 habitantes

Indirectos: la totalidad de la población insular, 15.701 habitantes

Principales acciones de la medida

- Desarrollo de estudios pormenorizados de la capacidad productiva de los suelos agrícolas para introducir especies aptas y menos sensibles a las nuevas condiciones climáticas.
- Mejora de la infraestructura de captación, almacenamiento y distribución de agua para riego agrícola.
- Implementación de actuales sistemas de almacenamiento basado en reservorios de geomembrana, promoviendo la construcción de aljibes cerrados y evitando impactos en el medio natural y el aumento de vectores de enfermedades.
- Instalación de sistemas de protección frente a inclemencias meteorológicas como canalizaciones de escorrentía, diques de protección frente a inundaciones, intercalar arbolado protector para reducir la exposición, construcción de invernaderos, etc.

Ejecución de obras para una agricultura resiliente al clima**M7****Organismos responsables****Costo total estimado**

Estudios de prefactibilidad, planificación y diseño de soluciones	88.000
Ejecución de obras	4.000.000
Acciones de implementación	1.040.000
Campañas de socialización y comunicación	120.000
TOTAL (USD)	5.248.000

Posibles fuentes de financiamiento

Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund)
 Facilidad de Inversión de América Latina (LAIF)
 KfW Banco Alemán de Desarrollo
 United Nations Development Programme (PNUD)
 United Nations Environment Programme (UNEP)
 World Bank (Banco Mundial)
 International Fund for Agricultural Development
 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
 Adaptation Fund (Fondo de Adaptación)
 EUROCLIMA+
 Global Environment Facility: Strategic Priority on Adaptation (GEF)
 International Climate Initiative (IKI)

M8

Adaptación costera frente a la elevación del nivel del mar

M8

Objetivo

Conocer y comprender los posibles impactos de la subida del nivel del mar y aumentar la resiliencia de las zonas costeras y sus activos frente al cambio climático.

Objetivos específicos:

- Preservar los servicios ecosistémicos que ofrece la costa, y garantizar una adecuada gestión de los espacios urbanizados frente a este fenómeno.
- Comprender la dinámica costera para desarrollar estrategias de acción que permitan la conservación de playas, ensenadas, humedales, etc.
- Definir programas de construcción de defensas y arrecifes artificiales que permitan una adecuada protección frente a la subida del nivel del mar, y potenciar una gobernanza efectiva a nivel insular para asegurar y diversificar los medios de subsistencia costeros.

Alcance y beneficiarios

La medida abarca las áreas costeras de Santa Cruz. Se deben tener en cuenta los efectos sobre los barrios Central, Las Ninfas, Pelikan Bay y Punta Estrada, así como las instalaciones de la sede de la Fundación Charles Darwin.

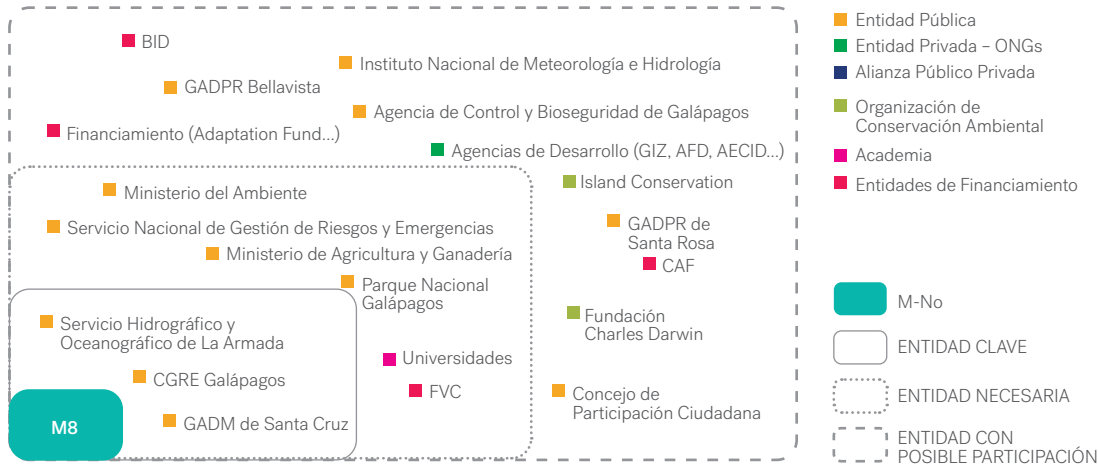
Beneficiarios:

Directos: los barrios más próximos a la costa. Total: 1.067 habitantes

Indirectos: la totalidad de los habitantes de Santa Cruz, 15.701 habitantes

Principales acciones de la medida

- Desarrollo de estudios pormenorizados sobre subida del nivel del mar y los posibles impactos derivados por efecto del oleaje, así como información cartográfica costera y batimétrica.
- Realización de modelizaciones del impacto por subida del nivel del mar para definir las áreas de actuación prioritarias y sobre los posibles impactos en los puntos de captación de agua.
- Generación de programas de gestión resiliente de la costa con proyectos de obra para el refuerzo del frente marítimo de Puerto Ayora y el espacio público colindante.
- Ejecución de obras defensivas de la línea de costa en el sector de Punta Estrada con el objeto de mantener la funcionalidad de este sector turístico.
- Actuaciones de protección de áreas ecosistémicas de alto valor (manglares), como playas o humedales que puedan ser afectados por el impacto del oleaje o la intrusión salina.

Adaptación costera frente a la elevación del nivel del mar**M8****Organismos responsables****Costo total estimado**

Estudios de prefactibilidad, planificación y diseño de soluciones	1.440.000
Ejecución de obras	23.160.000
Acciones de implementación	96.000
Monitoreo y evaluación	204.000
Campañas de socialización y comunicación	120.000
TOTAL (USD)	25.020.000

Posibles fuentes de financiamiento

Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund)
 Facilidad de Inversión de América Latina (LAIF)
 KfW Banco Alemán de Desarrollo
 United Nations Development Programme (PNUD)
 United Nations Environment Programme (UNEP)
 World Bank (Banco Mundial)
 Adaptation Fund (Fondo de Adaptación)
 EUROCLIMA+
 Global Environment Facility: Strategic Priority on Adaptation (GEF)
 Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR)
 International Climate Initiative (IKI)

M9

Capacitación y concientización frente al cambio climático

M9

Objetivo

Aumentar la capacitación y conocimiento del cambio climático y de la necesidad de ejecutar medidas de adaptación de la población insular.

Objetivos específicos:

- Establecer programas de coordinación de las diferentes instituciones para formar al personal administrativo en control de riesgos y la adaptación al cambio climático.
- Generar grupos coordinados de voluntariado en el ámbito de la adaptación al cambio climático y el control de riesgos.
- Dar a conocer los avances realizados en materia de adaptación e involucrar a las comunidades en el desarrollo de las acciones.

Alcance y beneficiarios

La medida abarca la totalidad de los núcleos de Santa Cruz, pudiéndose desarrollar en los diferentes espacios comunitarios disponibles en los GAD o en las instituciones con dependencias de acceso público en Puerto Ayora.

Beneficiarios:

La totalidad de los habitantes de Santa Cruz

Total: 15.701 habitantes

Principales acciones de la medida

- Detección del personal administrativo clave para la implementación de las medidas de adaptación que requieren formación específica en esta materia.
- Establecimiento de un programa de transferencia del conocimiento a la población adaptada según grupos de edad, condiciones sociales, nivel formativo, riesgo de impactos, etc.
- Coordinar la campaña de comunicación y formativa con planes relacionados con la gestión del riesgo y el cambio climático.
- Incentivar la participación ciudadana y la colaboración de los administradores públicos en el desarrollo de talleres y jornadas de formación.

Capacitación y concientización frente al cambio climático**M9****Organismos responsables****Costo total estimado**

Estudios de prefactibilidad, planificación y diseño de soluciones	40.000
Gestión administrativa	120.000
Monitoreo y evaluación	36.000
Campañas de socialización y comunicación	360.000
TOTAL (USD)	556.000

Posibles fuentes de financiamiento

Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund)
 KfW Banco Alemán de Desarrollo
 United Nations Environment Programme (UNEP)
 GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH)
 International Union for Conservation of Nature (IUCN)
 International Fund for Agricultural Development
 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
 Adaptation Fund (Fondo de Adaptación)
 EUROCLIMA+
 Climate and Development Knowledge Network
 Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR)
 International Climate Initiative (IKI)
 Norway's International Climate and Forest Initiative (NICFI) - Norad

M10

Sistema de monitoreo y evaluación del Plan de Adaptación al cambio climático en Santa Cruz de Galápagos

M10

Objetivo

Realizar un seguimiento robusto de las medidas de adaptación al cambio climático.

Objetivos específicos:

- Realizar de forma paralela el seguimiento de los indicadores relacionados con los riesgos derivados del cambio climático, exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.
- Identificar los avances y obstáculos de cada medida de adaptación e integrar en una única unidad técnica la evaluación de las medidas de adaptación para detectar déficits.
- Mejorar la capacidad de adaptación de la ciudad.

Alcance y beneficiarios

Abarca las áreas en las que se desarrollen las medidas de adaptación, principalmente en el cantón de Santa Cruz.

Beneficiarios:

La totalidad de los habitantes de Santa Cruz

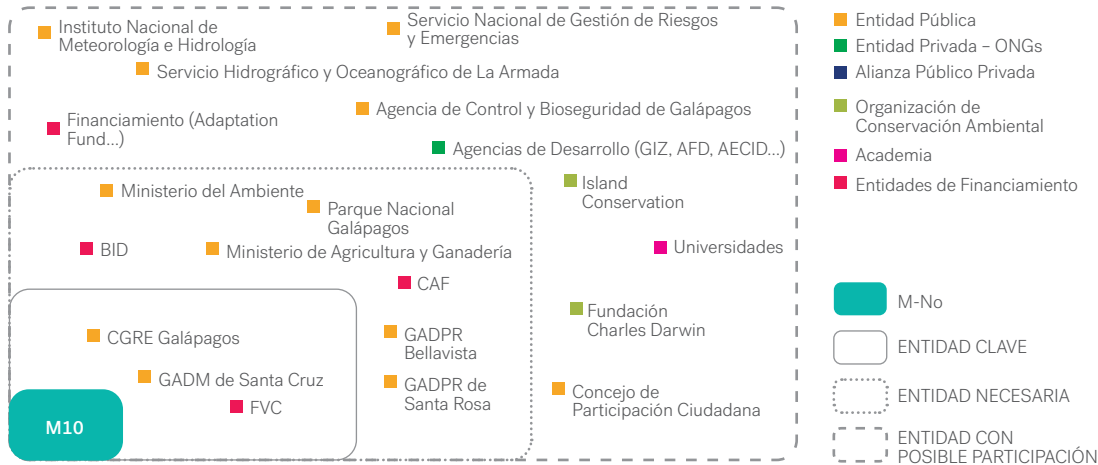
Total: 15.701 habitantes

Principales acciones de la medida

- Detectar el personal administrativo clave para la implementación de las medidas de adaptación y que requiere formación específica en esta materia.
- Crear la unidad técnica de gestión de la adaptación de la ciudad de Puerto Ayora que permita desarrollar íntegramente el Plan de Adaptación.
- Establecer el protocolo técnico de captación de datos e información básica para la evaluación mediante los indicadores.
- Mantener una política de máxima transparencia de los resultados obtenidos en la gestión de la información base de los indicadores de evaluación.
- Establecer la fórmula administrativa necesaria para la transmisión de datos a las instituciones implicadas en la financiación, gestión y operatividad.
- Integración de los nuevos indicadores de vulnerabilidad al cambio climático y Plan de Adaptación en el Sistema de Indicadores Territoriales de Santa Cruz de Galápagos.

Sistema de monitoreo y evaluación del Plan de Adaptación al cambio climático en Santa Cruz de Galápagos M10

Organismos responsables



Costo total estimado

Estudios de prefactibilidad, planificación y diseño de soluciones	32.000
Campañas de socialización y comunicación	384.000
TOTAL (USD)	416.000

Posibles fuentes de financiamiento

Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund)
 KfW Banco Alemán de Desarrollo
 United Nations Environment Programme (UNEP)
 GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH)
 International Union for Conservation of Nature (IUCN)
 International Fund for Agricultural Development
 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
 Adaptation Fund (Fondo de Adaptación)
 EUROCLIMA+
 Climate and Development Knowledge Network
 Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR)
 International Climate Initiative (IKI)
 Norway's International Climate and Forest Initiative (NICFI) – Norad



5

RECOMEN-
DACIONES
**DE IMPLÉ-
MENTACIÓN**

Para la implementación de las medidas identificadas se propone, en primer lugar, la articulación del plan en cuatro programas. La agrupación de las medidas propuestas en forma de programas facilita su financiación y proporciona potenciales sinergias entre medidas y acciones. Así mismo, la creación de programas facilita la comunicación de sus propósitos, así como la propia ejecución de las medidas, permitiendo una optimización de los recursos humanos y económicos destinados a su implementación. El plan contempla, por ello, la articulación de las medidas en los siguientes programas:

- Adaptación Urbana de Santa Cruz
- Isla Resiliente
- Infraestructuras Resilientes para Santa Cruz
- Transversal de Capacitación y Monitoreo del Plan de Adaptación

En segundo lugar, y con base en la experiencia previa, se proponen las siguientes recomendaciones que se consideran necesarias para la implementación de las acciones:

5.1. Recolección y actualización de información

La recolección y puesta al día de la información es el punto de partida necesario para la toma de decisiones. Para ello, se recomienda desarrollar estudios específicos sobre el territorio, para lo cual se ha comprobado la necesidad de generar un adecuado modelo digital del terreno de alta resolución. Esta base cartográfica actualizada será de utilidad para diversas aplicaciones, entre ellas, la planificación del sistema integral de saneamiento sanitario y del sistema separativo de aguas pluviales en las áreas urbanizadas. Igualmente, se requiere profundizar en el conocimiento de la geología y la geotecnia del territorio con el fin de aumentar el conocimiento del subsuelo, aspecto clave para la ejecución de las infraestructuras.

Otro insumo recomendable para una adecuada gestión de los acuíferos es el desarrollo de un Plan de Gestión de las infraestructuras de extracción del recurso agua, con el fin de no expoliar las fuentes de suministro. Se debe mejorar el conocimiento existente de las cañadas, determinando su sección y altura de caudales máximos, sus posibles elementos de impacto o la delimitación de sectores de intervención.

Finalmente, se recomienda desarrollar estudios específicos sobre la costa. Concretamente, la realización de modelizaciones del impacto por subida del nivel del mar para definir las áreas de actuación prioritarias ante los posibles impactos derivados por efecto del oleaje. En este sentido, es necesario también el desarrollo previo de información cartográfica de alta resolución, así como cartografía batimétrica. Se recomienda igualmente la elaboración de estudios sobre los posibles impactos en los puntos de captación de agua próximos al mar (La Camiseta) derivado de la probable intrusión marina en la red de grietas y túneles volcánicos.

5.2. Fortalecimiento institucional

Con el objetivo de garantizar un adecuado desarrollo del Plan de Adaptación, se recomienda crear una unidad técnica específica de gestión de la adaptación de la ciudad de Puerto Ayora y de los ámbitos rurales. Para ello, el personal administrativo clave para la implementación de las medidas de adaptación requiere, a su vez, formación específica en esta materia, así como herramientas para el adecuado seguimiento y monitoreo. La formulación de los próximos Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial deberá introducir la adaptación al cambio climático como una de sus prioridades en consonancia con el cambio de matriz energética en el que está inmerso el archipiélago (por ejem-

plo, el desarrollo de normativas de construcción que faciliten el aprovechamiento de la pluviometría o la minimización de la exposición a los riesgos).

5.3. Argumentación técnica para la financiación

Como se ha podido comprobar en el estudio de financiamiento, existe un buen número de entidades que pueden ofrecer financiamiento específico para las medidas de adaptación como el Green Climate Fund, KfW, o por el programa EUROCLIMA+, entre otras. A continuación, se presenta un listado de posibles recursos financieros disponibles para cada medida de adaptación.

Tabla 12. Acceso a las fuentes de financiamiento para cada medida

Fuentes de financiamiento	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Fondo Verde del Clima (Green Climate Fund)										
Facilidad de Inversión de América Latina (LAIF)										
CAF - Banco de desarrollo de América Latina										
Agencia Francesa de Desarrollo										
KfW Banco Alemán de Desarrollo										
United Nations Development Programme (PNUD)										
United Nations Environment Programme (UNEP)										
World Bank (Banco Mundial)										
GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH)										
International Union for Conservation of Nature (IUCN)										
International Fund for Agricultural Development										
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)										
Adaptation Fund (Fondo de Adaptación)										
EUROCLIMA+										
Global Environment Facility: Strategic Priority on Adaptation (GEF)										
Climate and Development Knowledge Network										
Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR)										
Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS- AECID)										
International Climate Initiative (IKI)										
Norway's International Climate and Forest Initiative (NICFI) - Norad										

Fuente: FIC, 2019.

Una memoria argumentada, basada en datos actualizados y soportado con estudios de vulnerabilidad y riesgo puede facilitar la consecución de ayudas en contextos competitivos.

En cuanto a las posibilidades de financiamiento nacional o regional, las entidades crediticias del Ecuador pueden aportar fondos para la ejecución de obras recogidas en las medidas de adaptación propuestas. En especial, el Banco de Desarrollo del Ecuador, que cuenta con diversos programas de financiamiento para la construcción de redes de agua y saneamiento. En cualquier caso, es imprescindible una excelente colaboración entre las entidades locales y nacionales, con el objeto de establecer propuestas bien estructuradas y con alto grado de éxito. Es aconsejable, en este sentido, la participación de entidades colaboradoras que presten sus conocimientos en la ejecución de las solicitudes de financiamiento.

5.4. Monitoreo y evaluación

El adecuado monitoreo del Plan de Adaptación determinará el éxito o fracaso de las medidas propuestas. Para ello, se recomienda la realización de informes anuales y cartografía actualizada de los cambios producidos por las medidas de adaptación. Entre ellos, el monitoreo de las redes de abastecimiento y saneamiento se considera imprescindible, recomendando la realización de sondeos prospectivos temporales y la instalación de sistemas de detección automática de pérdidas y fugas.

En los sectores costeros, se deberán tener en consideración los posibles impactos de la subida del nivel del mar con la instalación de mareógrafos y boyas exteriores de seguridad que aporten datos en tiempo real y que sean controlados por personal capacitado. Se recomienda, además, incorporar nuevos indicadores en función de las necesidades de evaluación detectadas, en especial, la amenaza por subida del nivel del mar y la evaluación de su impacto.

5.5. Concientización y capacitación

Complementariamente a las indicaciones propuestas, se considera altamente recomendable para la implementación de las medidas el desarrollo de campañas participativas para la ejecución y difusión de las mismas, garantizando la implicación de la ciudadanía.

Se recomienda, como base necesaria para la implementación del plan, la difusión del mismo mediante acciones de socialización, evidenciando los progresos de ejecución y los logros obtenidos en cuanto a la respuesta en la reducción de inundaciones con aspectos como el empleo de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, el desarrollo de acciones climáticamente resilientes y la protección de los sectores productivos principalmente afectados (turismo, agricultura y pesca). La participación activa de la sociedad isleña permitirá extender el compromiso por alcanzar estos beneficios ambientales, sociales y económicos derivados de las acciones.

Finalmente, la puesta en marcha de las acciones requiere también del establecimiento de un programa de transferencia del conocimiento a la población, que se adapte a los perfiles de edad, condiciones sociales, nivel formativo, riesgo de impactos, etc., lo cual favorecerá la adecuada implementación de los planes relacionados con la gestión del riesgo y el cambio climático.

6

CONSIDERACIONES
FINALES



Disponer de un diagnóstico y proyección de las vulnerabilidades que tiene la isla de Santa Cruz frente a la variabilidad y el cambio climático constituye un paso clave en el proceso de construcción de un territorio resiliente. Es, además, un insumo fundamental para la implantación de políticas, estrategias, planes, programas y proyectos orientados a reducir la fragilidad de la isla frente a los avatares asociados a los cambios del clima presentes y futuros.

La isla de Santa Cruz es una matriz territorial altamente compleja y sometida a un frágil dinamismo “socio-ecosistémico”, cuyo reto principal es conseguir un modelo de gestión territorial equilibrado y multidimensional que asegure tanto la calidad de vida de sus habitantes, como la protección y conservación de sus valores ambientales en el corto, mediano y largo plazo. En ese contexto, las tendencias observadas no dejan lugar a dudas sobre la imperiosa necesidad de llevar a cabo una gestión sumamente meticulosa con los diversos ámbitos implicados en su desarrollo, destacando el nivel social, económico y ambiental.

La evaluación de vulnerabilidad en la isla de Santa Cruz refleja una gran incidencia de las actividades antrópicas sobre los usos del suelo con importantes tasas de exposición de población y vivienda que se agudizan en el medio y largo plazo, así como fragilidades sociales importantes que denotan brechas de desigualdad, todos ellos exacerbados por el cambio climático, con impactos probables sobre el sistema socioeconómico y ambiental de la isla.

El cambio climático en la isla, según ha sido analizado, trae consigo aumentos esperables en el nivel de daño asociado a la ocurrencia de eventos adversos. En términos comparativos, dichos incrementos presentan medias en torno al 30 % respecto al valor base actual, por lo que los esfuerzos orientados a mejorar las medidas preventivas y de adaptación serán fundamentales para anticipar los impactos negativos sobre el conjunto humano, ambiental y material expuesto a las adversidades futuras.

La visión integral de los efectos climáticos, su repercusión a baja escala y la vulnerabilidad asociada son fundamento necesario para determinar medidas de adaptación concretas frente al cambio climático. Dicha formulación queda estructurada de manera estratégica a través del Plan de Adaptación, instrumento de apoyo para el desarrollo de nuevas solicitudes de financiamiento a estamentos de gestión de riesgos climáticos.

Finalmente, el estudio contribuye a la planificación estratégica de los usos del suelo, permitiendo una adecuada optimización de las herramientas de planeamiento urbano y territorial, que tendrán que formularse bajo una nueva óptica, en la que el cambio climático es determinante.

El estudio ha permitido obtener:

- **Un producto cartográfico** que identifica las áreas de mayor previsión de daño final en la dimensión socioeconómica y ambiental frente a eventos adversos.
- **Una herramienta de planificación específica** para Santa Cruz, que identifica, analiza y recoge los principales retos de actuación urbana y ambiental con miras a conseguir un aumento de su capacidad de adaptación.
- **Una estrategia construida socialmente**, que recoge un conjunto de perspectivas, conocimientos y experiencia científico-técnica de la susceptibilidad al cambio climático de la isla.
- **Apoyo técnico para la toma de decisión en la gestión del riesgo** y prevención del daño.
- **La mejora del grado de conocimiento y conciencia** sobre la posible incidencia del cambio climático en la isla.
- El desarrollo de un **Plan de Adaptación** que integra 10 medidas, agrupadas en cuatro programas:
- Adaptación Urbana de Santa Cruz

- Isla Resiliente
 - Infraestructuras Resilientes para Santa Cruz
 - Transversal de Capacitación y Monitoreo del Plan de Adaptación
- La identificación de **dos medidas priorizadas**, que son desarrolladas en detalle para su potencial solicitud de financiamiento siguiendo el formato de *Nota de Concepto del Fondo Verde del Clima*:
 - **Implementación de la red de suministro de agua potable para garantizar la soberanía hídrica (M2)**
 - **Sistema de gestión de la red de saneamiento en las áreas urbanas de Santa Cruz (M1)**



Autor imagen: A Flores López

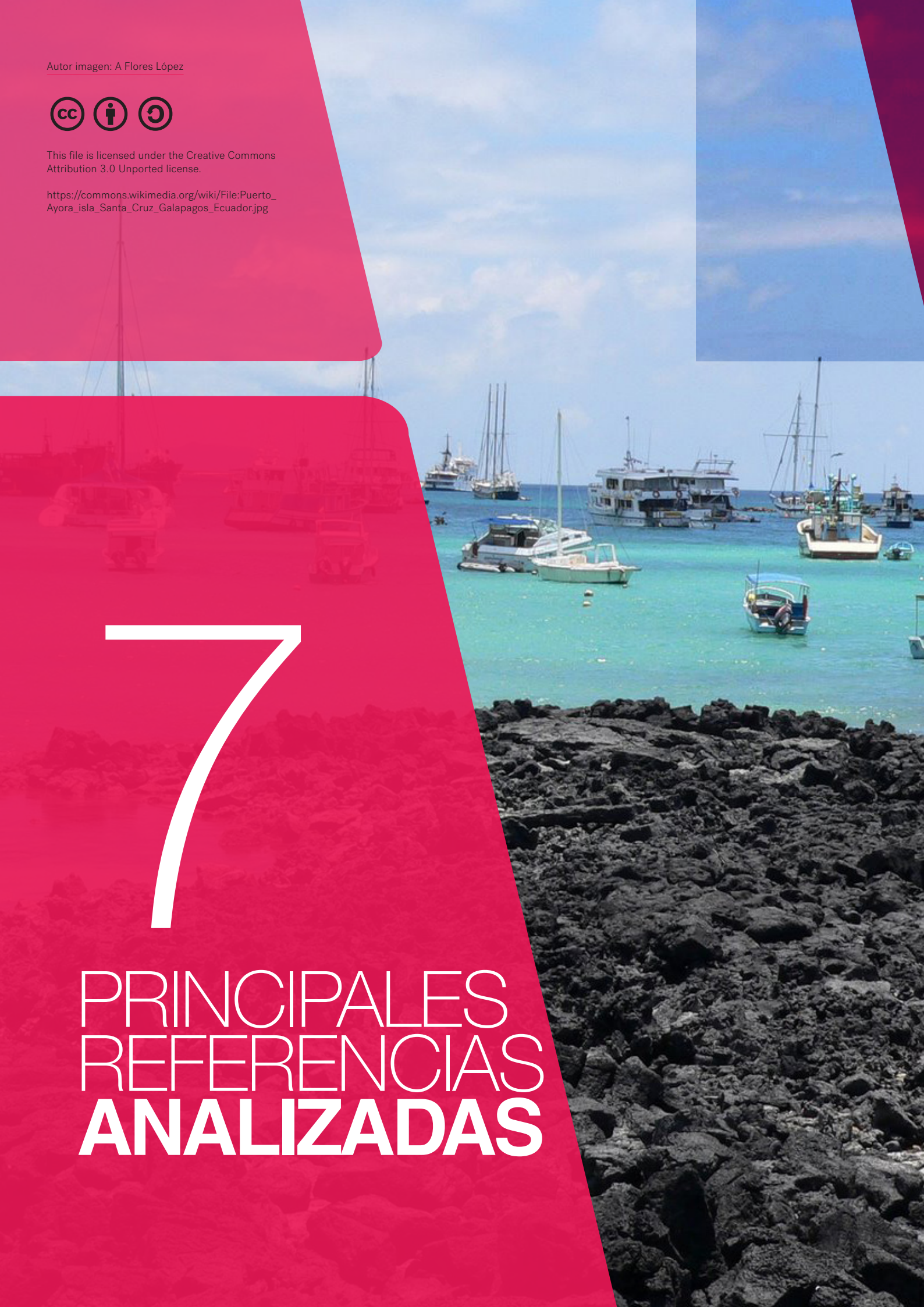


This file is licensed under the Creative Commons Attribution 3.0 Unported license.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Puerto_Ayora_isla_Santa_Cruz_Galapagos_Ecuador.jpg

7

PRINCIPALES
REFERENCIAS
ANALIZADAS



- Barrantes, G.; Vega, M., 2010. Evaluación del Servicio Ambiental Hídrico en la cuenca del río Tempisque (Costa Rica) y su aplicación al ajuste de tarifas. Revista LEBRET, 2, diciembre.
- Benítez, F., Mena, C., Zurita-Arthos, L., 2018. Urban Land Cover Change in Ecologically Fragile Environments: The Case of the Galapagos Islands. LAND, 7, 21; doi:10.3390/land7010021
- Benítez-Capistros, F., Hugé, J., Koedam, N., 2014. Environmental impacts on the Galapagos Islands: Identification of interactions, perceptions and steps ahead. Ecological Indicators, 38, 113-123.
- Cáceres, L., & Núñez, A. M., 2011. Segunda comunicación nacional sobre cambio climático. Quito.
- CAF, 2012. Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe. Editor: CAF.
- Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, 2016. Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos. Plan Galápagos. 2016-2020. Puerto Baquerizo Moreno, Galápagos, Ecuador.
- Dirección del Parque Nacional Galápagos, 2014. Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir. Puerto Ayora, Galápagos.
- DPNG, CGREG, FCD y GC. 20,17. Informe Galápagos 2015-2016. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- ESPOL-TECH EP., 2019. Estudio de zonas de peligro por presencia de túneles de lava y sistemas de grietas naturales en la zona de desarrollo urbano de Puerto Ayora y Bellavista.
- GAD Municipal del Cantón de Santa Cruz, 2012. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón de Santa Cruz 2012-2027.
- GAD Municipal del Cantón de Santa Cruz, 2014. Plan de Movilidad Sustentable de Santa Cruz 2014-2024. Puerto Ayora, Santa Cruz de Galápagos.
- García Sánchez, F., 2019. Planeamiento urbanístico y cambio climático: la infraestructura verde como estrategia de adaptación. Cuadernos de investigación urbanística, 122, pp. 1-101. Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/ciur/issue/view/448/showToc>
- Gutowski, W.J., G.C. Hegerl, G.J. Holland, T.R. Knutson, L.O. Mearns, R.J. Stouffer, P.J. Webster, M.F. Wehner, F.W. Zwiers, 2008. Causes of Observed Changes in Extremes and Projections of Future Changes in Weather and Climate Extremes in a Changing Climate. Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean, and U.S. Pacific Islands. T.R. Karl, G.A. Meehl, C.D. Miller, S.J. Hassol, A.M. Waple, and W.L. Murray (eds.). A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Washington, DC.
- INEC, 2011. Encuesta de condiciones de vida: Galápagos 2009-2010.
- IPCC, 2014: Anexo II: Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141.
- Izurieta, A. et al., 2018. A collaboratively derived environmental research agenda for Galápagos. Pacific Conservation Biology.
- Jaramillo, P., Cueva, P., Jiménez E, Ortiz, J., 2014. Green Galapagos 2050. Puerto Ayora, Galapagos, Ecuador. Charles Darwin Foundation.
- Larrea, I., Di Carlo, G. (Eds.), 2011. Climate Change Vulnerability Assessment of the Galápagos Islands. WWF and Conservation International, USA.

- Liu, J., d'Ozouville, N., 2013. Contaminación del agua en Puerto Ayora: investigación interdisciplinaria aplicada utilizando *Escherichia coli* como una bacteria indicador. Informe Galápagos 2011-2012. DPNG. CGREG, FCD y CG. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- López, J., Rueda, D., Tamura, S., Nahagama, Y., 2005. Monitoreo de calidad del agua en la isla Santa Cruz: Informe anual DNPG - JICA, Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador. 43 pp.
- MAE, 2012. República del Ecuador. Ministerio del Ambiente. Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025.
- Perales-Momparler, S., Valls-Benavides, G., 2013. Sistemas de Drenaje Sostenible (SuDS). Paisea: revista de paisajismo, Espacios de agua. Pp. 68-75. Disponible en: http://planifica.org/uploads/docs/articulos/SuDS_PAISEA024_Mar13.pdf
- Ribalaygua, J., Torres, L., Pórtoles, J., Monjo, R., Gaitán, E., Pino, M.R., 2013. Description and validation of a two-step analog/regression downscaling method. *Theoretical and Applied Climatology*, 114, 1-2, pp .253-269. Doi: 10.1007/s00704-013-0836-x.
- Sachs, J.P., Nemiah Ladd, S., 2010. Climate and Oceanography of the Galapagos in the 21st Century: Expected Changes and Research Needs. *Galápagos Research*, 67.
- Secretaría Nacional de Gestión del Riesgos, 2010. Guía Comunitaria de Gestión de Riesgos.
- Secretaría Técnica Planifica Ecuador, 2015. Agenda zonal. ZONA 5 - Litoral Centro. Provincias de Santa Elena, Guayas, Bolívar, Los Ríos y Galápagos.
- Trenberth, K. E., 1999. The extreme weather events of 1997 and 1998. *Consequences*, 5, 1, 2-15.
- Trueman, M., d'Ozouville, N., 2010. Characterizing the Galapagos terrestrial climate in the face of global climate change. *Galapagos Research* 67; 26-37. October.
- Trueman, M., Standish, R.J., Orellana, D., Cabrera, W., 2014. Mapping the extent and spread of multiple plant invasions can help prioritise management in Galapagos National Park. doi: 10.3897/neobiota.@@.7800
- Tye, A., 2006. Can we infer island introduction and naturalization rates from inventory data? Evidence from introduced plants in Galapagos. *Biol Invasions* 8, 201-215. <https://doi.org/10.1007/s10530-004-3574-2>
- U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Generalized Computer Program, Haestad Methods, "HEC - RAS for Windows River Analysis System", Hydraulic Reference Manual, 95 NT 98.
- UNISDR, 2009. Terminología sobre reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones unidas. Ginebra, Suiza, mayo de 2009. Disponible en: https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf.
- United Nations, 2016. Urbanization and Development. Emerging Futures. World Cities Report 2016. United Nations Human Settlements Programme, 2016. United Nations, Nairobi, Kenya.
- Watson, J., Trueman, M., Tufet, M., Henderson, S., & Atkinson, R. (2010). Mapping terrestrial anthropogenic degradation on the inhabited islands of the Galapagos Archipelago. *Oryx*, 44
- Wolff, M. 2010. Galapagos does not show recent warming but increased seasonality. *Galapagos Research* 67: 38-44.
- WWF, 2011. Adapting to climate change in the Galapagos Island. World Wildlife Fund.



