



Comprendiendo la vulnerabilidad, el riesgo y los impactos para la resiliencia climática

Guía metodológica basada en la experiencia



Autores

Rodney Martínez [1]

Pilar Ycaza [2]

Fanny Friend[3]

Diana Espinoza[4]

Julián Hernández[5]

Juan José Nieto[6]

Elba Fiallo[7]

Revisión y edición

Jennifer Guralnick[8],

Raúl Salazar[9]

Diseño y diagramación

Digital Center

Sugerencia de Cita

CIIFEN, 2018. Comprendiendo la vulnerabilidad, el riesgo, y los impactos para la resiliencia climática. Guía metodológica basada en la experiencia. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. Guayaquil, Ecuador.

Créditos

La sistematización de los estudios técnicos y experiencias del CIIFEN que fueron el insumo base de esta publicación se logró gracias al apoyo financiero de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, UNISDR.

Descargo de responsabilidad

Los análisis y todo el contenido técnico de esta publicación son responsabilidad exclusiva de los autores y del CIIFEN.

ISBN: 978-9942-8682-1-3

© **CIIFEN** 2018 todos los derechos reservados

[1] Director Internacional de CIIFEN: r.martinez@ciifen.org

[2] Jefe de Servicios Geoespaciales de CIIFEN: p.ycaza@ciifen.org

[3] Especialista SIG de CIIFEN: f.friend@ciifen.org

[4] Especialista SIG de CIIFEN: d.espinoza@ciifen.org

[5] Consultor independiente: julianohc1986@gmail.com

[6] Jefe de Servicios Climáticos de CIIFEN: j.nieto@ciifen.org

[7] Coordinadora de Proyectos en CIIFEN: e.fiallo@ciifen.org

[8] Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR)

[9] Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR)

Índice

I.	Presentación del documento	7
II.	Resumen ejecutivo	9
III.	Acrónimos	10
1.	Contexto Global	12
a.	Marco de Sendai	12
b.	Resiliencia y adaptación climática como meta del desarrollo sostenible	12
c.	Acuerdo de París	13
2.	Marco metodológico para la estimación de la vulnerabilidad y el riesgo	13
a.	Principios rectores aplicados por el CIIFEN	14
i.	Entender y estimar el “cambio climático Próximo a 10-15 años”	14
ii.	Privilegiar la información climatológica histórica	14
iii.	Gestión de riesgo al clima presente: primer paso para la adaptación factible	14
iv.	Entender y estimar la vulnerabilidad en el territorio y su evolución	15
v.	La adaptación al Cambio Climático es una construcción social que se hace en lo local	15
b.	Conceptos básicos	15
	Clima	15
	Cambio climático	16
	Riesgo	16
	Amenaza	16
	Vulnerabilidad	16
i.	Criterios para estimar la sensibilidad socio-económica y ambiental:	18
ii.	Criterios para estimar la exposición	18
iii.	Criterios para estimar la Capacidad Adaptativa	18
3.	Proceso para la estimación de la vulnerabilidad	19
a.	Definición del sujeto de análisis y área de estudio	20
b.	Análisis de la situación del territorio	20
c.	Determinación de la unidad de análisis	20
d.	Representación de la vulnerabilidad	20
e.	Selección de indicadores	21
f.	Formulación de la vulnerabilidad	22
g.	Ejecución del análisis de vulnerabilidad	23
i.	Consideración de amenazas	23
ii.	Selección de indicadores	25
iv.	Normalización de variables e indicadores	25
v.	Combinación de indicadores y variables– Estimación de las vulnerabilidades parciales	28

vi. Consideraciones especiales en la ejecución del análisis de vulnerabilidad	29
vii. Estimación de la vulnerabilidad total o integral	29
viii. Representación y análisis de resultados	31
ix. Difusión de resultados	31
4. Casos de estudio	32
a. Ámbito ecosistémico. Caso estudio 1: Análisis de vulnerabilidad para la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS) – Ecuador	32
1) Contexto	32
2) Sujeto de análisis	32
3) Aproximación metodológica y diseño de indicadores de vulnerabilidad	33
4) Estimación de las amenazas	33
5) Análisis del territorio	34
6) Estimación de la vulnerabilidad	35
7) Análisis espacial de la vulnerabilidad	35
8) Diseño de las medidas de adaptación	38
9) Planteamiento de escenarios para la formulación de líneas de acción	39
10) Lecciones aprendidas	40
b. Caso de Estudio 2: Análisis de vulnerabilidad socio-económica y ambiental frente al cambio climático en la Cordillera Costera – Ecuador	41
1) Contexto	41
2) Sujeto de análisis	41
3) Estimación de las amenazas	42
4) Análisis del territorio	44
5) Análisis espacial de la vulnerabilidad	45
6) Diseño de las medidas de adaptación	56
7) Lecciones aprendidas	57
c. Caso de Estudio 3: Atlas de vulnerabilidad hidroclimática de la cuenca Amazónica	58
1) Contexto	58
2) Sujeto de análisis	59
3) Estimación de amenazas	59
4) Análisis del territorio	60
5) Estimación de la vulnerabilidad	60
6) Análisis espacial de la vulnerabilidad	66
7) Diseño de las medidas de adaptación	67

d. Caso de estudio 4: Ámbito de las políticas públicas: Implementación de un sistema de información de vulnerabilidad sectorial de la provincia del Guayas frente al cambio y la variabilidad climática	68
1) Contexto	68
2) Sujeto de análisis	68
3) Estimación de las amenazas	69
4) Análisis del territorio	69
5) Limitaciones en el análisis	70
6) Estimación de la vulnerabilidad	70
7) Análisis espacial de la vulnerabilidad	71
8) Diseño de recomendaciones y posibles medidas de adaptación	79
9) Lecciones aprendidas	81
e. Caso de estudio 5. Ámbito de las políticas públicas: Información de cambio climático y biodiversidad para el fomento de políticas públicas de conservación y adaptación en la región de los Andes Tropicales	82
1) Contexto	82
2) Sujetos de análisis	83
3) Estimación de las amenazas	83
4) Análisis del territorio	86
5) Estimación de la vulnerabilidad	87
6) Análisis espacial de la vulnerabilidad	89
7) Adopción de medidas en políticas públicas	98
8) Lecciones aprendidas	98
f. Caso de estudio 6. Ámbito de la gestión de riesgos: Análisis de vulnerabilidad ante inundaciones en las cuencas binacionales Suches-Titicaca (Bolivia-Perú) y Catamayo-Chira (Ecuador-Perú)	98
1) Contexto	98
2) Sujeto de análisis	99
3) Estimación de las amenazas	99
4) Análisis del territorio	100
5) Estimación de la vulnerabilidad	101
6) Análisis espacial de la vulnerabilidad	102
7) Medidas de adaptación y acciones para la gestión territorial	103
8) Lecciones aprendidas	104

5. Potenciales problemáticas y consideraciones especiales	107
a. La participación comunitaria: una herramienta clave para el análisis de vulnerabilidad	107
b. Mapeo de actores, ¿Por qué su importancia?	107
c. Desafíos de la estimación de la vulnerabilidad y el riesgo y retos pendientes	109
e. Vinculación de análisis de vulnerabilidad con las estrategias de adaptación al cambio climático	110
6. Los retos pendientes y los próximos pasos	110
Bibliografía	114
Índice de Figuras y tablas	121

Prefacio

Los desastres de hoy van más allá de lo que hemos conocido en el pasado. Las complejas interacciones y retroalimentación entre las tendencias del cambio climático, la fragilidad de los ecosistemas, los brotes de enfermedades, la rápida urbanización, el desplazamiento masivo y la inestabilidad geopolítica, alimentados por la interconectividad de las comunicaciones, el comercio, los sistemas financieros y la política, hacen que los choques, las tensiones y las crisis resuenen a nivel mundial. Por lo tanto, la mitigación del cambio climático es crítica, pero no suficiente. Debemos concentrarnos tanto en reducir el riesgo existente, como en evitar la creación de nuevos riesgos y reforzar la resiliencia y la adaptación. El Informe Especial del IPCC sobre el Calentamiento Global de 1.5 ° C lo ha dejado claro. Los impactos del calentamiento global en los sistemas naturales y humanos ya están siendo observados. Muchos ecosistemas terrestres y oceánicos y algunos de los beneficios brindados por ellos ya han cambiado debido al calentamiento global.

Cuando se trata de acciones coherentes para reducir el riesgo de desastres, el Marco de Sendai para la Reducción de Riesgos de Desastres 2015-2030 nos brinda un plan de acción. Adoptado en 2015, el Marco de Sendai nos recuerda que el panorama de riesgos es cambiante, que es complejo y que el uso del conocimiento del riesgo existente y su aplicación en el diseño de políticas intersectoriales aún es necesario. Mejorar la resiliencia climática al mejorar nuestro conocimiento de la vulnerabilidad, el riesgo y el impacto de los fenómenos climáticos es un elemento fundamental para comprender el riesgo y, por lo tanto, permitir una mejor gobernanza del riesgo. Fortalecer la coherencia entre las agendas globales de 2030, incluyendo el Marco de Sendai, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático, es tanto un desafío como una oportunidad que requiere una mayor colaboración y conocimiento en todos los niveles de actuación. Avanzar con esta agenda no es específico de ningún sector en particular, sino más bien un enfoque de toda la sociedad.

Profundizar nuestra comprensión de los vínculos directos que existen entre el riesgo de desastres y el cambio climático es uno de los aspectos fundamentales para construir naciones más resilientes y la información proporcionada aquí a través de estudios de casos específicos sin duda servirá para fortalecer nuestra agenda común de no dejar a nadie atrás. Estos son ejemplos localizados de buenas prácticas e intercambio de experiencias que brindan soluciones innovadoras y viables a desafíos globales que de otra manera pueden ser percibidos como insuperables y complejos.

La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres desea agradecer al Centro Internacional de Investigación sobre el Fenómeno de El Niño (CIIFEN) por hacer posible esta publicación.

Raúl Salazar
Jefe de la Oficina Regional para las Américas y el Caribe
Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres

I. Presentación del documento

El Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN) es una organización Internacional sin fines de lucro establecida en enero de 2003 como resultado de intensas gestiones y acuerdos que comenzaron con la Declaración de Guayaquil en noviembre de 1998, luego del devastador evento El Niño 1997-98. Cuenta con el respaldo de su Junta Directiva Internacional integrada por representantes de los Gobiernos de Ecuador y España, la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en calidad de observador.

La misión del CIIFEN es “Implementar acciones para consolidar la interacción ciencia-política y el mejoramiento de los servicios climáticos para contribuir con la gestión de riesgos y adaptación”. En el año 2009, el CIIFEN recibió el Certificado de Mérito Sasakawa por parte de las Naciones Unidas en virtud de las prácticas innovadoras y beneficios tangibles en la entrega, uso y aplicación de la información climática para la reducción de riesgos de desastres a nivel local. En junio de 2015, el CIIFEN fue oficialmente designado como el Centro Regional del Clima de la Organización Meteorológica Mundial para el Oeste de Sudamérica (CRC-OSA). En enero de 2016, el trabajo desplegado durante el Niño 2015-16 fue explícitamente reconocido por la Asamblea de Las Naciones Unidas en la Resolución 70/110: Impactos del Fenómeno de El Niño 2015/16.

Desde los primeros años, en CIIFEN avizoramos que la reducción de los riesgos de desastres asociados al clima no podía lograrse sólo con el entendimiento, seguimiento y predicción del clima. Debíamos auscultar en el otro lado de la ecuación: las personas, sus actividades económicas, su entorno natural, las dinámicas del territorio que construyen patrones socio-culturales a veces únicos, todos los cuales en conjunto pueden o no hacer de sus poblaciones y comunidades más o menos resilientes. Nos habíamos encontrado con el reto de entender aquel factor interno del riesgo: la vulnerabilidad.

Entender la vulnerabilidad, para intentar representarla, analizarla y de alguna manera medirla, fue uno de los retos de investigación aplicada que nos impusimos en CIIFEN desde el 2005. Esto nos ha llevado durante todos estos años por una ruta desafiante de aprendizajes permanentes en donde, no son suficientes los ensayos académicos tan prolijos en conceptos, pero a veces carentes de factibilidad. Hemos aprendido sobre vulnerabilidad haciendo y confrontando nuestras aproximaciones con la realidad, el testimonio de quienes dominan los saberes de su territorio, las comunidades que sufren los embates recurrentes de los extremos climáticos, los sectores productivos que experimentan pérdidas sensibles aun cuando las amenazas naturales no son extremas. Hemos trabajado en análisis de vulnerabilidad en distintos países, regiones, ecosistemas, y bajo esquemas diversos de gobernanza. Mientras aprendíamos a aproximarnos a la vulnerabilidad, entendimos, que era necesario enseñar a los usuarios en distintos niveles que esta información debe ser utilizada para priorizar acciones en el territorio sobre una base técnico-científica; que los mapas de vulnerabilidad nos permiten identificar no solo las zonas más críticas, sino que además nos ayudan a auscultar cuáles son las causas ambientales, sociales o económicas subyacentes de la vulnerabilidad y por lo tanto proveer a los planificadores y tomadores de decisiones de una poderosa herramienta para gestionar el riesgo. En este proceso, pudimos luego añadir complejidad a los análisis para identificar los cambios en los patrones de vulnerabilidad en el tiempo y también en el espacio y descubrir el gigantesco valor agregado de los datos obtenidos a nivel local, combinados con imágenes satelitales, imágenes cartográficas y el testimonio de la comunidad.

Mientras íbamos añadiendo complejidad a nuestros análisis, enfrentamos el reto de cómo entregar esta información de manera amigable, sencilla en entornos en donde el acceso al internet es limitado. Por otro lado, vimos la necesidad de que los usuarios de estos productos no solo puedan acceder a la información de vulnerabilidad sino también a la información climática que generan diariamente las instituciones meteorológicas nacionales y otras a nivel internacional. Una de nuestros últimos hitos nos permitió desarrollar una plataforma de código abierto que permite esta integración sin generar costos de licencias comerciales a los usuarios especialmente de los sectores rurales o pequeños municipios.

A finales del año 2016, en una reunión del equipo de CIIFEN identificamos un desafío más. Habíamos aprendido, desarrollado, innovado y finalmente entregado estudios, análisis, mapas y sistemas de información a múltiples beneficiarios, pero no habíamos escrito ni sistematizado todo nuestro aprendizaje. Nos dimos cuenta entonces que esta era una tarea ardua pero necesaria. Solicitamos apoyo a la Oficina Regional de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres para las Américas en la persona del Sr. Ricardo Mena y nuestro requerimiento tuvo eco.

Esta publicación refleja el aprendizaje de más de 10 años en CIIFEN a través de experiencias prácticas y el trabajo en el terreno. Lo aquí expuesto está orientado a facilitar su aplicación por parte de los técnicos de las instituciones que trabajan en las áreas de gestión del riesgo de desastres, y quienes implementan acciones de adaptación al cambio climático, los actores del desarrollo al igual que los tomadores de decisión en los países de Latinoamérica.

Nuestro agradecimiento a la UNISDR y a todos quienes a través de proyectos de cooperación, consultorías o alianzas estratégicas, nos permitieron aprender, innovar y generar conocimiento para difundirlo en beneficio de aquellos más vulnerables.

Rodney Martínez Güingla

Director Internacional

Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño

II. Resumen ejecutivo

El presente documento recoge el proceso metodológico desarrollado por el CIIFEN a través de 10 años de experiencia, el cual ha constituido la base para el análisis de los efectos del cambio climático en sistemas poblacionales, ambientales, etc., con el fin de permitir a los tomadores de decisión la adecuada selección e implementación de medidas de adaptación y mitigación, a través del diseño de buenas prácticas para la gestión del cambio climático desde distintos ámbitos.

La primera sección denominada Contexto Global está destinada a introducir al lector en varios de los acuerdos mundiales existentes, sobre los cuales se orienta la respuesta global frente al cambio climático y la reducción del riesgo de desastres. A través de esta sección se presenta el Marco de Sendai, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, así como el Acuerdo de París.

La segunda sección del documento Marco metodológico para la estimación de la vulnerabilidad y el riesgo, presenta las bases que cimientan los procesos metodológicos para los análisis de vulnerabilidad desarrollados bajo algunos principios rectores. Esta sección introduce los conceptos básicos en materia de vulnerabilidad, riesgo y adaptación y finalmente incluye una síntesis de criterios que permiten la estimación de la susceptibilidad, la exposición y la capacidad adaptativa.

La tercera sección Proceso para la estimación de la vulnerabilidad relata paso a paso el proceso implementado por el CIIFEN, detallando aspectos técnicos clave para su replicabilidad en otros espacios. Esta sección tiene un enfoque puramente técnico, en el cual el lector encontrará aspectos que debe considerar previo a un análisis de vulnerabilidad, pautas para la identificación de indicadores de vulnerabilidad, criterios para la valoración de indicadores, normalización de resultados, y presentación de resultados de forma esquemática.

La cuarta sección Casos de estudio, está destinada a presentar experiencias de análisis de vulnerabilidad desarrollados en diferentes ámbitos, y con diferentes objetivos, desde la toma de decisiones intergubernamentales, así como el establecimiento de medidas de adaptación. Esta sección está enfocada en presentar las experiencias desarrolladas en cada caso de estudio, de forma que se constituyan como ejemplos prácticos para una réplica exitosa. Los casos de estudio citados corresponden a Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, países de la región andina del oeste de Sudamérica, donde CIIFEN desarrolla buena parte de sus actividades operacionales.

III. Acrónimos

- ADPC:** Asian Disaster Preparedness Center
- AHP:** Analytic Hierarchy Process, Método de comparación por pares descrito en Saaty (1990)
- AOGCM:** Modelos de circulación general acoplados océano-atmósfera, por sus siglas en inglés
- CAN:** Comunidad Andina de Naciones
- CIIFEN:** Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño
- CLIRSEN:** Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos
- CRC-OSA:** Centro Regional del Clima para el Oeste de Sudamérica
- ENCC:** Estrategia Nacional de Cambio Climático
- ETCCDI:** Equipo de expertos en la Detección de Cambio Climático e Índices (según sus siglas en inglés)
- FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
- FMI:** Instituto Meteorológico de Finlandia
- FORAGUA:** Fondo Regional del Agua
- GAD:** Gobierno Autónomo Descentralizado
- IAMC:** Integrated Assessment Modelling Community
- IGM:** Instituto Geográfico Militar del Ecuador
- INAMHI:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador
- INE:** Instituto Nacional de Estadística de Bolivia
- INEC:** Instituto Nacional de Estadística del Ecuador
- INEI:** Instituto Nacional de Estadística del Perú
- INDECI:** Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú
- IPCC:** Panel Intergubernamental de Cambio Climático
- IRD:** Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo
- MAGAP:** Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Pesca del Ecuador
- NDVI:** Índice Estandarizado de Precipitación
- OIEWG:** Grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres
- OGC:** Open Geospatial Consortium
- OMM:** Organización Meteorológica Mundial
- ONG:** Organización no Gubernamental
- OTCA:** Organización del Tratado de Cooperación Amazónica
- PNUD:** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- PNUMA:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (En la actualidad ONU Medio Ambiente)
- PRASDES:** Programa Regional Andino para el Fortalecimiento de los Servicios Meteorológicos, Hidrometeorológicos, Climáticos y el Desarrollo
- PROMSA:** Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios del Ecuador
- SAT:** Sistema de Alerta Temprana
- SENAGUA:** Secretaría Nacional del Agua del Ecuador
- SENPLADES:** Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador
- SYKE:** Instituto de Medio Ambiente de Finlandia
- SMHN:** Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales
- SIISE:** Sistema Integrado de Indicadores Socioeconómicos
- SGR:** Secretaría de Gestión de Riesgos de Ecuador
- SNAP:** Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Ecuador

UNISDR: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres

UTPL: Universidad Técnica Particular de Loja

VIDECI: Viceministerio de Defensa Civil de Bolivia

1. Contexto Global

a. Marco de Sendai

En la tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres celebrada en marzo de 2015 en Sendai, Japón, se adoptó el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.

El marco de Sendai para los quince años se enfoca en prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducir los existentes a través de medidas integradas e inclusivas de índole económica, estructural, jurídica, social, sanitaria, cultural, educativa, ambiental, tecnológica, política e institucional. Se promueven las acciones que prevengan y reduzcan el grado de exposición a las amenazas y la vulnerabilidad a los desastres, aumenten la preparación para la respuesta y la recuperación y refuercen de ese modo la resiliencia (UNISDR 2015).

Para llevar a cabo el resultado y objetivo del Marco de Sendai, y a partir de la experiencia adquirida con el anterior marco de acción de Hyogo, los Estados deben adoptar medidas específicas a partir de los 13 principios rectores y las 7 metas de manera articulada entre todos los sectores que se desglosan a partir de las siguientes cuatro prioridades de acción:

- Prioridad 1: Comprender el riesgo de desastres
- Prioridad 2: Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo
- Prioridad 3: Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia
- Prioridad 4: Aumentar la preparación frente a desastre a fin de dar una respuesta eficaz y para “reconstruir mejor” en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción

Para cada una de estas prioridades se analiza además su relevancia y posible aplicabilidad, desde la mundial y regional, así como a nivel nacional y local, de manera que se engrane de forma pragmática y eficiente el accionar conjunto.

En dicho accionar deben estar involucrados tanto los gobiernos como los actores pertinentes, éstos últimos en especial como facilitadores del apoyo proporcionado a los Estados, de acuerdo a las políticas, leyes y regulaciones nacionales, en la aplicación del presente marco a nivel local, nacional y mundial, donde su compromiso, buena voluntad, conocimiento, experiencia y recursos serán necesarios. Los actores se rigen por unas funciones y responsabilidades específicas, debiendo además alentar a otros actores públicos y privados a llevarlas a cabo (UNISDR 2015).

El presente documento contribuye a las prioridades 1 “Comprender el riesgo de desastres” y 2 “Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo” del Marco de Sendai. Así, a partir de una caracterización climática y con la metodología para comprender, estimar y representar la vulnerabilidad, la identificación de los sectores más susceptibles ante los distintos eventos adversos, la aplicación de proyectos y las reuniones con los distintos sectores, se trabaja en el primero, mientras que con los resultados de las distintas aplicaciones metodológicas, que se brindan a los tomadores de decisión y sectores poblacionales se trabaja por la gobernanza de una manera tácita.

b. Resiliencia y adaptación climática como meta del desarrollo sostenible

Con la mira puesta en dar respuesta a las necesidades y prioridades globales más acuciantes, los Estados Miembros de las Naciones Unidas adoptan el 25 de septiembre de 2015 los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la nueva agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.² Cada uno de los 17 objetivos cuentan con metas específicas a cumplirse en el periodo de 15 años.

Los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) orientan el accionar a distintos actores, desde el

1 UNISDR 2015: Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres –UNISDR.- http://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf (Último acceso Marzo 2017)

2 <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/la-agenda-de-desarrollo-sostenible>

gubernamental, el sector privado, la sociedad civil, la cooperación internacional y las ONGs, entre otros.

Las experiencias y aprendizajes a ser presentados en esta publicación contribuyen directa o indirectamente a los siguientes ODS:

- ODS 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- ODS 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- ODS 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.

c. Acuerdo de París

El Acuerdo de París se suscribe el 12 de diciembre de 2015, firmado por 175 países en abril de 2016, y entrando en vigor el 4 de noviembre de 2016, renovando la voluntad política de las naciones del mundo para hacer frente al cambio climático estableciendo acciones específicas relacionadas con la armonización de gestión del riesgo, la adaptación y la necesidad de entender la vulnerabilidad.

El objetivo principal del Acuerdo de París es fortalecer la respuesta global ante el cambio climático, manteniendo un incremento de temperatura global de este siglo inferior a los 2°C de temperatura por encima de los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar el incremento de temperatura a 1,5°C. Además, el Acuerdo tiene como objetivo fortalecer la capacidad de los países para hacer frente a los impactos del cambio climático. Para alcanzar estos objetivos ambiciosos, se establecerán flujos financieros apropiados, un nuevo marco tecnológico y un marco mejorado de la creación de conocimiento y capacidades; apoyando así la acción de los países en vías desarrollo y los más vulnerables ante estos fenómenos, de conformidad a sus líneas principales y objetivos nacionales. El Acuerdo también prevé una mayor

transparencia de la acción y apoyo mediante un marco de transparencia sólida³.

La ratificación del Acuerdo en noviembre de 2016 implica una serie de compromisos gubernamentales y esfuerzos por reducir los impactos perniciosos, provocados por las actividades del ser humano. Se apunta a que dichos compromisos sean ratificados por los Estados teniendo en cuenta los factores climáticos que influyen en general y en cada área particular.

2. Marco metodológico para la estimación de la vulnerabilidad y el riesgo

Una metodología es una serie ordenada de pasos o procedimientos a seguir para el logro de un objetivo. En realidad, toda metodología parte siempre de un enfoque, de un modo de ver y entender lo que se busca, de conceptos y criterios determinados⁴.

Para aplicar la metodología de todo estudio de vulnerabilidad y riesgo climático hay que contemplar un enfoque integral en el que la interacción de las dimensiones sociales, económicas y ambientales sean tomadas en cuenta y aproximadas de la mejor forma posible. Un esquema conceptual de referencia para reflejar esta interacción se muestra en la figura 1.

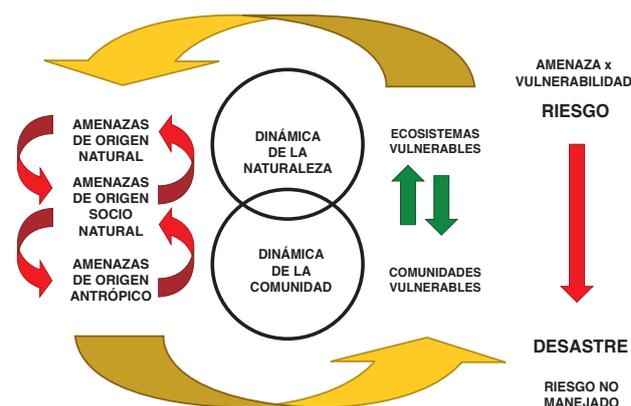


Figura 1: Interacción de las dinámicas de la naturaleza y la comunidad

Fuente: Wilches, G. (2006)

³ <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/la-agenda-de-desarrollo-sostenible>

⁴ CIIFEN (2017)

a. Principios rectores aplicados por el CIIFEN

Los principios a partir de los cuales se ha llevado a cabo el cometido de CIIFEN en el diseño metodológico para el análisis de vulnerabilidad climática se resumen en los siguientes puntos⁵:

- Entender y estimar el “cambio climático para los próximos-10-15 años”.
- Privilegiar la información climatológica histórica.
- La gestión de riesgo del clima presente: primer paso a la adaptación factible.
- Entender y estimar la vulnerabilidad en el territorio y su evolución.
- La adaptación al cambio climático es una construcción social que se materializa en el nivel local.

i. Entender y estimar el “cambio climático Próximo a 10-15 años”

En términos de planeamiento y toma de decisiones por parte de las autoridades, es poco práctico utilizar únicamente las proyecciones globales a 30, 50 u 80 años. Las razones son varias: la sustancial incertidumbre asociada a tan largo plazo, el horizonte de tiempo de las autoridades es muchísimo menor que el de las proyecciones globales y, finalmente, la resolución espacial de las proyecciones que es demasiado general para ser utilizada en el ámbito local.

El definir un horizonte de 10 a 15 años para el análisis de las variables climáticas y su tendencia tiene que ver con dos factores: 1) se ajusta más a los requerimientos de la planificación a largo plazo, y 2) este periodo de tiempo es el más confiable para el análisis de tendencias climáticas que se realiza de acuerdo a la metodología que se propone. En otras palabras, con este periodo de tiempo aseguramos mayor aplicabilidad de la información y más solidez de las tendencias climáticas obtenidas.

ii. Privilegiar la información climatológica histórica

Hay dos pasos importantes en el análisis relacionado con cambio climático: la detección y la atribución. La detección consiste en el procesamiento y análisis

requerido para encontrar una variación atípica ajena a la variabilidad natural. La atribución es el proceso científico mediante el cual se establece que la señal de cambio en el clima está relacionada a los gases de efecto invernadero y consecuentemente a la actividad humana.

A nivel local, la relación de la actividad humana con los ecosistemas se manifiesta sobre el territorio e influye en el clima. El resultado de esta interacción se evidencia en el comportamiento de las variables atmosféricas como la temperatura, la precipitación o la presión atmosférica.

La evolución de estos parámetros en el tiempo, son la evidencia fehaciente de los cambios en las interacciones que se han producido en una determinada ubicación geográfica, por ello, no hay mejor indicación de esa evolución que las observaciones meteorológicas de las estaciones locales. Es por esto, que, para un análisis local, el uso de la información de las estaciones meteorológicas debe ser la prioridad y en su ausencia se pueden abordar otras aproximaciones como, las estaciones cercanas, o bases de datos internacionales. Las bases de datos internacionales (datos de reanálisis) son el resultado de un procesamiento en escala espacial mayor que combina observaciones con resultados de modelos numéricos, que se deben usar ante la ausencia de observaciones provenientes de estaciones meteorológicas.

iii. Gestión de riesgo al clima presente: primer paso para la adaptación factible

Cuando se habla de cambio climático, entendido como un elemento adicional a la variabilidad climática natural, inmediatamente se debe asumir que los impactos sobre la población van a incorporar un nuevo elemento, que no debe ser abordado aisladamente. El cambio climático va a continuar exacerbando los problemas subyacentes existentes, generando nuevas dificultades, pero su tratamiento debe ser integral. Para el habitante de una zona o lugar concreto, resulta indiferente si lo que le está ocurriendo es debido a la variabilidad climática o al cambio climático, esa persona sólo desea que los efectos negativos se reduzcan y que pueda estar preparado de la mejor forma para hacer frente a los embates del clima.

⁵ CIIFEN (2012)

En ese sentido, es altamente recomendable diseñar una estrategia de adaptación al cambio climático que incluya de forma específica y práctica el fortalecimiento de la gestión de riesgo al clima presente, adecuándose a los objetivos para cumplir con el desarrollo sostenible. Es en este punto donde la gestión del riesgo y la adaptación se interceptan.

El historial de los impactos del clima en una población, así como sus manifestaciones, forma e intensidad, son pilares de información fundamental para identificar los factores de vulnerabilidad que hay que gestionar para reducirlos.

Una vez identificadas las amenazas climáticas, así como los niveles y factores de vulnerabilidad, acorde al conocimiento climático local, y en consecuencia para satisfacer las necesidades locales, es posible pensar en la adaptación al clima a mediano y largo plazo.

La adaptación como proceso puede explicarse teóricamente, resultando en aproximaciones y reflexiones poco prácticas y aplicables cuando se somete únicamente a un análisis teórico, lo cual muchas veces no es aplicable por no ser afín con el entorno del territorio. Lo más recomendable para la adaptación factible es partir de la gestión de riesgo al clima presente, siendo consecuente con la aplicabilidad de las medidas en el terreno.

iv. Entender y estimar la vulnerabilidad en el territorio y su evolución

Desde el punto de vista práctico, la información climática es importante, pero en sí sola no es suficiente para orientar adecuadamente las acciones de adaptación a nivel local. Se requiere estimar la vulnerabilidad y consecuentemente es indispensable entender las manifestaciones y factores de construcción de la vulnerabilidad sobre el territorio.

Entender la vulnerabilidad implica identificar y valorar factores socioeconómicos, institucionales, ambientales, su diferenciación y dispersión geográfica, que inducen en su conjunto a que las poblaciones, sus medios de vida o ecosistemas, sean más o menos susceptibles a la variabilidad y el cambio climático.

Una vez que se ha caracterizado la vulnerabilidad, entendiendo los factores más relevantes que la

construyen, se puede estimar su posible evolución espacial y temporal crucial para prever su gestión y específicamente, planear la adaptación.

v. La adaptación al Cambio Climático es una construcción social que se hace en lo local

Adaptarse al clima y sus cambios implica modificar conductas individuales y colectivas que finalmente afectan todos los ámbitos de la sociedad y economía. Un proceso de tal complejidad solo puede construirse de acuerdo a las particularidades del ámbito local y debe ser validado y sostenido por la población de abajo hacia arriba y no al contrario. Como tal, esta construcción social es lenta, de avance gradual y reajutable en el tiempo.

Los cambios referidos corresponden a actividades sociales o medios de vida como parte del sustento general y económico de las familias a nivel local o comunitario. Los cambios de actividades, como pasar de agricultura a pesca, tendrán además incidencia sobre los recursos naturales y la forma de aprovechamiento de éstos recursos (medios de vida) se consolidarán como medidas de adaptación local, que de acuerdo al tipo de aprovechamiento podrá ser categorizado como sostenible o no.

Los cambios mencionados desde el nivel local, finalmente tienen repercusión en la economía nacional, y es por ello recomendable un proceso participativo, con orientación técnica y científica, que se base además en los planes locales, regionales y nacionales de desarrollo, desplegado desde las bases de la sociedad para el fortalecimiento de las capacidades adaptativas (adaptación de abajo hacia arriba).

b. Conceptos básicos⁶

Clima

El clima son las condiciones atmosféricas predominantes durante un período determinado sobre un lugar o región, las cuales están controladas por factores radiativos forzantes (radiación solar y efecto invernadero de la atmósfera terrestre), la

⁶ Conceptos referenciados por el OIEWG (2016) -Grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres- y matizados según la experiencia en la aplicación metodológica de CIIFEN

interacción de la atmósfera con otros componentes del sistema Tierra (hidrosfera, biosfera, litosfera y antroposfera) y la influencia de factores físico-geográficos (latitud, altitud sobre el nivel del mar, continentalidad, orografía, circulación atmosférica, corrientes marinas)⁷.

Cambio climático

Constituye una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más).

Se debe tener en cuenta que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, define ‘cambio climático’ como: ‘un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables’. La CMCC distingue entre ‘cambio climático’ atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y ‘variabilidad climática’ atribuida a causas naturales.

Riesgo

La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. (UNISDR, 2009)

El riesgo se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad, tendiéndose como puente entre ellas, la exposición. Si el elemento expuesto es afectado (se encuentra dentro del área de cobertura de la amenaza) entonces habrá un riesgo que dependerá tanto de la magnitud de la amenaza diferenciada según su intensidad para las diferentes partes del territorio expuesto, como de las características internas (vulnerabilidad) de dicho elemento para soportar los embates del evento adverso (amenaza).

La ausencia de cualquiera de estos tres elementos (amenaza, vulnerabilidad o exposición) elimina el riesgo, por lo cual la formulación del riesgo considera a cada uno de estos elementos no como términos, sino como factores.

Amenaza

Factor externo (del riesgo) representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o antrópico, que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas. En el caso de cambio climático se relacionan tanto con las amenazas climáticas como con las meteorológicas.

Vulnerabilidad

Se entiende por vulnerabilidad al nivel al que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del cambio climático, la variabilidad climática y otros fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a los que se encuentra expuesto un sistema, así como de su sensibilidad, y su capacidad de adaptación.

La vulnerabilidad al cambio climático se define como la “Medida en que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluso la variabilidad climática y los episodios extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación”.

La vulnerabilidad constituye una característica interna del sistema analizado, por lo tanto para gestionar el riesgo, es la vulnerabilidad la que puede ser manejada. Para lograr esto, la vulnerabilidad debe ser estudiada, comprendida y mapeada.

Para estudiar y comprender la vulnerabilidad deben conocerse los factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que por un lado aumentan la susceptibilidad (fragilidad) de una comunidad o sistema, al impacto de una amenaza y, por otro lado, aquellos que ayudan a que el sistema soporte dichos impactos (capacidad adaptativa).

Para analizar la vulnerabilidad se deben considerar alguna de sus características:

⁷ Tomado de Apuntes de climatología del Dr. José Daniel Pabón.

Interna	<i>Es inherente a la naturaleza propia del sistema o sujeto.</i>
Específica	<i>No es lo mismo vulnerabilidad climática que vulnerabilidad sísmica.</i>
Dinámica	<i>Los factores que construyen o modifican la vulnerabilidad son cambiantes, no son estáticos.</i>

La naturaleza interna de la vulnerabilidad permite gestionar o manejar todos los elementos que la construyen y constituirse en el primer paso para una adaptación factible. Si se identifica y representa de mejor manera la vulnerabilidad y los factores individuales que la construyen, será posible diseñar medidas de adaptación más efectivas.

Luego de haber definido los efectos más probables del cambio climático a nivel local, el siguiente paso clave en un estudio de vulnerabilidad es, definir el sujeto de análisis o el objeto al que se orienta el estudio. El sujeto de análisis puede ser:

- o La población
- o La infraestructura
- o Los medios de vida
- o Los ecosistemas
- o La población-medios de vida-ecosistemas

Sensibilidad

Nivel en el que un sistema resulta afectado, ya sea negativa o positivamente, por estímulos relacionados con el clima. El efecto puede ser directo (por ejemplo, un cambio en la producción de las cosechas en respuesta a la media, gama o variabilidad de las temperaturas) o indirecto (los daños causados por un aumento en la frecuencia de inundaciones).

Exposición

El tipo y grado en que un sistema se encuentra expuesto a variaciones climáticas importantes. Un sistema está expuesto a una amenaza cuando converge o coincide con el campo de acción o área de manifestación de la misma.

Capacidad de adaptación

Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los cambios extremos) a fin de moderar los daños potenciales, aprovechar las consecuencias positivas, o soportar las consecuencias negativas. Es importante enfatizar que, la adaptación implica ajustarse al CLIMA, que engloba el marco del cambio climático, variabilidad climática o eventos puntuales.

Considerando al clima como un todo, es posible adoptar medidas reales y factibles, por tal motivo la adaptación al clima presente es de tal importancia incluso más importante que la adaptación al clima futuro, pues en la construcción de capacidad de adaptación al clima presente se construye la adaptación al clima futuro.

“En la sensibilidad o susceptibilidad se incluyen aquellos factores que contribuyen a una mayor afectación al sujeto de análisis por parte de la amenaza climática. En la capacidad adaptativa se consideran los factores que contribuyen a mejorar la respuesta de las personas frente a los efectos climáticos y consecuentemente reducir sus impactos”. (CIIFEN, 2013)

Proyección climática

Proyección de la respuesta del sistema climático a escenarios de emisiones o concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles, o escenarios de forzamiento radiativo, basándose a menudo en simulaciones climáticas. Las proyecciones climáticas se diferencian de las predicciones climáticas para enfatizar que las primeras dependen del escenario utilizado de forzamientos radiativo /emisiones/ concentraciones/ radiaciones, que se basa en hipótesis.

Predicción climática

Resultado de un intento de producir la descripción o la mejor estimación de la evolución real del clima en el futuro (a escalas temporales estacionales, interanuales o a largo plazo).

i. Criterios para estimar la sensibilidad socio-económica y ambiental:

Partiendo de la experiencia práctica en CIIFEN, la estimación de la sensibilidad social, económica y ambiental frente al clima debería obedecer los siguientes criterios sugeridos

Identificación de amenazas	<i>Identificación de las amenazas climáticas que se ciernen sobre el sujeto de análisis, a partir del análisis climático, evidencias históricas y las percepciones de la población local.</i>
Identificación de indicadores de vulnerabilidad	<i>Identificación de factores no climáticos (indicadores) que influyen en las relaciones clima-población, clima-medios de vida, clima-ecosistemas (según el sujeto de análisis y la amenaza), considerando para ello no sólo el criterio del equipo de trabajo, sino también fuentes bibliográficas que abordan esta temática y el criterio de expertos y de actores locales.</i>
Agrupación de indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación	<i>Incorporación al análisis de los factores no climáticos identificados, agrupándolos según su génesis en: sensibilidad o capacidad adaptativa.</i>
Valoración de indicadores	<i>Realización de la valoración de los factores no climáticos según la amenaza de que se trate y según su aporte a la vulnerabilidad en cada una de sus gradaciones o escalas de medición</i>
Cálculo de vulnerabilidad y representación de resultados	<i>Aplicación de las formulaciones propuestas para cada caso y la subsiguiente representación de resultados, considerando en ambos casos (formulación y representación) las versiones oficiales.</i>

ii. Criterios para estimar la exposición

La estimación de la exposición debe considerar los siguientes criterios:

- Efectuar en primera instancia un cálculo de índices climáticos, derivados de datos observados en estaciones meteorológicas y en su ausencia, usar datos de reanálisis o los resultados de proyecciones como último recurso.
- Definir espacialmente las áreas donde existirían tendencias de cambio de estos índices climáticos.
- Definir las áreas de población, medios de vida o ecosistemas (zona de emplazamiento del sujeto de análisis). Para ello una vez definidas estas áreas es conveniente realizar una binarización mediante la cual se atribuye el valor de 1 al territorio de emplazamiento o cubierto por el elemento expuesto y 0 a aquellos donde el elemento expuesto es inexistente.
- Obtener la intersección de las áreas con tendencias de cambio de índices climáticos y él o los elementos expuestos según el caso. Con esta operación se eliminan los territorios no expuestos o donde no existen elementos expuestos,

- Solo las áreas en dónde hay coincidencia de la población, medios de vida o ecosistemas (elementos expuestos) y afectación documentada de eventos climáticos (representados como índices climáticos) deben ser considerados como áreas de exposición.

- Los valores de la exposición serán entonces aquellos atribuidos a la amenaza dentro del territorio de cobertura del elemento expuesto.

iii. Criterios para estimar la Capacidad Adaptativa

Existen varias formas de establecer los criterios para estimar la capacidad adaptativa, sin embargo, es difícil mantener en forma rígida una sola aproximación. Está claro que, en cada estudio de vulnerabilidad en cada región geográfica, ecosistema o población existen particularidades.

En términos generales, la capacidad adaptativa se construye como resultado de la suma de varios factores. En las tablas 1 y 2 se da un ejemplo de los factores de capacidad adaptativa relacionados con la población y la gobernanza respectivamente:

Capacidad adaptativa de las poblaciones
Conocimiento y percepción del riesgo
Acciones de respuesta y adaptación
Mecanismos individuales de respuesta y adaptación
Organización comunitaria y redes sociales de apoyo. Ejemplo –Género-
Potencial acceso a financiamiento por parte de comunidades
Demografía y economía
Enfoque hacia la resiliencia
Albergues

Tabla 1: Factores orientativos para caracterizar las capacidades adaptativas de la población. Fuente: Centro Asiático para la Prevención de Desastres (ADPC por sus siglas en inglés) y la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR)

Gobernanza
Rol y responsabilidad
Marco legal y normativo
Programas de gestión de riesgos
Información/Conocimiento
Capacidad y recursos
Representación / participación
Rendición de cuentas
organizacionales
Compromiso y versatilidad en trabajos de Cambio Climático
Compromiso institucional y organizacional y versatilidad para reducir la vulnerabilidad. Ejemplos: Asignación presupuestaria, proyectos o medidas orientas a la reducción de la vulnerabilidad, etc.

Tabla 2 Factores que ayudan a caracterizar las capacidades adaptativas de la gobernanza. Fuente: Centro Asiático para la Prevención de Desastres (ADPC por sus siglas en inglés) y la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR)

3. Proceso para la estimación de la vulnerabilidad

a. Definición del sujeto de análisis y área de estudio

El sujeto de análisis constituye el elemento central a estudiarse, hacia el cual se dirige el análisis de vulnerabilidad, por lo que, todo indicador seleccionado debe orientarse a dicho sujeto. El sujeto de análisis, por tanto, puede ser tan variado como sistemas o sujetos se puedan analizar frente a los impactos del cambio y la variabilidad climática, pudiendo citarse por ejemplo la población, los ecosistemas y la infraestructura.

Generalmente el sujeto de análisis está dado por los requerimientos del beneficiario o interesado en el estudio, caso contrario es necesario priorizar dentro del territorio de análisis, aquel sujeto sobresaliente o el que sustenta a dicho territorio y que podría ser impactado, considerando siempre en este caso que, en zonas habitadas, el sujeto de análisis que debe prevalecer es la población.

El área de estudio es el espacio o superficie que va más allá de la ubicación del sujeto de análisis. En determinados casos al área de estudio se adiciona un área de influencia o una zona de amortiguación, para no obviar la presión que ciertos elementos externos podrían estar ejerciendo sobre el área de estudio.

Para muchos de los estudios, como ocurre en los análisis de ecosistemas, se precisa tener presente una zona de amortiguación, “buffer” o área de influencia. En general, la extensión ideal de una zona de amortiguamiento o la delimitación de zonas de influencia sobre un área de conservación es variable, lo cual depende de los objetivos de esta delimitación, los usos del suelo en sus alrededores y sobretodo de las amenazas o presiones que se ciernen sobre estas áreas de conservación⁹.

En muchos casos, como una extensión del área de estudio, se genera un “buffer” para delimitar un área de amortiguación, en algunos casos ya establecidos a partir de normativas, como gasoductos u oleoductos, entre otros; la apreciación depende de las características técnicas según el objeto de análisis, por lo que hay que tener en cuenta todo cinturón o entorno

⁸ Gobernanza referido a las distintas escalas político-administrativas, desde lo local a lo nacional y comunitario

⁹ En: DMQ-CIIFEN (2013) & Ebregt A, De Greve P., (2000)

que pueda ejercer influencia en la vulnerabilidad del sujeto de estudio, ya que en la mayoría de los casos no existe ninguna tipificación previa.

Desde el punto de vista del análisis de los ecosistemas, se delimita un espacio aproximado que permita cubrir el ecotono¹⁰ en el cual los factores bioclimáticos y el gradiente térmico generan una mayor influencia gradualmente¹¹. La distancia elegida como zona de influencia se aplica en distintos estudios de ecosistemas¹².

En los casos de centros poblados o entornos urbanos, a efectos de considerar las presiones o impactos externos de las áreas de estudio, se pueden estimar espacios del contorno donde la presión de población y área urbana tiene efecto. Para ello es preciso tener consideraciones pertinentes a cada caso específico.

b. Análisis de la situación del territorio

El objetivo de esta fase es identificar, a partir de una visión general, las características que presenta el territorio, y de igual manera la información confiable disponible. Este proceso se puede realizar a través de 2 etapas:

- Revisión bibliográfica y cartográfica
- Trabajo con la comunidad y expertos

El factor fundamental de este punto será el conocimiento de las características del territorio y de la información existente que permita el análisis de vulnerabilidad. Respecto a lo segundo, se debe analizar la fuente de los datos y el carácter de los mismos, tratando de acceder a fuentes confiables y de preferencia oficiales.

c. Determinación de la unidad de análisis

La unidad de análisis constituye la unidad mínima o célula territorial, a la que hacen referencia los datos en los que se basa el estudio con respecto a la cual se presentarán los resultados¹³.

10 Ecotono: Espacio transicional entre dos ecosistemas diferentes.

11 Velástegui, (2010); Navarro, (2011); Josse et al., (2009) & Cuesta et al., (2012)

12 CIIFEN (2014b); Shuttleworth et al., (2010) & Luttmann, (2012); Cavallaro et al., (2010) & Steenmans C. & Pinborg, (2000) & la Comisión Europea en el ámbito de la investigación del impacto de la frontera agraria en los complejos ecológicos.

13 CIIFEN (2017)

Todas las salidas gráficas, se hayan trabajado en formato raster o vectorial¹⁴[2], se deben unificar (al formato elegido) y se ajustan a un tamaño de celda o polígono respectivamente, propuesta como unidad mínima de análisis¹⁵[3]. Una vez que se selecciona toda la información que precisa ser analizada y se ha decidido el formato de análisis a aplicar en el estudio, se fijan las unidades de análisis. En este aspecto, el espacio puede analizarse a partir de límites administrativos o regiones naturales, dependiendo del carácter del mismo estudio. En el caso de límites administrativos la unidad de análisis o país en que se ejecute el estudio, en dependencia del nivel de detalle requerido, puede ser:

- Límites o distritos censales mínimos.
- Parroquias, municipios, localidades, etc.
- Mancomunidades, provincias, etc.

En el caso de **límites naturales**, y dependiendo del objetivo del estudio, se puede considerar como unidad de análisis las cuencas o subdivisiones hidrográficas, las que actualmente se deslinda de la metodología de Pfafstetter, acogida por muchos países de la región, incluyendo el Ecuador¹⁶[4].

Las cuencas hidrográficas se dividen en espacios menores, de acuerdo con la relación de estos drenajes con el cauce principal: una subcuenca comprende los afluentes secundarios de la cuenca y una microcuenca, los afluentes terciarios.

d. Representación de la vulnerabilidad

La representación de los resultados y el tratamiento de los datos de los estudios de

14 Ambos tipos de representación geométrica son formatos empleados en cartografía; El raster es un conjunto de celdas o píxeles asociadas a un número u objeto; el vectorial es una representación en puntos, líneas o polígonos que pueden ir asociados a una tabla de atributos o base de datos con más de una asociación en contraste con el raster.

15 Véase unidad mínima de análisis en CIIFEN 2014b en base a Pickett & Thompson 1978 & la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA).

16 Glosario: **Cuenca Hidrográfica:** Una cuenca hidrográfica es un espacio delimitado por cumbres de montañas, colinas o puntos elevados, también conocidos como línea divisoria de aguas. En este espacio, todos los drenajes de agua desembocan en un río principal, lago o mar.

vulnerabilidad generalmente se acogen a una escala cualitativa y cuantitativa acompañada de colores convencionales relacionados con dichas escalas¹⁷.

La representación de la vulnerabilidad debe ajustarse al marco oficial en el territorio de estudio, por lo cual los estudios de vulnerabilidad deben acoger la representación vigente en el territorio donde se implementan, para asegurar de esta forma su compatibilidad con otros estudios de esta índole. Un ejemplo de cinco rangos adoptados por CIIFEN se ilustra en el siguiente cuadro para los indicadores de vulnerabilidad, susceptibilidad y capacidad adaptativa:

Valor	Descripción de niveles de vulnerabilidad y susceptibilidad
5	Muy alta
4	Alta
3	Moderada
2	Baja
1	Muy baja

Valor	Descripción de niveles de capacidad adaptativa
5	Muy alta
4	Alta
3	Moderada
2	Baja
1	Muy baja

Para efectos de un análisis de vulnerabilidad como ha quedado reflejado, las diferentes expresiones de los indicadores deben ser transferidas o reducidas a una expresión cuantitativa, por lo que es necesario un proceso de valoración que ayude a realizar dicha transferencia. Para dicha valoración es necesario en primer lugar analizar el comportamiento de los indicadores en relación a la vulnerabilidad (si la incrementan o la disminuyen).

¹⁷ Glosario: Cualitativa: representa un atributo del objeto de medición con un cierto orden o secuencia, pero no implican una cantidad mensurable. Por ejemplo, el nivel de amenaza: muy alto, alto, moderado o bajo.

Cuantitativa: Los valores de los indicadores o variable se representan en forma numérica. Por ejemplo, el porcentaje de población analfabeta en un territorio dado: 12, 20, 36, 50, 71. etc. Los indicadores cuantitativos suelen también ser representados en forma de intervalos. Por ejemplo: los niveles de precipitación: 0-200, 200-500, 500-1000, 1000-1500, >1500.

Así mismo, la escala de representación se ajusta a una gama de colores de cálidos (rojos) identificando las áreas de mayor susceptibilidad (mayor vulnerabilidad), y los verdes mostrando una mayor capacidad adaptativa (menor vulnerabilidad) pasando por valores amarillos y naranjas cálidos en valores intermedios de vulnerabilidad.

e. Selección de indicadores

Por **indicador** entendemos a las características susceptibles de medición que distinguen al sujeto de análisis, y que representan su intensidad o categoría dentro de un rango de medición, por lo que pueden ser expresadas en forma cuantitativa o cualitativa. Los indicadores están sujetos a cambios en el tiempo y en el espacio y, deben ser medibles y verificables.

La selección de indicadores puede considerar **tres aspectos: las amenazas identificadas para el análisis, las características del territorio y el sujeto de análisis**. De acuerdo a estos aspectos es posible recrear un escenario donde interactúan, logrando con esto identificar las características que pueden modificar la sensibilidad o capacidad adaptativa del sujeto de estudio.

Para un estricto análisis de vulnerabilidad los indicadores deben relacionarse tanto con **aspectos socioeconómicos** como **biofísicos** y su valoración debe confrontarse con cada una de las amenazas identificadas. *Un ejemplo de indicador es la sensibilidad por densidad poblacional, la que está relacionada con el componente social.*

Así, los **componentes** son el resultado de combinar uno o más indicadores que siguen una misma categoría o línea temática, y muestran una condición o estado en conjunto. Sirven para evaluar y dar seguimiento del comportamiento de los indicadores en conjunto. Los indicadores pueden además subdividirse y contener distintas variables, las variables son susceptibles de medición y pueden ser cuantitativas y cualitativas. *Un ejemplo es el Indicador de contaminación, conformado por distintas variables como la gestión de RSU, contaminantes hídricos, contaminación química asociada a industrias específicas, etc.*

Para la ejecución del análisis de vulnerabilidad deben elegirse parámetros adecuados, por lo cual la selección de indicadores y variables debe

apegarse a la pertinencia (factores que generan vulnerabilidad), como son las características del entorno o las condiciones físicas, socioeconómicas y ambientales del sistema bajo análisis)¹⁸, y a la concordancia con las amenazas climáticas establecidas, observando que su comportamiento tenga una estrecha relación (o reacciones) con cada una de estas amenazas.

Todos los indicadores pasarán a nutrir en su conjunto la fórmula final de vulnerabilidad y por tanto el resultado final, sin embargo, en la mayor parte de los análisis, se analizan por separado para responder a preguntas distintas en las fases finales de planificación y análisis espacial como se muestra en la *figura 2*.

La totalidad de los insumos generados en los estudios de vulnerabilidad están orientados para uso y aplicación por parte de las autoridades locales, regionales, nacionales o supranacionales¹⁹, por lo que la elección de indicadores por componentes debe llevarse a cabo con gran rigor, así como la representación final de resultados, donde deben ser fácilmente legibles y asimilables. En ocasiones para facilitar la toma de decisiones, los indicadores o variables se agrupan por temáticas, para de esta forma presentar resultados de vulnerabilidad particularizados a las mismas, como suele ser el caso de la vulnerabilidad de los servicios básicos, vulnerabilidad de la población, vulnerabilidad de viviendas, etc., dentro del componente socioeconómico.

Es preciso recordar en este punto, que toda información oficial debe ir complementada y contrastada con datos “in situ”. La importancia de tener retroalimentación de los actores locales, productores, población o instituciones, es fundamental para dar el respaldo preciso a cada análisis y esto se logra a través de talleres participativos, reuniones, entrevistas o encuestas locales. Los talleres de seguimiento, contraste y validación, son imprescindibles por tanto en cualquier análisis de vulnerabilidad.

Información por límites administrativos

Infraestructuras

Información social

Información económica

Información ambiental

Información Satelital, Ortofoto, Climatología, etc.

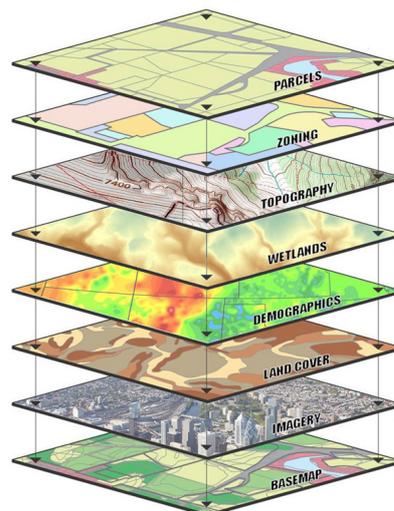


Figura 2: Ejemplo de composición de coberturas con distinta información temática que nutra el análisis final. Fuente ArcGIS

f. Formulación de la vulnerabilidad

Para el cálculo de vulnerabilidad se aplica la ecuación de vulnerabilidad llevada a la práctica por CIIFEN, que es el resultado de una modificación de la expresión tradicional referenciada en el SREX del IPCC (2012). La variación se basa en el cambio de los operadores. En vez de dividir la susceptibilidad para la capacidad adaptativa, estas se restan. El propósito de este cambio es reducir las incertidumbres y los consiguientes errores y también facilitar la representación espacial. ²⁰:

Ecuación 1: Vulnerabilidad (V) = [Susceptibilidad (S) - 1 Capacidad Adaptativa (CA)]	1
---	---

Donde V es vulnerabilidad, S susceptibilidad o sensibilidad adversa, y CA la capacidad adaptativa. Con el fin de calcular por separado los indicadores de distinto carácter y magnitud, los indicadores se analizan, en el caso de precisarse, por grandes componentes (biofísico, social y económico).

La sensibilidad al igual que la capacidad adaptativa, puede obedecer o no a factores antrópicos. Al no tratarse de análisis de riesgos, igual las amenazas sirven como orientación para la valoración de los indicadores o variables de la vulnerabilidad, obteniéndose tantas vulnerabilidades como amenazas existen sobre el sujeto en la zona de estudio. Como ejemplo, para un análisis de vulnerabilidad de cultivos frente en un territorio

²⁰ Birkmann et al., 2013; IPCC, 2012 y IPCC, 2014

¹⁸ En: INEC & PNUD, (2013)

¹⁹ En: DMQ-CIIFEN (2013); CIIFEN (2014) & CIIFEN (2014b)

amenazado por sequías, inundaciones y heladas, se obtendrán tres vulnerabilidades: vulnerabilidad de cultivos frente a sequías, vulnerabilidad de cultivos frente a lluvias intensas, y vulnerabilidad de cultivos frente a heladas, para cada una de las cuales los indicadores pueden ser diferentes y ser valorados también en forma diferente en base a la amenaza en análisis.

g. Ejecución del análisis de vulnerabilidad

Todos los pasos en el análisis deben ceñirse a un formato de representación cartográfica fijo como ha quedado reflejado en los puntos anteriores, con una escala, leyenda y normalización común. En los análisis llevados a cabo por CIIFEN los resultados se interpretan a partir de análisis de información geográfica, que luego son validados y contrastados con el conocimiento local de los actores. La figura 3 muestra un esquema metodológico ejemplo, a seguir en un análisis de vulnerabilidad genérico, pudiéndose aplicar en cualquier estudio de vulnerabilidad que ayude a comprender y visualizar de una manera rápida, los aspectos necesarios para poder desarrollar un óptimo análisis.

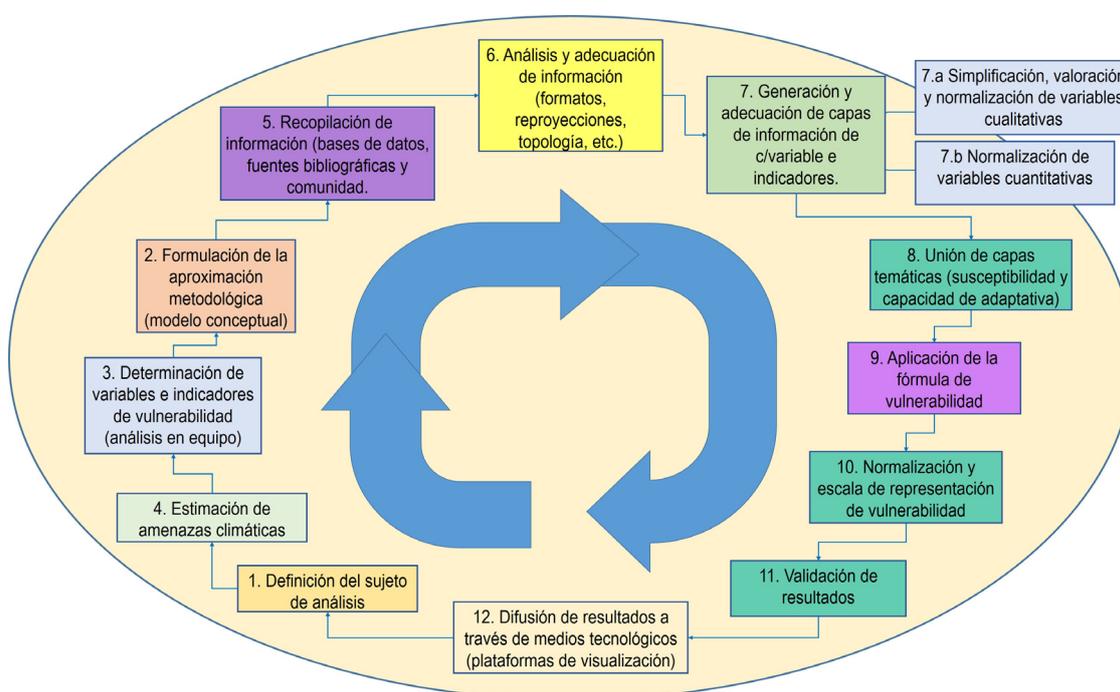


Figura 3: Esquema ejemplo básico de las distintas fases principales a seguir en la metodología de análisis de vulnerabilidades genéricas.

i. Consideración de amenazas

El análisis de vulnerabilidad debe tener un análisis previo de las principales amenazas climáticas en el área. De esta forma, de entre todo el espectro de eventos climáticos posibles, se podrá priorizar aquellos más significativos para el sujeto de análisis.

Para caracterizar estas amenazas se parte de un análisis climatológico de los datos observados en las estaciones localizadas dentro y en las inmediaciones del área de estudio. Si estos no existen o no están disponibles, se pueden usar datos de reanálisis o proyecciones, aunque estos últimos tienen limitaciones frente a los datos observados.

En CIIFEN se ha utilizado con éxito una herramienta muy reconocida y difundida a nivel mundial recomendada por la OMM: los índices climáticos recomendados por el ETCCDI²¹ que son un conjunto de índices que pueden ser computados a partir de los datos de estaciones y representan extremos climáticos de potencial afectación a los sujetos expuestos. Para ello existen varias herramientas de código abierto. CIIFEN ha usado en todos sus análisis el RClímDex²², que requiere además de un

²¹ ETCCDI: Equipo de expertos en la Detección de Cambio Climático e Índices según sus siglas en inglés.

²² Xuebin Zhang and Yang Feng; Climate Research Division. Programa para calcular índices climáticos mediante análisis estadístico y control de calidad de los datos (QC).

estricto control de calidad de los datos (incluido en la herramienta), registros climáticos históricos no menores a 30 años de datos diarios de precipitaciones y temperatura máxima y mínima²³.

Con el fin de estimar las tendencias climáticas relacionadas con las **precipitaciones** se procesan principalmente los siguientes índices:

- CDD: Número máximo de días consecutivos con RR<1 mm
- R99p: Precipitación anual total en el percentil RR>99 mm CIIFEN 2011²⁴.
- CWD: Días húmedos consecutivos

En cuanto a la estimación de las tendencias relacionadas con la **temperatura** se procesan normalmente:

- TXx: Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria (oC)
- TNx: Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria (oC)
- DTR: Diferencia media mensual entre TX y TN (oC)

En determinados estudios se analizan las amenazas climáticas a partir de las proyecciones resultantes de **modelación climática** a futuro²⁵, teniendo como referencia las proyecciones publicadas en el IPCC AR5, 2013²⁶. Las herramientas utilizadas son los modelos de circulación general acoplados; océano-atmósfera (AOGCM).

23 Glosario: ¿Qué información climática se debería utilizar para analizar la vulnerabilidad ante el cambio climático?

Por una parte, se puede contar con resultados de proyecciones climáticas a futuro en base a modelos físicos y/o estadísticos y resultados de índices climáticos a futuro. En el presente caso se parte de la tendencia obtenida de índices climáticos para un horizonte relevante de tiempo (15-20 años), basados en series históricas de al menos 30 años de registros de precipitaciones y temperatura provenientes de los Servicios Nacionales de Meteorología e Hidrología.

24 CIIFEN (2011): Estudio de vulnerabilidad frente al cambio climático de la RPF manglares el salado. USAID costas y bosques sostenibles. USAID-CIIFEN. Pp 111.

25 Modelos climáticos de circulación general acoplados océano-atmósfera (AOGCM) de distintas resoluciones según la materia del análisis. Los modelos elegidos conforman además un modelo combinado resultando de los seleccionados que más se acerquen a la realidad en la zona concreta a analizar.

26 IPCC: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml (Última visita Mayo de 2015)

La resolución de estos **modelos** no responde siempre a las necesidades locales o regionales, por lo que en algunos casos se requiere una regionalización dinámica para los distintos escenarios por las complejidades orográficas y la existencia de microclimas, dependiendo del espacio a examinar. Para evitar presentar una regionalización²⁷ poco precisa en algunos casos, resultante de un solo modelo global, se utiliza en determinados casos un ensamblaje²⁸ de distintos modelos que puedan dar información más ajustada a la región con un número suficiente de miembros (ejecuciones de los modelos), que reducen razonablemente las fuentes de incertidumbre. De ahí, en los ejemplos desarrollados en CIIFEN, se generan proyecciones combinadas a partir de 10 modelos globales (los que mejor representaron el clima pasado en la región), a los que se aplica una reducción de escala a partir de dos modelos regionales, los que se detallan en la **Tabla 3**.

Modelo	TIPO	Resolución
BCC-CSM1-1	CMIP5	±150 KM
CANESM2	CMIP5	±150 KM
CNRM-CM5	CMIP5	±150 KM
EC-EARTH	CMIP5	±150 KM
ECHAM-CR	CMIP5	±150 KM
ECHAM6-MR	CMIP5	±150 KM
GFDL-ESM2M	CMIP5	±150 KM
GISS-E2-R	CMIP5	±150 KM
HadGEM2-ES	CMIP5	±150 KM
NorESM1-M	CMIP5	±150 KM
REMO	REGIONAL	±20 KM
MRI-AGCM	REGIONAL	±20 KM

Tabla 3: Modelos globales del CMIP5 utilizados junto a los dos modelos regionales con los que se aplique en downscaling. Fuente: CIIFEN, 2014b & CIIFEN 2015b²⁹

27 En este contexto, por **regionalización** se entiende la adecuación de los resultados de las proyecciones climáticas a una escala mayor, de manera que los modelos climáticos se puedan ajustar a las características propias de las distintas regiones, otorgando un mayor detalle informativo.

28 **Ensamblaje** en este contexto se emplea al agrupar distintos modelos de proyecciones climáticas de distinto carácter y escala, y con la necesaria aceptación internacional (IPCC). Así, se armonizan los resultados de todos ellos, resultando uno como conclusión de dicha selección.

29 CIIFEN 2015: Propuesta de Plan de Cambio Climático para el Gobierno

Los distintos escenarios³⁰, representan las líneas evolutivas creíbles de las condiciones climáticas futuras, teniendo en cuenta aspectos relacionados con tendencias socio-económicas y las emisiones de efecto invernadero y aerosoles principalmente. De entre los distintos escenarios se ha elegido generalmente el RCP³¹ 4.5 W/m², que estima un horizonte intermedio con concentraciones intermedias de GEI³² y aerosoles naturales y antrópicos.

ii. Selección de indicadores

Los indicadores permiten indirectamente conocer el comportamiento de las variables, cuando éstas no pueden ser observadas directamente, es por ello que, en el análisis de vulnerabilidad, en muchas ocasiones se recurre al uso de indicadores.

Una vez determinadas las amenazas, el siguiente paso en el análisis de vulnerabilidad es la selección de indicadores para cada uno de sus dos componentes (sensibilidad y capacidad de adaptación), observando que su comportamiento tenga una estrecha relación (o reaccione) con las amenazas identificadas.

Los indicadores deben ser representativos del conglomerado nacional (no local, ni regional) con un carácter de relevancia ante las amenazas determinadas y deben ser factibles y medibles (sea en forma cuantitativa o cualitativa).

“Elegir los parámetros adecuados y construir dichas relaciones es parte del trabajo necesario en la cuantificación de la vulnerabilidad. Para ello se requiere establecer de manera sencilla y objetiva los factores que generan vulnerabilidad, como son las características del entorno o las condiciones físicas, socioeconómicas y ambientales del sistema bajo análisis que hacen referencia a su nivel de exposición, su sensibilidad y su capacidad de respuesta” (INECC & PNUD, 2013).

Autónomo Descentralizado provincial de Loja. MAE-ENCC-CIIFEN. 97 pp.

30 Los distintos escenarios climáticos que se utilicen en la modelación fueron desarrollados por la “Integrated Assessment Modelling Community” (IAMC). van Vuuren, D.P. et al 2011. Representative Concentration Pathways: An overview. Climatic Change

31 Representative Concentration Pathways. Son los posibles caminos que se han definido para las concentraciones de los GEI a futuro. Existen 4 definiciones dependiendo del grado de concentración, 2.6, 4.5, 6.5 y 8.5

32 Gases de Efecto Invernadero. Gases que conforman la atmósfera y retienen el calor del planeta. Los principales GEI son: vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y ozono

Una de las limitantes en la selección de indicadores es la falta de acceso a información, sea por no existir la misma, por su desactualización o por encontrarse en una resolución no acorde a la requerida.

En aspectos socioeconómicos, la principal fuente de información constituye los censos de población y vivienda, los que en Ecuador son realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) con una frecuencia aproximada de 10 años y permiten acceder a información de indicadores socioeconómicos que permiten un buen dimensionamiento de la vulnerabilidad de la población en el territorio nacional.

Es importante en forma preliminar formular una matriz con los indicadores seleccionados y las probables fuentes de acceso, y luego con la búsqueda, ir ajustando esta matriz en base a los indicadores a cuya información se tenga un acceso real y cumpla con las especificaciones requeridas (escala, actualidad, etc.).

Una vez conformada la matriz de información sobre indicadores a ser utilizados en el análisis de vulnerabilidad, se procede a la valoración de los mismos.

iii. Aproximación y valoración de indicadores

La aproximación a los indicadores a utilizar para estimar la vulnerabilidad se relaciona con la forma como debemos aproximarnos a ellos para obtener de entre las varias categorías, rangos o clases en que se nos presentan, aquellas adecuadas para su valoración dentro del análisis de vulnerabilidad.

Lo anterior queda evidenciado en los ejemplos para la estimación de la vulnerabilidad social que se detallan en la siguiente tabla:

Indicadores	Aproximación al indicador para la estimación de la vulnerabilidad
Analfabetismo	<i>Porcentaje de analfabetos en cada unidad de análisis</i>
Tipo de vivienda	<i>Porcentaje de viviendas rústicas (mediagua, rancho, covacha, choza) respecto al total de viviendas en cada unidad de análisis.</i>

Eliminación de basura	Porcentaje de viviendas que utilizan medios no convencionales de eliminación de basura (la arrojan en terreno baldío o quebrada, la queman, la entierran, la arrojan al río, acequia o canal, de otra forma). Se exceptúan sólo aquellas viviendas que acceden al carro recolector.
	Ante amenaza de lluvias intensas (inundaciones): Se da mayor valor de sensibilidad (vulnerabilidad) a aquellas que la arrojan a terrenos baldíos, quebradas, río, acequia o canal.
	Ante amenaza de déficit de precipitaciones (sequías): Se da mayor valor de sensibilidad (vulnerabilidad) a aquellas que queman su basura.

Debido a su naturaleza, la valoración de los indicadores a utilizarse obedece a escalas relativas o subjetivas, o al uso de artificios para su interacción o cálculos entre ellos, por lo cual es adecuado el término “estimación” más no el de “determinación” que implica el uso de escalas absolutas.

Cuando se trata de realizar un análisis de vulnerabilidad, **se modela el comportamiento del sujeto de estudio a través de los indicadores frente a una amenaza dada.** Los sujetos se comportan de diferente forma frente a **diferentes amenazas**, por lo que, es necesario **valorar los indicadores y las respectivas variables de acuerdo a cada amenaza.** La valoración de los indicadores puede ser realizada a través de un consenso del grupo de trabajo o mediante consultas a expertos en la temática tratada,

Cada variable o indicador es producto de una medición cuya magnitud, de acuerdo a su génesis, puede ser expresada de formas cualitativa o cuantitativa, es por ello que las diferentes expresiones de las variables o indicadores deben ser transferidas o reducidas a una expresión cuantitativa, por lo que es necesario un proceso de **valoración** que ayude a realizar dicha transferencia.

Para dicha valoración es necesario en primer lugar analizar el comportamiento de las variables en relación a la vulnerabilidad (si incrementan o disminuyen la vulnerabilidad). Un indicador cualitativo se expresa en rangos o umbrales que marcan su valor de sensibilidad o capacidad adaptativa, como

puede apreciarse en el siguiente ejemplo que muestra la escala de sensibilidad a la erosión dada por el autor del mapa de erosión ligado a esta tabla, donde adicionalmente se le asigna una valoración de sensibilidad a cada rango o clase, para poder realizar luego su acople con otros indicadores o variables a considerarse en el análisis de vulnerabilidad:

Escala de sensibilidad (extraída de una cartografía oficial)	Valor de sensibilidad dentro del análisis de vulnerabilidad
Muy alta	5
Alta	4
Moderada	3
Baja	2
Muy baja	1

Tabla 4: Ejemplo valoración de indicadores cualitativos. Caso: valoración de indicador de sensibilidad a la erosión. *Dicha apreciación debe adecuarse a la realidad de lo que se pretende analizar frente a la amenaza, y se debe consensuar con el equipo y actores.

Para el caso en que los indicadores son representados por intervalos, debe analizarse sólo el sentido en que incrementa la vulnerabilidad. En el siguiente ejemplo se muestra la valoración de la variable pendiente, ante una amenaza de lluvias intensas (inundaciones):

Pendiente	Inundaciones
0 - 2%	8
2 - 5%	7
5 - 10%	6
10 - 15%	5
15 - 20%	4
20 - 25%	3
20-30%	2
> 30%	1

O el caso de la valoración de variables que tienen un comportamiento opuesto (valoración inversa) según el tipo de amenaza que se trate, como lo es la textura del suelo, que mientras más fina, propicia la infiltración y disminuyendo los niveles de escorrentía superficial y por ende la vulnerabilidad a inundaciones, actuando a la inversa en el caso de lluvias deficitarias (sequías):

Textura	Sequías	Inundaciones
Gruesa	5	1
Moderadamente gruesa	4	2
Medía	3	3
Fina	2	4
Muy fina	1	5

Cuando se trata de trabajos regionales que cubren diferentes países, debe tenerse en cuenta las diversas formas de presentación del indicador (nomenclaturas) y sus diversos niveles o gradaciones, como el caso que se explica a continuación:

Ecuador	Perú	Bolivia
Conectado a una red pública de alcantarillado	Red pública de desagüe dentro de la vivienda	Alcantarillado
Conectado a pozo ciego	Red pública de desagüe fuera de la vivienda	A cámara séptica
Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	Pozo séptico	A pozo ciego
Letrina	Río, acequia o canal	A la calle
No tiene	No tiene	A la quebrada, río
		A un lago, laguna o curiche

Tabla 5: Ejemplo de diferentes categorías de la variable desagüe, adecuándose a su presentación por países, de acuerdo al detalle que se maneja a nivel censal.

En casos como el anterior deben adecuarse para llegar a una valoración integral, sin que se deteriore la misma.

De acuerdo a estas categorías, frente a una amenaza de lluvias, se pueden seleccionar aquellas que se verían afectadas por no tener una conexión apropiada a un alcantarillado, ya que son más susceptibles de colapsar ante una lluvia intensa. Dentro de las metodologías empleadas se ha denominado a estas categorías como medios no convencionales.

La selección de indicadores y su valoración constituyen la base para una exitosa estimación de la vulnerabilidad.

iv. Normalización de variables e indicadores

Los rangos de distribución de los datos utilizados, en la mayoría de casos difieren en forma significativa haciéndolos incomparables, por lo cual se debe realizar una estandarización de los datos ya que de no hacerlo se obtendrían resultados erróneos.

A efectos de lograr una estandarización de los datos, para hacerlos comparables, se ejecuta un proceso de normalización aplicando el método de “min-max” mediante la siguiente fórmula (Hudrikova L, 2005):

$$Val_N = \frac{Val_i - Val_{min}}{Val_{max} - Val_{min}} \quad [1]$$

Donde: v

Val_N Valor normalizado

Val_i Valor del indicador

Val_{min} Mínimo valor del indicador

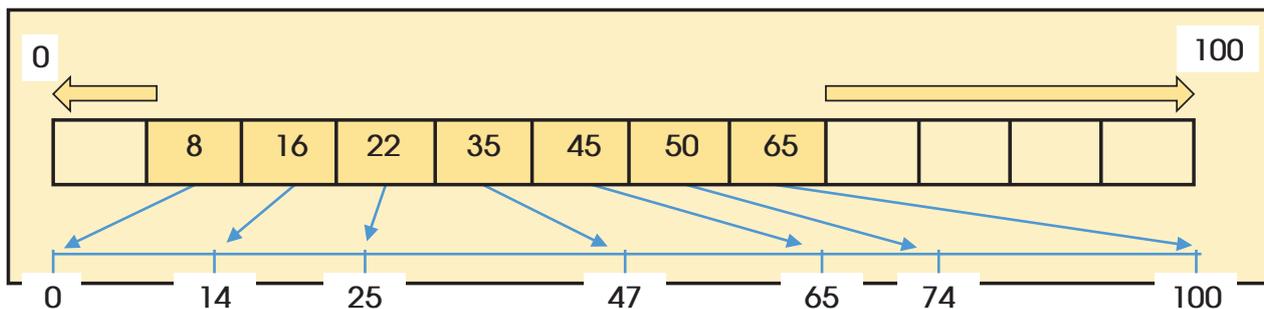
Val_{max} Máximo valor del indicador

A efectos de facilitar el manejo de los resultados, evitando valores decimales, los valores normalizados obtenidos son llevados a una escala entre 1 y 100 aplicando la fórmula anterior:

$$Val_N = \frac{Val_i - Val_{min}}{Val_{max} - Val_{min}} \times 100 \quad [2]$$

Los datos así tratados se “estirarán³³” en un rango entre 0 y 100 donde el menor valor es forzado a 0 y el mayor a 100. Por ejemplo:

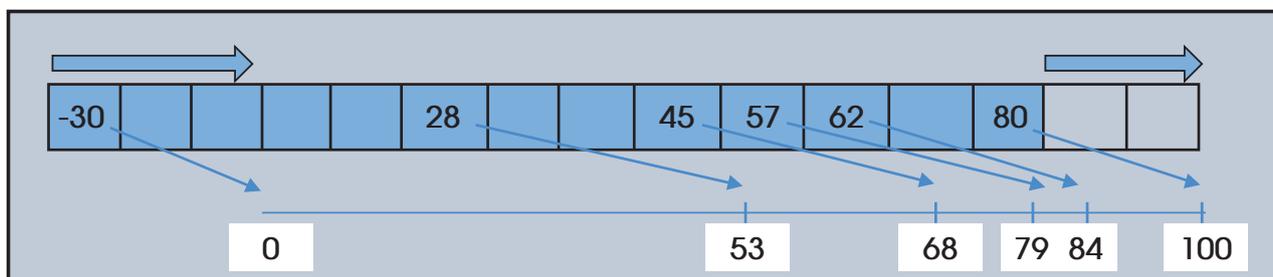
³³ Similar el proceso de “stretching” utilizado para el mejoramiento del contraste de imágenes en teledetección.



$$Val_1 = \frac{8 - 8}{65 - 8} \times 100 = 0 \quad [2.1]$$

$$Val_6 = \frac{50 - 8}{65 - 8} \times 100 = 74 \quad [2.2]$$

Para el caso de valores negativos, el procedimiento es el siguiente:



v. Combinación de indicadores y variables– Estimación de las vulnerabilidades parciales

Una vez que se tienen las variables o indicadores normalizados a una escala de 100, se agrupan de un lado los indicadores de susceptibilidad y por otro los de capacidad adaptativa, procediéndose luego a la suma de los valores normalizados de cada uno de ellos en su respectivo componente (sensibilidad o capacidad adaptativa), a través de la fórmula de vulnerabilidad planteada en el marco metodológico:

$$Ecuación 2: V = (S1 + S2 + S3 + \dots + Sn) - (CA1 + CA2 + CA3 + \dots + CAn) \quad 2$$

Donde S representa los indicadores de susceptibilidad y CA los indicadores de capacidad adaptativa para la temática analizada. Por ejemplo para la temática “población”, la sensibilidad podría estar compuesta por pobreza, analfabetismo, acceso a salud, dependencia por edad etc. mientras su capacidad adaptativa podría estar compuesta por seguridad social, disponibilidad de albergues, nivel organizacional, etc.

Del valor de la suma de sensibilidades se resta el valor de la suma de capacidades adaptativas obteniéndose así el valor de la vulnerabilidad parcial para la temática analizada (que podría ser “población”, “servicios básicos”, “vivienda”, etc., dentro del componente social, o “erosión”, “dotación hídrica”, etc., dentro del componente ambiental) procediéndose de mismo modo para todas las temáticas incluidas en el análisis.

Empleando la expresión anterior para las diferentes temáticas incluidas en cada componente, se puede obtener la vulnerabilidad del sujeto de análisis en un territorio determinado, para cada uno de los componentes analizados, como por ejemplo la vulnerabilidad socioeconómica³⁴ y la biofísica.

El cálculo por temas dentro de un mismo componente, facilita el proceso de toma de decisiones, como por ejemplo: vulnerabilidad de los servicios básicos, en la que se aglutinan los indicadores de vulnerabilidad por servicio de agua, vulnerabilidad por la falta de acceso a electricidad, vulnerabilidad por la carencia de recolección de basura, etc., o vulnerabilidad de viviendas, donde se aglutinan vulnerabilidad por tipo de vivienda, vulnerabilidad por estado de vivienda, vulnerabilidad por estado de viviendas, etc. ayudará a los tomadores de decisión en cada ramo.

vi. Consideraciones especiales en la ejecución del análisis de vulnerabilidad

1. El análisis de vulnerabilidad debe incluir instancias participativas que involucren a actores locales, ya que ellos, como conocedores del territorio y con sus experiencias, podrán aportar con sus percepciones sobre los cambios en el clima, con la selección de indicadores y con la validación de resultados. De otro lado deben aprovecharse estas acciones para la transferencia de conocimientos en temas relacionados con la gestión de riesgos, cambio climático y toma de medidas de adaptación o mitigación.

2. La carencia de datos en algunas unidades de análisis, se puede solventar incorporando

³⁴ Glosario: **Aspectos socioeconómicos:** Son aquellos indicadores o variables incorporados al análisis para conocer las condiciones de la población y cómo puede verse ésta afectada por el cambio o variabilidad climática, y de esta manera conocer cómo enfrentarla y recuperarse.

en el cálculo la información por unidades por separado, realizando el cálculo

independientemente para poder ajustar el resto del análisis a indicadores que puedan aportar información importante al estudio.

3. En cuanto a las consideraciones técnicas cabe mencionarse que todo producto cartográfico queda recogido en una misma base de datos cartográfica, de manera que se uniformizan desde un comienzo tanto unidades de referencia geográfica como metadatos, que se agrupan a través de GeoNetwork³⁵ siguiendo los principios de código abierto, Open Source Software (FOSS) y basado en estándares internacionales, abiertos para servicios y protocolos como el ISO-TC211³⁶ [2] y el Open Geospatial Consortium (OGC).

4. En los casos que el área de estudio es muy extensa, es importante realizar el análisis a partir de coordenadas geográficas en lugar de proyectadas, dependiendo en cualquier caso de la prioridad del sujeto de estudio, facilitando en todo caso el trabajo posterior (tomadores de decisión, Instituciones de la gestión de riesgos, etc.)

5. Es conveniente que toda la información utilizada y generada en un estudio de vulnerabilidad quede recogida en una plataforma de visualización de información para facilitar el acceso a usuarios que la requieran y contar con un repositorio de esta valiosa información.

vii. Estimación de la vulnerabilidad total o integral

La vulnerabilidad total o integral será el resultado de la suma de vulnerabilidades de los diferentes componentes considerados en el análisis, pero

³⁵ **GeoNetwork** es un conjunto estructurado de información que maneja recursos cartográficos asociados a una herramienta de gestión de metadatos y opciones de búsqueda avanzada en conjunto con un visualizador de cartografía digital. Es una de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) más comúnmente utilizadas.

³⁶ **ISO-TC211** es la entidad internacional encargada de dar seguimiento a la información geográfica digital, como puede ser la empleada en los Sistemas de Información Geográfica y la geomática, encargándose de la preparación de estándares internacionales y especificaciones técnicas con una codificación específica, a partir del 19101.

con el fin de facilitar la toma de decisiones, suele mantenerse el uso de la vulnerabilidad parcial (socioeconómica o ambiental) o ir más allá: a la presentación de resultados por temáticas dentro de cada componente.

Cuando realmente se requiere un resultado de la vulnerabilidad integral, debe considerarse en primer lugar que, tanto en el componente socioeconómico como en el componente ambiental, las variables e indicadores son atribuidos a las áreas enmarcadas por cada unidad de análisis, unidades que difieren en ambos casos (límites político-administrativos para el componente socioeconómico y subdivisiones hidrográficas para el componente ambiental). Por lo anterior, para el cálculo de la vulnerabilidad total, los resultados de la vulnerabilidad socioeconómica y de la vulnerabilidad ambiental deben ser sometidos a una integración mediante un proceso que permita en primer lugar redefinir o atribuir los valores de la vulnerabilidad ambiental dentro de los límites político-administrativos y luego poder sumar dichos valores.

A pesar de una búsqueda exhaustiva, no se encontró en la bibliografía un método explícito que posibilite la obtención de este índice, por lo cual el CIIFEN acude a una aproximación basada en herramientas básicas de análisis espacial (CIIFEN, 2012 y 2015) utilizando técnicas GIS para el procedimiento, cuyos pasos se bosqueja en la siguiente figura:

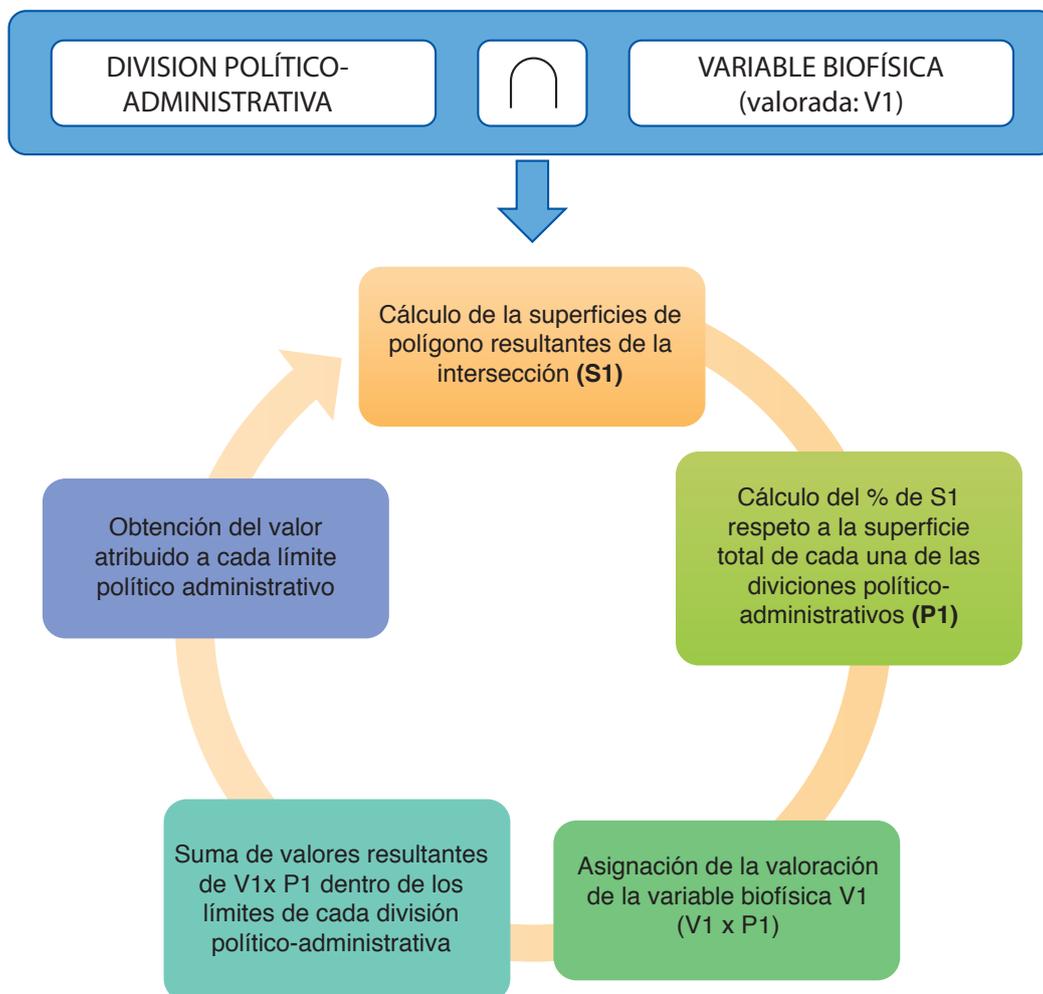


Figura 4: Diagrama de los pasos a seguir en la asignación de indicadores biofísicos a límites administrativos.

En algunos casos, el análisis de vulnerabilidad ya no se presenta sobre estos dos grandes componentes (socioeconómico y ambiental) sino que obedece a la génesis del estudio u objetivo que se plantea, como es el caso de la vulnerabilidad de la seguridad alimentaria, donde se han establecido los siguientes componentes:

- Vulnerabilidad de la disponibilidad de alimentos
- Vulnerabilidad del acceso a alimentos
- Vulnerabilidad del uso (aprovechamiento) de alimentos

En este caso, al igual que en el anterior deberán seguirse los mismos pasos, haciendo énfasis en la selección de indicadores afines a cada componente.

viii. Representación y análisis de resultados

Existen distintas vías representativas, predominando una presentación analógica o digital (Geoportales, visualizadores, etc.). En el primer caso la cercanía y aplicación de todos los sectores puede otorgar una mayor utilidad, por ejemplo, produciendo mapas temáticos en formato analógico (papel), En el segundo caso de representación digital, la difusión y llegada puede ser mayor, pero puede perder utilidad en sectores poblacionales específicos, con poco acceso a tecnologías.

En ambos casos, la información debe ser clara y concisa, con una estructura de salidas cartográficas fácilmente legibles y de rápida asimilación. Se suele utilizar una gama de colores de rojo (mayor vulnerabilidad o susceptibilidad) a verdes (menor vulnerabilidad o susceptibilidad y mayor capacidad adaptativa). Dependiendo del público al que vaya orientado el análisis se deben dar opciones para incluir u obtener tantos detalles u opciones de información como sea posible. Así, en una aplicación web, geoportal o visor, se pueden dar las opciones de visualización por componentes, o incluso por susceptibilidades, capacidades adaptativas. Por ejemplo, a un Director del área de salud regional, le interesará analizar cuál es la potencial afectación de los efectos del clima dentro del componente social o en las infraestructuras, por lo que con un indicador o componente puede tener toda la información que necesita. Es recomendable que tanto metadatos como información cartográfica

física o digital se pueda obtener con facilidad bajo descargas y adquisición, siempre y cuando no se emplee meramente para fines comerciales y sea orientada a la gestión de los riesgos.

Los resultados se obtienen por grandes bloques temáticos o componentes como se muestra a continuación:

Grupo o subgrupo	Resultado
Componente biofísico	- Sensibilidad biofísica - Capacidad adaptativa biofísica
Componente socioeconómico	- Sensibilidad socioeconómica - Capacidad adaptativa socioeconómica
Resultado final	Vulnerabilidad Final

Tabla 10: Ejemplo de grupos y subgrupos y los resultados asociados a ellos dentro del análisis de vulnerabilidad. Fuente: Elaboración propia

La forma óptima de representar el resultado depende de los potenciales consumidores del análisis de vulnerabilidad, por lo que, si se pretende utilizar y aplicar en entornos rurales, o actores de los sectores productivos, el formato de salida podría enfocarse al analógico, con mapas explicativos con líneas temáticas en papel u otros formatos no digitales. En cambio, para una lectura técnica de tomadores de decisión que cuentan con equipos técnicos calificados, el formato puede ser digital facilitando en muchos casos la visión a distinta escala y el consumo de la información para posibles análisis futuros.

ix. Difusión de resultados

La difusión debe ser adecuada, en primer lugar, con el equipo técnico, actores y autoridades pertinentes. Se debe tener muy en cuenta que la utilidad y apertura de los datos facilitará pasos posteriores en la toma de decisiones, que es el fin último de cualquier análisis de vulnerabilidad, por lo que, a mayor y más adecuada difusión e incidencia, mejores serán los resultados, siempre y cuando se parta de un óptimo análisis de vulnerabilidad.

Tal como se mencionó en el apartado anterior, la difusión debe alinearse con el objetivo del análisis, así, una de las posibilidades será la difusión digital, con aplicaciones web y servidores que brindan y/o proyecten la información generada, pudiendo

realizarse consultas y generación de información in situ, o dinamizando una difusión técnica que facilite el acceso a todo tipo de sectores. El papel o la versión tecnológica más asequible es un recurso tanto para la representación final como para la difusión y aplicación del análisis, especialmente en sectores de menor formación técnica o acceso a la tecnología digital. Dependerá en cualquier caso del foco u objeto de análisis, la premisa a tener en cuenta aquí es asegurar la atención de cada uno de los sectores de interés con total eficiencia.

Una de las vías de acción que pudiese servir de difusión es la capacidad adaptativa autónoma³⁷ por parte de las comunidades. Las comunidades por sí solas pueden tener herramientas de organización y acción, así como de sensibilización y difusión informativa, siendo éstas la fuente básica de organización y difusión, por lo que es necesario que la información sea precisa y certera, de manera que sea totalmente efectivo este canal.

4. Casos de estudio

a. **Ámbito ecosistémico. Caso estudio 1: Análisis de vulnerabilidad para la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS) – Ecuador**

1) Contexto

La Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS) se localiza en el estuario del río Guayas, en el Golfo de Guayaquil (figura 5), el mismo que constituye el sistema estuarino más grande de la costa sudamericana en el Pacífico oriental, y en donde el manglar constituye el ecosistema central para la protección y manejo del medio. Esta Reserva se incorporó al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) del Ecuador el 15 de noviembre de 2002.

La RPFMS presenta un complejo escenario donde confluyen las presiones antrópicas de zonas urbanas marginales que se proyectan a la misma, fuentes de contaminación del agua del estuario y

³⁷ Glosario: **Capacidad adaptativa autónoma:** Son aquellos factores con capacidad propia para disminuir la susceptibilidad y por tanto la vulnerabilidad. Un ejemplo de ello es la creación entre la comunidad de terrazas aluviales en la comunidad donde se den procesos erosivos y de inundación, evitando la pérdida de suelo y las avenidas con exceso de sedimentos.

actividades industriales que alteran la calidad del agua y su temperatura; procesos agresivos de urbanización que han degradado la cobertura de los manglares en los bordes del estuario; las actividades de navegación y los remanentes de actividades camaroneras con los consiguientes impactos en el ecosistema del manglar.

El estudio efectuó una aproximación a los distintos factores que contribuyen a la vulnerabilidad de la reserva y que podrían ser exacerbados por los eventuales impactos del cambio climático en el Golfo de Guayaquil y en el área más interior del golfo donde se ubica la zona de estudio.

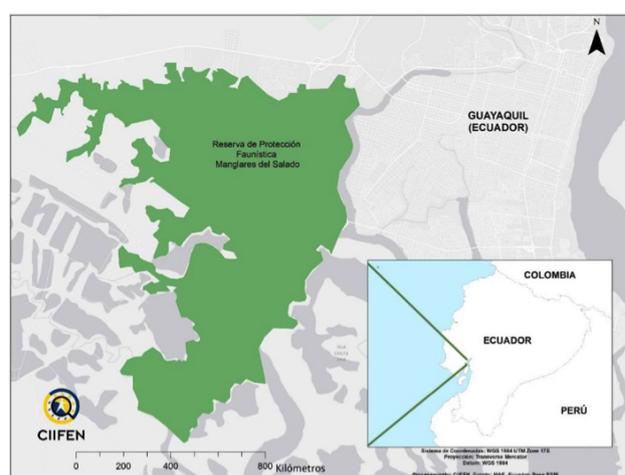


Figura 5: Localización de la RPFMS en el Golfo de Guayaquil – Ecuador.

Los objetivos del estudio se enfocaron en los siguientes aspectos:

- 1) Determinar la vulnerabilidad frente al cambio climático en la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado (RPFMS).
- 2) Diseñar medidas de adaptación en base a los resultados obtenidos en el análisis de vulnerabilidad de la Reserva.

2) Sujeto de análisis

La producción faunística de la RPFMS está totalmente ligada al manglar, el que la sustenta tanto en su parte terrestre como acuática, constituyendo el principal objetivo de conservación y manejo de la misma, por lo cual el manglar fue considerado como el sujeto de análisis para la estimación de la vulnerabilidad.

3) Aproximación metodológica y diseño de indicadores de vulnerabilidad

Para la valoración de la vulnerabilidad en la parte terrestre de la RPFMS, se propusieron los siguientes indicadores:

Área terrestre:

1. Expansión urbana
2. Expansión de piscinas camaroneras
3. Retroceso de orillas (dinámica geomorfológica)

Área estuarina:

1. Contaminación marina a partir de fuentes terrestres
2. Actividad marítima (navegación)
3. Susceptibilidad a la disminución de la salinidad
4. Susceptibilidad a las variaciones de la temperatura del agua

4) Estimación de las amenazas

Para este caso, no existía en Ecuador, estudios específicos sobre la potencial afectación del cambio climático en el área de estudio. CIIFEN basó su análisis de amenazas climáticas en el análisis de tendencias de índices climáticos derivados de los datos de estaciones meteorológicas con períodos de observación de 20 a 30 años. Se aplicó la herramienta RCLimDex para tres variables observadas: precipitaciones, temperatura máxima y temperatura mínima³⁸.

Para el análisis de la variación de parámetros oceanográficos, en el caso de la salinidad se utilizó el criterio expresado en Boyer et al. (2005) desplegado posteriormente en el Capítulo

5.2.3 del Grupo de Trabajo I, del AR 4 del IPCC³⁹ según el cual, la variación de la salinidad presenta

38 Para obtener una información detallada sobre el análisis climático, acceder al texto completo del estudio disponible en la web del CIIFEN en: www.ciifen.org

39 En: IPCC (2007). En: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch5s5-2-3.html (última visita, junio 2017)

una mínima tendencia a la baja con un valor de -0,005 PSU (Practical Salinity Unit) para la década, lo que ocasiona que los cambios de salinidad esperados sean despreciables. Esto, por supuesto, no aplica al área de estudio durante un evento El Niño que es uno de los componentes dominantes de la variabilidad climática natural en el área de estudio.

Para el análisis de la variación del nivel del mar se realizó un análisis de tendencia con base en los datos del mareógrafo de Puerto Marítimo de Guayaquil, (1975-2003) considerado por ser el más cercano al área de la Reserva (figura 6). De este análisis se desprende que no se observan tendencias consistentes a largo plazo del nivel del mar, por lo que esta amenaza fue descartada para el área de la Reserva.

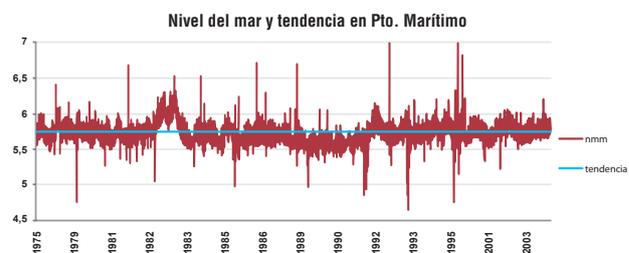


Figura 6: Nivel del mar y tendencia en el mareógrafo de Puerto Marítimo de Guayaquil.

Fuente: CIIFEN (2011)

A efectos de observar potenciales cambios en la circulación, como producto de la elevación del nivel del mar asociada a escenarios futuros de cambio climático, se realizó una modelación hidrodinámica utilizando la herramienta MOHYD⁴⁰ bajo el escenario real actual y bajo el escenario hipotético de contar con un incremento del nivel de 1,5 metros, sin alterar el perfil del borde costero ni la batimetría de la zona en la simulación. Del análisis de la modelación se concluyó, para propósitos de este estudio, que la distribución de ambas variables no sufriría cambios en su distribución dentro del sistema de la Reserva en condiciones forzadas por el cambio climático. A pesar de lo anterior, entre los indicadores se consideró la disminución de la salinidad provocada por períodos de lluvias extremas como las ligadas a fenómenos de El Niño de moderada y gran intensidad, así como también la variación de la

40 MOHYD: Aplicación a partir de la cual se ejecuta la modelación hidrodinámica específica para del Manglar.

temperatura del agua ocasionada, no por cambio climático, sino por fuentes térmicas terrestres.

5) Análisis del territorio

El área de influencia se definió tomando en cuenta la interacción del ecosistema del manglar con los factores de presión en la periferia. Para tal efecto se efectuó una revisión de información de estudios anteriores que permitan evidenciar el potencial rol de los factores externos sobre la reserva.

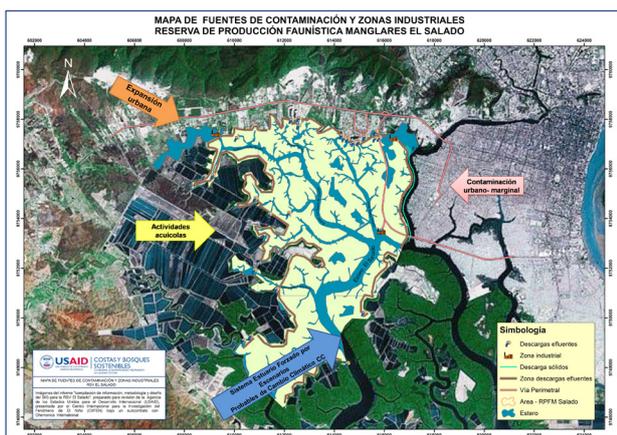


Figura 7: Área de estudio en la Reserva de Producción Faunística Manglares El Salado y delimitación de las zonas urbanas colindantes. Fuente: CIIFEN (2011)

Por su localización estuarina, la Reserva se encuentra influenciada por mareas semidiurnas⁴¹ que inundan el manglar, alternativamente, a través de los esteros Mongón, Plano Seco, Santa Ana y Salado (figura 8).

Las presiones exógenas están determinadas, en su parte oriental, por la ciudad de Guayaquil; en su parte norte, por la zona de desarrollo urbanístico que tiene como eje la vía Guayaquil-Salinas; y en su parte occidental, por piscinas camaroneras. Adicionalmente, en forma puntual, existe una serie de amenazas que atentan contra la calidad ambiental de la Reserva como:

- La central termoeléctrica Gonzalo Zevallos y Aníbal Santos localizadas al noreste en el interior de la Reserva (figura 6).

⁴¹ El término semidiurno hace referencia al período o ciclo de marea aproximadamente de la mitad de un día. El régimen de marea predominante en todo el globo es la semidiurna, con dos pleamares y dos bajamares todos los días. La corriente de marea se denomina semidiurna cuando hay dos períodos de flujo y dos períodos de reflujo al día.

- El terminal de despacho de petróleo “Tres Bocas” localizado al interior de la Reserva en su parte central-oriental.

- Los efluentes del Estero Candil, en la parte noroccidental de la Reserva, que sirve como desagüe de múltiples fuentes de contaminación a lo largo de este estero que desemboca en la zona de la Reserva.

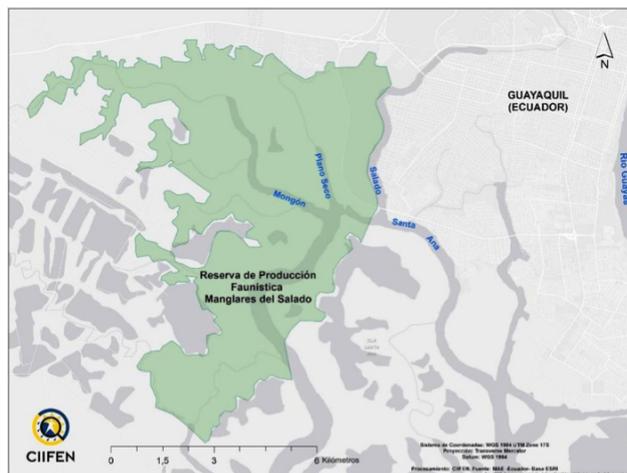


Figura 8: RPFMS y esteros asociados a la misma.

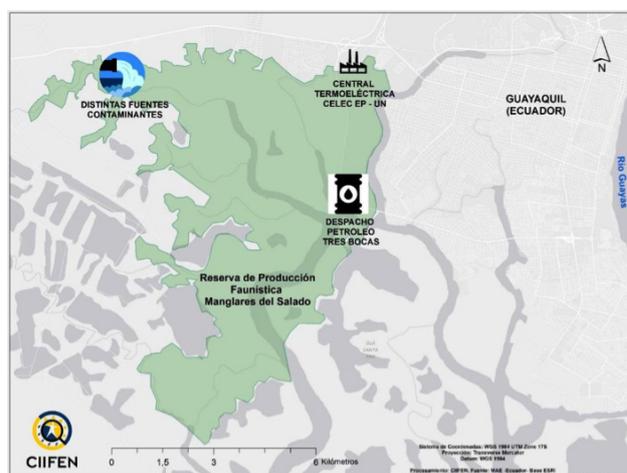


Figura 9: Localización de amenazas antrópicas en la RPFMS.

La comprensión de esta dinámica entre los ecosistemas y los factores antrópicos no podía ser captada solamente por la información geoespacial o ambiental disponible. Por ello, en el estudio, se contemplaron varios talleres de diálogo con expertos y habitantes de la zona y las áreas de influencia para reforzar la comprensión del rol en cada acción pertinente sobre el ecosistema de manglar.

En los talleres se pudo corroborar, en forma consistente, los testimonios disponibles de la experiencia, mejor documentada, de efectos climáticos sobre la Reserva. Según la experiencia narrada por los pescadores del Golfo de Guayaquil, durante el evento El Niño 1997-98 “los manglares resistieron los efectos de los cambios en los niveles de salinidad y temperatura del agua hasta que a finales de 1998, las alteraciones del agua sobrepasaron el límite de resistencia natural del manglar”⁴².

Con base en el testimonio de pescadores locales, se infiere que, en el pasado el manglar no fue afectado por el incremento de la temperatura del mar o nivel del mar, sino más bien por la dramática y persistente alteración de la salinidad, disminuida por el exceso de lluvia en la cuenca hidrográfica del río Guayas. El tiempo prolongado de exposición del manglar a condiciones de muy baja salinidad debilitó sus raíces, generando una cadena de efectos subsecuentes en el comportamiento y distribución de la biota asociada y, en algunos casos, a la desaparición de algunas especies como la concha “pata de mula” y los mejillones que aparecieron años después de El Niño.

6) Estimación de la vulnerabilidad

Para la estimación de la vulnerabilidad de la Reserva se planteó la siguiente ecuación 7:

$$\text{Ecuación 7: } V_T = V_t + V_a$$

Donde:

V_T Vulnerabilidad total

V_t Vulnerabilidad de la sección terrestre

V_a Vulnerabilidad de la sección acuática

Tanto para la estimación de la vulnerabilidad de la sección terrestre como de la acuática, se consideraron pesos o ponderaciones obtenidos a partir de discusiones al interior del equipo de trabajo.

La vulnerabilidad terrestre fue estimada mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 8: } V_t = 0,6V_{EU} + 0,3V_{EC} + 0,1V_{DG}$$

Donde:

V_{EU} Vulnerabilidad por expansión urbana

V_{IC} Vulnerabilidad por influencia de camarónicas

V_{DG} Vulnerabilidad por dinámica geomorfológica (retroceso)

La vulnerabilidad acuática fue estimada mediante la siguiente ecuación 6:

$$\text{Ecuación 9: } V_a = 0,3V_{CON} + 0,2V_{AM} + 0,4V_{SAL} + 0,1V_{TEM}$$

V_{CON} Vulnerabilidad por contaminación por fuentes terrestres de tipo industrial

V_{AM} Vulnerabilidad por actividad marítima

V_{SAL} Vulnerabilidad por disminución de la salinidad del agua

V_{TEM} Vulnerabilidad por incremento de la temperatura del agua

7) Análisis espacial de la vulnerabilidad

A efectos de ilustrar, en mejor forma, el procedimiento y los resultados parciales del análisis espacial de la vulnerabilidad en la Reserva, a continuación, en forma tabular y secuencial, se exponen los detalles de los distintos indicadores incluidos en el cálculo de vulnerabilidad:

Análisis de vulnerabilidad de la sección terrestre:

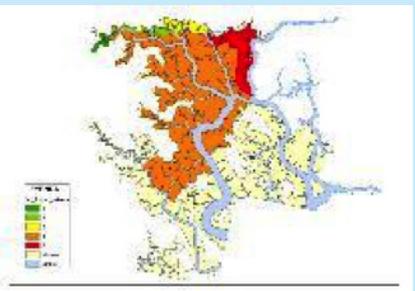
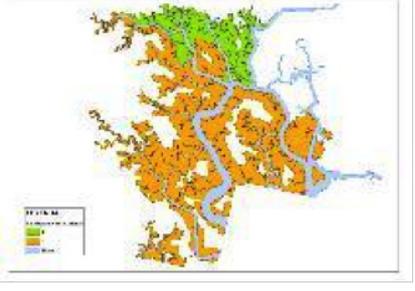
V_{EU} : Vulnerabilidad por expansión de áreas urbanas

V_{EC} : Vulnerabilidad por expansión de camarónicas

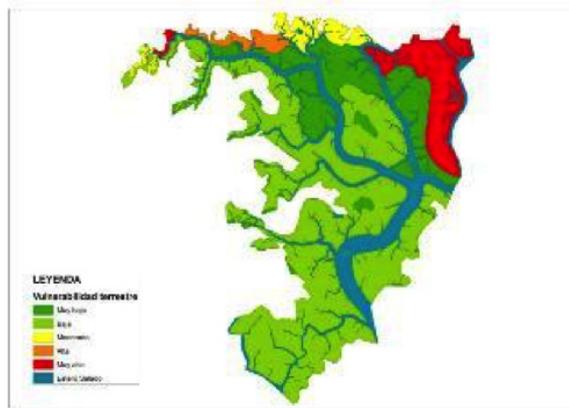
V_{DG} : Vulnerabilidad por dinámica geomorfológica

42 Diario Hoy Quito-Ecuador, 8 de junio de 2014

$$Vulnerabilidad\ terrestre\ (Vt) = 0,6I_{EU} + 0,3IE_C + 0,1I_{DG}$$

Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial
Expansión de áreas urbanas (V_{EU})	Se estima el radio diferencial del límite urbano en dos periodos 1967 (imagen Corona) -2009 (imagen SPOT) $IEU = Radio2009 * 100 / Radio1967$ Donde: IEU : Índice de Expansión Urbana (en %) $Radio2009$: Distancia entre el límite urbano de 2009 y el límite de la RPFMS $Radio1967$: Distancia entre el límite urbano de 1967 y el límite de la RPFMS	 $V_{EU} +$
Expansión de camaroneras (V_{EC})	Diferencia entre 1986 (imagen LANDSAT) – 2009 (imagen SPOT)	 $V_{EC} +$
Dinámica geomorfológica (VDG)	Diferencia de las márgenes de los ramales del estero 1986 (imagen LANDSAT) – 2009 (imagen SPOT)	 $V_{DG} =$

Vt Vulnerabilidad Terrestre:



Vulnerabilidad terrestre

Vulnerabilidad del medio acuático:

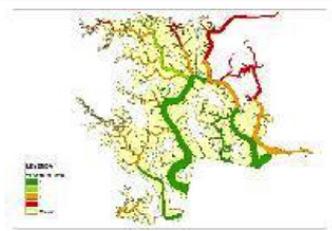
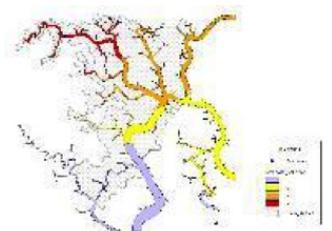
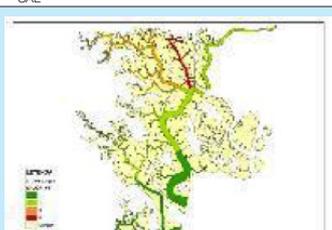
V_{CON} : Vulnerabilidad por contaminación marina

V_{AM} : Vulnerabilidad por actividad marina

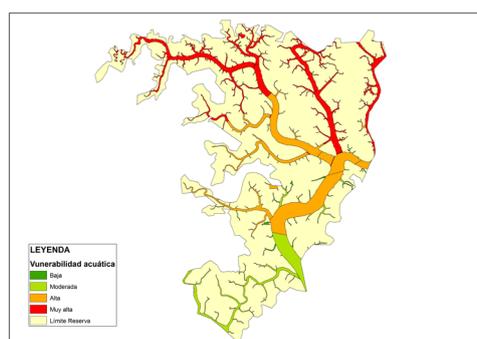
V_{SAL} : Vulnerabilidad por cambio en la salinidad

V_{TEM} : Vulnerabilidad por alteración de la temperatura

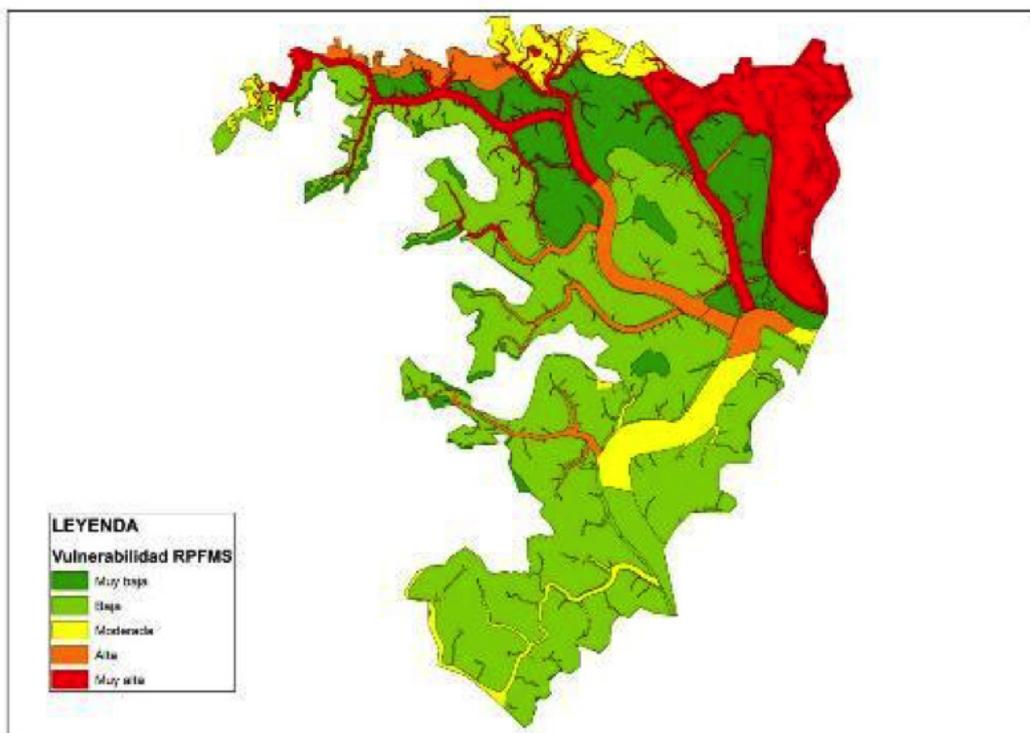
Análisis de vulnerabilidad de la sección acuática:

Vulnerabilidad del medio acuático (V_a) = $0,3 V_{CON} + 0,2 V_{AM} + 0,4 V_{SAL} + 0,1 V_{TEM}$		
Contaminación marina (V_{CON})	Contaminación marina proveniente de fuentes terrestres de tipo industrial	 <p>$V_{CON} +$</p>
Actividad marítima (V_{AM})	Actividad marítima (muelles o puertos que soportan un tráfico marino pesado, 3 a 1 muelles o infraestructuras artesanales de menor soporte de tráfico -1).	 <p>$V_{AM} +$</p>
Disminución de salinidad (V_{SAL})	Disminución de salinidad a partir de diferencias de salinidades medidas con sensores, teniendo en cuenta la estación lluviosa como fecha de descenso de la salinidad.	 <p>$V_{SAL} +$</p>
Incremento de temperatura (V_{TEM})	Incremento de la temperatura del agua (interpolación a partir de mediciones en distintos ramales de la red hídrica, dando un mayor peso ponderado al ramal del Estero Plano Seco por encontrarse ahí la central térmica).	 <p>$V_{TEM} =$</p>

V_a Vulnerabilidad del medio acuático:



Tal como fue expuesto, a través de las fórmulas 1 y 2, la vulnerabilidad total se obtiene a partir de la suma de las capas de vulnerabilidad en la sección terrestre y acuática, cuyo resultado se ilustra en la siguiente imagen:



8) Diseño de las medidas de adaptación

Para el diseño de las medidas de adaptación, se generó un proceso participativo con diferentes grupos de actores, tomando en cuenta los resultados obtenidos sobre los potenciales efectos del cambio climático en el área y los hallazgos del análisis de vulnerabilidad. Entre otras actividades, se generó un **diagnóstico previo a la formulación de líneas de acción para enfrentar los potenciales efectos del cambio climático**.

Los puntos relevantes para la formulación de **líneas de acción** que permitan enfrentar los potenciales efectos del cambio climático, desde la perspectiva ambiental, fueron los siguientes:

- 1) La alteración del régimen hidrológico de la cuenca del río Chongón y el estero Puerto Hondo debido a la construcción del embalse.
- 2) La alteración geomorfológica evidenciada en la zona de bajamar del Estero Salado.
- 3) La eliminación o intervención de la zona de amortiguación en el borde del estero en la zona norte del área de la reserva.

4) El progresivo deterioro de la calidad del agua del Estero Salado y su efecto en los canales interiores del área de la Reserva.

5) El incremento de salitres en el extremo norte de los canales interiores en el área de la Reserva, asociados a procesos de evaporación extrema.

6) El incremento de temperatura del área contigua en el norte de la reserva asociado a los vertimientos de agua de uso en las plantas termoeléctricas.

Desde la perspectiva social y económica, los puntos relevantes fueron:

- 1) La percepción del riesgo frente al cambio climático en las comunidades ligadas a la Reserva es casi inexistente. Sin embargo, los habitantes tienen muy claro que la principal amenaza para ellos y sus medios de vida es la disminución drástica y persistente de la salinidad en el estero, asociada a las precipitaciones. El fenómeno de El Niño 1997-1998 es para estas comunidades, la mejor muestra de cómo el clima les puede afectar, no por el incremento del nivel del

mar, no por las inundaciones causadas por las lluvias, no por el incremento de la temperatura, ni siquiera por las precipitaciones por sí mismas, sino por el impacto significativo de la baja salinidad por períodos prolongados en el ecosistema de manglar y la pérdida de los recursos vivos asociados.

2) La resiliencia de los habitantes del área de la Reserva y su zona de influencia es naturalmente considerable. Los habitantes de la zona coexisten con el manglar, una gran fluctuación intermareal, cambios estacionales, actividades económicas extractivas con alternativas diversas y en general condiciones que, aun cuando evidencian carencias y necesidades básicas insatisfechas, se contrastan con el arraigo de sus habitantes por permanecer en la zona y retornar, aunque intermitentemente, a ella.

3) La resiliencia natural de los habitantes del área de estudio, sin embargo, se ve afectada por factores exógenos y, potencialmente, minada si estos cambios son progresivos. Estos factores son, entre otros: la afectación de la contaminación en la disminución de recursos vivos, los efectos colaterales de la actividad camaronera, la creciente inseguridad y el escaso acceso a servicios de educación y salud.

4) Se evidencian algunas oportunidades relacionadas directamente con los actores y, especialmente, los grupos juveniles en los sectores urbanos marginales aledaños a la Reserva. Se constató en estos grupos juveniles, auténticos deseos de cambio y activismo hacia el mejoramiento de la calidad de vida a través de la calidad ambiental. En este mismo contexto el cambio climático aparece como un elemento a ser considerado.

5) Las tendencias de incremento poblacional, hacinamiento y exclusión en las zonas urbano marginales de Guayaquil no son alentadoras. Esto consecuentemente implica un incremento gradual de la presión antropogénica sobre el Estero Salado y consecuentemente sobre los ecosistemas de la Reserva, que podrían ser exacerbados por incrementos de la temperatura del agua, especialmente.

Desde la perspectiva institucional, los puntos relevantes fueron:

1) La creación del Departamento de Biodiversidad y Áreas Protegidas en el Gobierno Provincial del Guayas en junio de 2009.

2) La propuesta del Gobierno Provincial para la creación de una nueva zona de reserva en el Golfo de Guayaquil (Don Goyo).

3) Las actividades operativas del Municipio de Guayaquil en el área de influencia de la Reserva.

4) El Plan del Gobierno Nacional para la recuperación del Estero Salado, denominado Guayaquil Ecológico.

5) Los mandos operativos de las instituciones del Gobierno central y los Gobiernos locales y provinciales se conocen y tienen la mejor predisposición para trabajar en acciones conjuntas y coordinadas; sin embargo, ciertas diferencias políticas coartan cualquier posibilidad de sinergia, al menos en el corto plazo.

9) Planteamiento de escenarios para la formulación de líneas de acción

Asumiendo que todas las condiciones reportadas en el diagnóstico se mantengan, las oportunidades institucionales no sean aprovechadas y las barreras se mantengan, el escenario futuro para el área de estudio se pudo describir de la siguiente forma:

“Los asentamientos humanos en los bordes del Estero Salado se incrementarán al igual que los vertimientos por basuras, desechos biológicos e industriales. El incremento de la temperatura de las aguas interiores del Golfo de Guayaquil, estimulará los procesos de proliferación bacteriana.

El Estero Salado se convertirá en un cuerpo de agua inerte, por su eutrofización, llegando a un punto irreversible que podría convertirse en un foco de contaminación para la salud humana y la pérdida total de recursos vivos. Los impactos de este proceso se proyectarán a las zonas de la Reserva, afectando severamente la integridad del ecosistema del manglar y una

reducción significativa en las actividades de recolección en el extremo norte del área de Reserva. Los niveles de toxicidad, limitarán el consumo de crustáceos y peces en buena parte del estuario interior y esto, a su vez, ocasionaría un desplazamiento de las comunidades que actualmente están asentadas en el área. La actividad turística se vería notablemente afectada por el desplazamiento a otras áreas de aves y otras especies asociadas al manglar que no encontrarían alimento suficiente en la zona.

El proceso de colapso del Estero Salado seguiría avanzando lentamente hacia el sur. La resiliencia natural de comunidades y ecosistemas frente a las fluctuaciones climáticas se vería mermada, significativamente, y la mortandad de especies y pérdida de manglar sería amplificada ante la ocurrencia de eventos climáticos extremos asociados especialmente al evento El Niño. Tanto las zonas urbano-marginales como las residenciales vía a la costa, se verán afectadas por la emisión de gas sulfhídrico y los niveles de contaminación en el estero, lo cual alteraría significativamente la calidad de aire en espacios abiertos y la proliferación de enfermedades cutáneas asociadas al contacto con el agua y la vegetación. El nivel de conflictividad por el uso de la tierra en las áreas protegidas, acelera el riesgo de que estas áreas sean redefinidas para dar paso a la destrucción del manglar a cambio de la construcción de nuevos proyectos habitacionales⁴³.

Tomando en cuenta el escenario prospectivo, basado en los análisis de amenazas climáticas y de vulnerabilidad, a través del consenso con los actores, se propusieron las siguientes líneas de acción para la adaptación:

1. Apoyo a la articulación de acciones entre gobierno nacional y gobiernos locales.
2. Reordenamiento del uso de suelo en el área de influencia del área de la reserva incluyendo la zona urbana alrededor del estero salado y canales aledaños.
3. Fortalecimiento del control, sanción y manejo de los desechos sólidos y líquidos al estero salado.

4. Descontaminación y regeneración del sustrato marino en el Estero Salado y cuerpos de agua adyacente.

5. Reforestación de zonas de manglar en áreas interiores del Estero Salado, sin considerar las zonas sujetas a erosión en las que fracasarían estos intentos.

6. Regeneración de zonas de amortiguación en zona norte del área de la Reserva colindantes con urbanizaciones vía a la costa.

7. Capacitación comunitaria en la relación ambiente-riesgos-cambio climático para el Golfo de Guayaquil.

8. Articulación y fortalecimiento de grupos juveniles que trabajan en temas ambientales en área de influencia.

9. Desarrollo de estrategia comunicacional con medios del municipio: “Aprendamos”, los de gobierno nacional y otros voluntarios orientados a gestión ambiental-gestión de riesgo y cambio climático en el Estero Salado y el área de la Reserva.

10. Establecimiento de veedurías ciudadanas y comunitarias para el proceso de recuperación del Estero Salado.

11. Implantación de sistema comunitario de monitoreo para la recuperación de los ecosistemas.

10) Lecciones aprendidas

- Desde el punto de vista de la vulnerabilidad, no se debe hacer diferencia entre la variabilidad natural y el cambio climático. El clima es un factor continuo que para los actores en el territorio no se diferencia en escalas de tiempo. Esto debe ser incluido en el estudio de vulnerabilidad en base a la mejor información existente.

- Si en el caso de un indicador oceanográfico o atmosférico, aunque sea relevante, no se dispone de datos a largo plazo, es mejor prescindir de él, para evitar extrapolaciones desde lo global a local, lo cual puede conducir a errores.

- El contexto multitemporal para los indicadores en el territorio es recomendable como primera aproximación para entender la dinámica del uso de suelo.

43 CIIFEN (2011)

b. Caso de Estudio 2: Análisis de vulnerabilidad socio-económica y ambiental frente al cambio climático en la Cordillera Costera – Ecuador

1) Contexto

La Cordillera Costera del Ecuador se extiende en forma paralela al litoral ecuatoriano por las provincias de Guayas, Manabí y Santa Elena. Entre otros aspectos, destaca por su biodiversidad y endemismo, tanto en los bosques tropicales nublados en la parte alta de la cordillera como en el bosque seco en la parte baja de la misma. Ambos ecosistemas brindan importantes servicios ambientales, tales como la captación, regulación y filtración de agua desde el punto de vista hídrico, así como la generación de ingentes recursos naturales. Ambos ecosistemas son considerados como prioridad para la conservación tomando en cuenta las crecientes amenazas naturales y antrópicas que se ciernen sobre ellos, y el desarrollo de actividades en zonas de vacíos de conservación.

A lo largo de la Cordillera Costera se han establecido varias áreas de conservación como son las áreas protegidas del PANE (Patrimonio de Áreas Naturales del Ecuador): Parque Nacional Machalilla, el Refugio de Vida Silvestre y Marino Costero Pacoche, el Área Nacional de Recreación Parque Lago; y los bosques protectores Chongón Colonche, Cerro Blanco, cuenca del río Paján, entre otros. Una porción muy importante de los remanentes de bosque de la Cordillera Costera está bajo el control y monitoreo de los propios comuneros comprometidos con la conservación, quienes a través de los componentes de desarrollo comunitario han encontrado alternativas económicas viables que permiten su coexistencia con el bosque protector sin alterar su equilibrio ecológico⁴⁴.

El análisis de vulnerabilidad de la Cordillera Costera se hizo en el marco del proyecto Enfrentando el cambio climático en la Cordillera Costera, financiado por la Unión Europea y ejecutado por el CIIFEN con sus socios el Ministerio del Ambiente del Ecuador y los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales de Manabí y Guayas y sus colaboradores The Nature Conservancy y el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena.

2) Sujeto de análisis

El foco de análisis será la Cordillera Costera del Ecuador de manera que se visualizan los hallazgos del análisis de vulnerabilidad socioeconómica y ambiental frente al cambio climático de la Cordillera en su conjunto. Para ello se analizan, en primera instancia, las tendencias climáticas y factores oceanográficos determinantes en el clima de la región. Así, se analiza las vulnerabilidades por actividades, ecosistemas y poblaciones, enfocándose en las amenazas identificadas aunadas con las percepciones de actores.

El objetivo del proyecto era “apoyar la elaboración e implementación de una respuesta integrada a los impactos negativos del cambio climático en la Cordillera Costera que incluya la reducción de la vulnerabilidad de esta zona y sus poblaciones y que contribuya a limitar las emisiones de carbono al ambiente.” Específicamente se buscaba preparar y fortalecer a las comunidades, autoridades locales y los ecosistemas de la zona de intervención del proyecto para hacer frente al cambio climático, logrando paliar sus efectos negativos en la biodiversidad de la Cordillera Costera y mantener el stock de carbón de los bosques secos del Ecuador⁴⁵.

Se propuso alcanzar ese objetivo a través de cuatro líneas de acción:

- Mejorar la comprensión de la vulnerabilidad actual y futura de poblaciones locales y ecosistemas.
- Contar con propuestas de adaptación al cambio climático que busquen la sostenibilidad de los ecosistemas de producción, la conservación de los bosques, y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos a través de una reacción proactiva de las poblaciones y los gobiernos locales.
- Fortalecer la gestión de los recursos naturales de la zona y reducir la presión que las poblaciones locales ejercen sobre ellos, contribuyendo a paliar los efectos del cambio climático en la biodiversidad de la Cordillera.
- Mejorar las capacidades de las comunidades y gobiernos locales para entender y enfrentar los problemas del cambio climático e incluir dicho concepto en la planificación local.

44 CIIFEN (2013)

45 CIIFEN (2014)

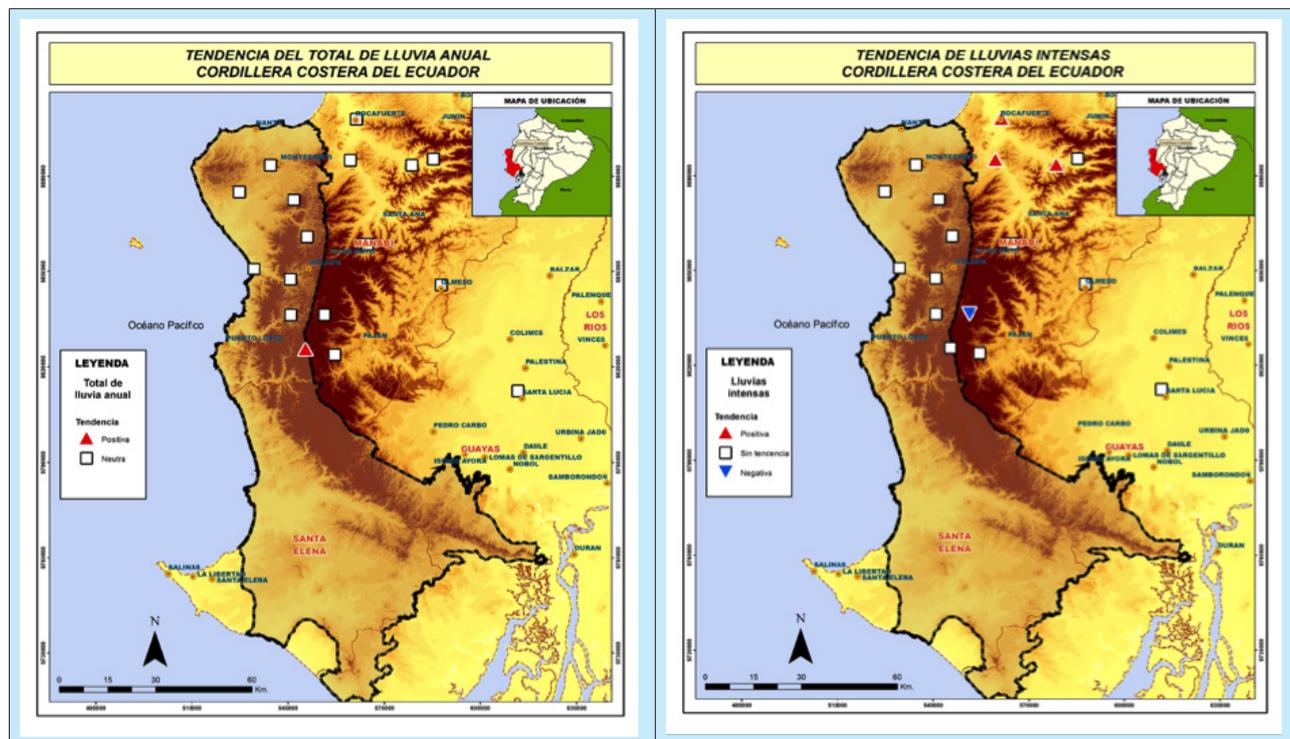
3) Estimación de las amenazas

En primer lugar, se identifican las tendencias climáticas, tanto del componente atmosférico como oceanográfico siguiendo distintas líneas de análisis como quedará reflejado a continuación. Posteriormente, se tendrán en cuenta percepciones locales y regionales a partir de Talleres de Percepción que se llevaron a cabo con los actores de la región.

En primer lugar, se acogen en el análisis más de 30 años de datos de estaciones meteorológicas de la costa ecuatoriana, calculándose los índices climáticos relacionados con la precipitación y temperaturas máximas y mínimas con base en análisis estadísticos de extremos e índices climáticos a partir de RClimDex con series históricas de precipitación y temperatura de las estaciones hidrometeorológicas⁴⁶ y bases de datos de Reanálisis⁴⁷. Los resultados se complementaron con información atmosférica derivada de reanálisis, proyecciones y estudio de procesos físicos locales. Los índices calculados fueron:

- Precipitación Total Anual – PRPCTOT
- Lluvias intensas – R99p
- Días lluviosos consecutivos – Cwd
- Días secos consecutivos – Cdd
- Temperatura Máxima – TXx (tardes cálidas)
- Rango diurno de temperatura – DTR (rango entre la máxima y la mínima temperatura diaria)

De ellos, se aceptan y grafican aquellos índices en los cuales el resultado responde a la tendencia con validez estadística y no a una tendencia únicamente matemática. Los resultados presentados son de aquellas estaciones e índices que mostraron tendencia con un valor de significancia mayor a 90%.



46 Proporcionadas por el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología de Ecuador (INAMHI)

47 Para mayor información véase CIIFEN 2014 & Reanálisis en Kalnay et al. (1996) & NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project

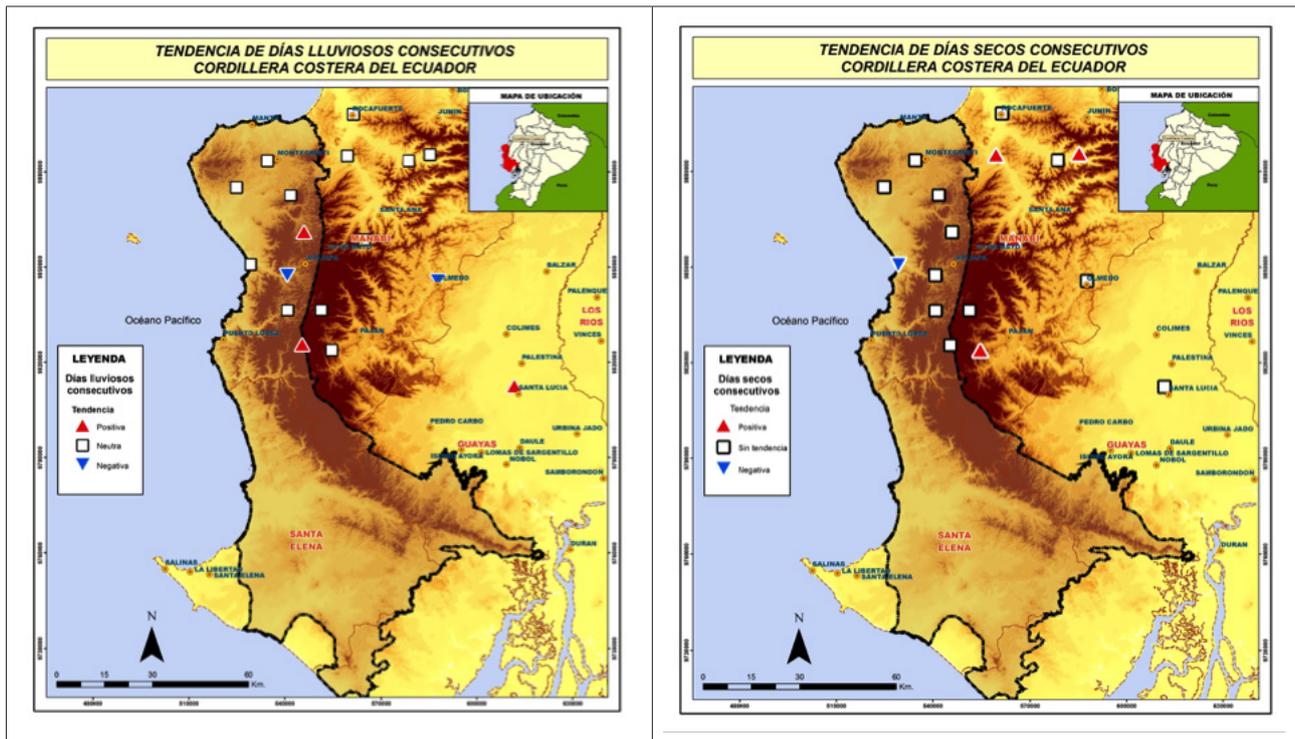


Figura 10: Análisis de tendencias climáticas mostradas por estación, de arriba abajo y de izquierda a derecha: Lluvia anual, lluvias intensas, días lluviosos consecutivos y días secos consecutivos. Fuente: CIIFEN (2014)

El análisis de tendencias muestra el aumento de la Humedad Relativa y una tendencia a la disminución de la Radiación de Onda Larga Saliente. En la época seca se observa un incremento del viento en sentido norte-sur y de la cantidad de agua precipitable. Los demás parámetros analizados muestran variaciones decadales cíclicas en su evolución temporal. Del análisis de la serie de tiempo de la PDO (Mantua et. al. 1997), se aprecia que a partir de finales de la década de los 90, el océano Pacífico entra en una fase de predominancia de condiciones frías.

De todas las variables analizadas, tanto para el cálculo de tendencias de índices climáticos, como del análisis de datos de modelos combinados con datos observados y de estudios realizados a nivel regional y global, se estima que los posibles escenarios climáticos para la zona de estudio serían:

1. Los eventos El Niño, tanto en intensidad como en periodicidad, se mantendrían invariables.
2. En la zona de estudio se mantendría la cantidad de lluvia anual, aunque con cambios en la distribución temporal.
3. Se produciría un incremento de eventos extremos, especialmente en la zona norte del

área de estudio. Aumento de lluvias intensas y aumento de períodos secos (veranillos) dentro de la estación lluviosa.

4. Incremento gradual de la humedad relativa en la época seca, mayor aporte de humedad al ambiente.
5. Incremento del agua precipitable en la época seca, lo que combinado con las condiciones ambientales adecuadas, podría generar una mayor posibilidad de aporte de precipitación en forma de garúas o lluvias leves.
6. Predominio de temperatura del mar más fría y oleaje más intenso durante los próximos años.

Con el fin de optimizar el análisis a partir de las amenazas más acuciantes, además de la identificación de tendencias, en gabinete, se tomaron en cuenta los Talleres de Percepción con actores. En los talleres se identificó: la disminución de la cantidad de agua disponible para agricultura (ríos con menor caudal y cambios en los patrones de lluvia), a lo que ha de sumarse el agravante de la contaminación de las aguas, lo que conlleva a la disminución de la productividad de suelos en última instancia provocando movimientos migratorios campo-ciudad.

En cuanto a la pesca, se percibe la disminución progresiva de las pesquerías, tanto en la cantidad

como en la diversidad de especies. Se identificaron cambios en la temperatura del aire (sensación térmica), en la intensidad de las corrientes y olas, una mayor incidencia de la radiación solar, alteración de la distribución de lluvias, presencia de veranillos e incremento de sequías.

Las amenazas climáticas fueron identificadas a partir de los análisis de la información disponible y las percepciones de comunidad y actores locales. En los talleres se recopiló información social, económica y ambiental, enmarcada en tres tiempos o escenarios: pasado, presente y futuro:

- En el pasado: los participantes detallaron las actividades de orden económico, social y ambiental que predominaban en la zona desde hace diez años o más. En este aspecto, los actores destacan actividades de pequeña escala basadas en la pesca, agricultura de ciclo corto y perenne y ganadería de aves de corral, vacas y chivos. Había una fuerte explotación de madera en algunos sitios. Los participantes indican que en el pasado había una mayor cantidad y variación de animales, especialmente de especies acuáticas, especies que ayudaban a la conservación de ríos y vegetación.

- Presente: los actores indican sus criterios en relación a las alteraciones actuales del clima “pasado” y cómo ello influye en su comunidad. Los participantes identificaron incremento en la temperatura del aire, así como mayor radiación solar, intensidad de corrientes y olas; cambios en la distribución de la lluvia, incremento de temporadas con déficit de agua y degradación de suelos. Argumentan problemas importantes tanto de calidad como de cantidad de agua. Así mismo, se aprecian problemas de fertilidad y pérdida de suelos y elevados costos para subsanarlo. En cuanto a la pesca, evidencian la explotación de recursos antes no explotados (peces pequeños) y su declinación. Se practica el monocultivo con especies de ciclo corto y las prácticas ancestrales se han perdido; incremento en el uso de agroquímicos y falta de lluvia son problemas que dificultan la actividad agrícola.

- A Futuro: Los actores expresaron sus proyecciones del entorno, al mismo tiempo que exponen sus ideas de cómo podrían, desde cada una de sus posiciones (función socio laboral), contribuir a un cambio positivo

enfocado en la conservación y mantener los servicios ecosistémicos así como sus fuentes de ingreso. En ninguno de los casos descartaron alternativas económicas nuevas que pudieran beneficiar la coexistencia poblaciones-bosque, por el contrario, se las identificó como una necesidad frente a la expectativa de cambios en el clima. Los actores frente a el escenario dado proponen una serie de medidas:

- Mayor ahorro de energía y búsqueda de energías alternativas;
- Utilización de energía solar (deseo de implementación en comunidades);
- Desarrollo de campañas de difusión de normativa ambiental vigente;
- Fomentar el rescate de costumbres ancestrales útiles (difusión-prácticas);
- Implementar programas de reforestación en toda el área, principalmente en la Cordillera Chongón – Colonche;
- Implementar proyectos de construcción y rescate de albarradas⁴⁸;
- Promover el buen uso del recurso hídrico para consumo y riego (obras existentes no se utilizan en todo su potencial);
- Implementar programas integrales de manejo de residuos sólidos y prevención de inundaciones y deslizamientos;
- Dar un uso más eficiente de la tecnología⁴⁹.

4) Análisis del territorio

La Cordillera Costera recorre unos 120 Km dirección sureste-noroeste el sector costero del Ecuador, emplazándose en parte de las provincias de Manabí, Santa Elena y Guayas. El espacio de estudio incluye tanto la cadena montañosa llamada “Cordillera Costera”, donde se incluye la denominada “Chongón-Colonche”, como el área de influencia de la misma. La zona, acoge importantes extensiones de bosque seco y bosque húmedo, con un alto valor ecosistémico de flora y fauna endémica.

⁴⁸ Albarrada: humedales lénticos resultado de la construcción hidráulica con muros delimitados normalmente por vegetación protectora de la fauna y la evaporación, que tienen como fin abastecer a la población y/o pequeños espacios agrarios con reservas hídricas durante el estiaje.

⁴⁹ En: CIIFEN (2013)

El clima en la zona, con temperatura promedio anual oscilando entre los 22 °C a los 26 °C, y precipitaciones que van desde menos de 500 mm anuales hasta los 1750 mm anuales, variando del seco al húmedo, dentro de un marco de compleja orografía y por tanto conformando un complejo conjunto de cuencas y subcuencas hidrográficas.



Figura 11: Localización del área de estudio en la Cordillera Costera del Ecuador. Fuente: CIIFEN (2014)

El trabajo comunal y la participación de los actores, por tanto, toman gran repercusión en el área de estudio con el análisis de vulnerabilidad. El área de estudio se subdivide en cuatro zonas, cada una con un centro poblado (centroide) en donde se realizó los talleres. El criterio de selección de la población fue facilitar el acceso de los participantes. Además se realizaron entrevistas con actores clave; para la selección del lugar de entrevistas se consideraron criterios como la diversidad de medios de vida y los recursos hídricos

5) Análisis espacial de la vulnerabilidad

La unidad de análisis a partir de la cual se expresan los resultados son los límites administrativos parroquiales. La aproximación metodológica para la estimación de la vulnerabilidad socioeconómica de la Cordillera Costera frente al Cambio Climático se construyó considerando:

- Los principales medios de vida existentes en el área de estudio que pudieren ser afectados

por las probables consecuencias del cambio climático;

- Los principales factores sociales que pudieren impedir o dificultar la reacción de la población ante las probables consecuencias del cambio climático;

- Los principales factores tanto de medios de vida como sociales que podrían atenuar los efectos del cambio climático;

- Con la estimación de la susceptibilidad se relacionaron aquellos factores que pudieren impedir la capacidad de reacción de la población ante las consecuencias del cambio climático;

- Con la estimación de la capacidad adaptativa se consideraron aquellos factores que podrían atenuar la susceptibilidad.

Considerando estas premisas, la aproximación metodológica para la estimación de **vulnerabilidad socioeconómica** de la Cordillera Costera se basó en la siguiente fórmula:

$$\text{Ecuación: } VSE = (S_{AG} + S_P + S_V + S_{Pob} + S_{Edu}) - (C_{Agric} + C_{ADiv-prod} + CAA_{ct-Alt} + CA_{Org} + CA_{Esc} + CA_{SAL})$$

Siendo:

S_{AG}	Susceptibilidad agrícola
S_P	Susceptibilidad de la actividad pesquera
S_V	Susceptibilidad de la vivienda
S_{pob}	Susceptibilidad de la población
S_{Edu}	Susceptibilidad educacional
C_{Agric}	Capacidad adaptativa agrícola (acceso al agua)
$C_{ADiv-prod}$	Capacidad adaptativa por diversidad productiva
CAA_{ct-Alt}	Capacidad adaptativa por actividades alternativas
CA_{Org}	Capacidad adaptativa por nivel de organización
CA_{Esc}	Capacidad adaptativa por infraestructura escolar
CA_{SAL}	Capacidad adaptativa por acceso a la salud pública

De donde se analizarán por separado susceptibilidades y capacidades adaptativas:

<p align="center">Susceptibilidad Socioeconómica (S_{SE})</p> $S_{SE} = S_{AG} + S_P + S_V + S_{Pob} + S_{Edu}$		
Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial
Susceptibilidad agrícola (S_{AG})	Fotointerpretación de imágenes satelitales de 2008, contrastadas y validadas con coberturas del bosque protector Chongón Colonche ⁵⁰ y el mapa de usos de suelo ⁵¹ . Se calcula el porcentaje de superficie dedicada a actividades agrarias con respecto a la superficie total de cada una de las parroquias. El porcentaje mayor de superficie agrícola corresponde con la menor susceptibilidad pasando a normalizarse los valores con respecto a éste	<p>$S_{AG} +$</p>
Susceptibilidad de la actividad Pesquera (S_P)	Producto de los siguientes indicadores: -Valoración del número de puertos. Se contabiliza el Número de puertos por parroquia, tanto existentes como proyectados. A mayor número de puertos menor susceptibilidad. -Valoración del tipo de Puertos. Estimándose la categoría y magnitud del puerto así como sus actividades vinculadas. A cada puerto se le asigna un valor ponderado: Puertos Regionales (8), Puertos Industriales y Nuevos Puertos (4), Puertos Artesanales (2), Caletas Pesqueras (1) - Desembarcos promedios anuales por puerto Resultando: $S_p = N_p^{52} \times T_p \times D_p$ Donde el valor S_p se normaliza respecto al mayor valor, y se ajusta a la escala de representación convenida.	<p>$S_P +$</p>
Susceptibilidad de Viviendas (S_V)	Producto de los siguientes indicadores: -Estado de viviendas (Se categoriza según estado de la vivienda) -Material de viviendas (tipo de material de construcción en función de su resistencia) -Déficit de servicios básicos ⁵ (Categorizado a partir de si cuenta o no con electricidad, alcantarillado, abastecimiento de agua) -Eliminación basura en función del tipo de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se da.	<p>$S_V +$</p>
Susceptibilidad de la población (S_{pob})	A partir del producto de los siguientes indicadores ⁵³ : - Grupo ocupacional: % población realizando alguna actividad económica, sea o no en relación de dependencia - Incremento poblacional: Diferencia parroquial entre población en 2001 y 2010. A mayor incremento poblacional, menor susceptibilidad Indicadores de dependencia - Dependencia por edad: Porcentaje del \sum población < 14 y \geq 65 años por parroquias - Discapacidad: Porcentaje de casos de personas con discapacidad respecto al total poblacional	<p>$S_{pob} +$</p>

50 CLIRSEN 2008

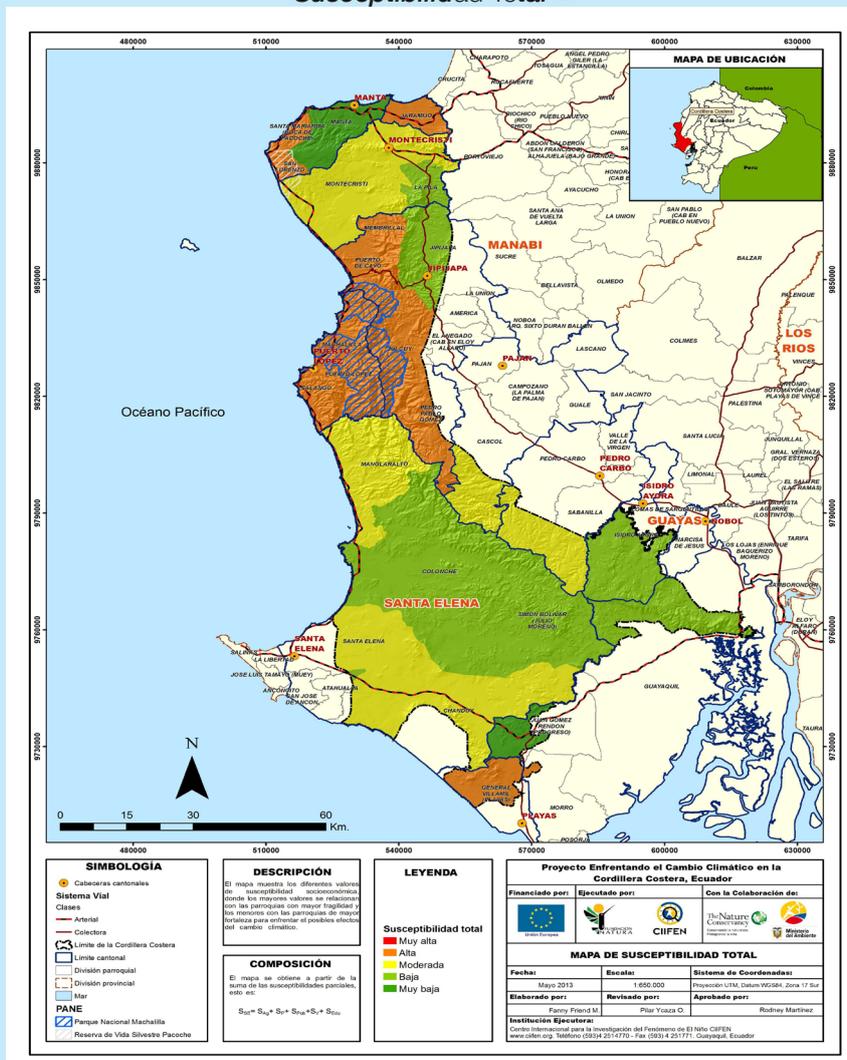
51 Cobertura del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca del Ecuador; MAGAP (2008)

52 Acrónimos de los indicadores anteriores, en este caso N_p = número de puertos

53 Bases de datos del Instituto Nacional de Estadísticas del Ecuador, (INEC) y datos de pobreza del "Mapa de pobreza y desigualdad en Ecuador" (SIISE-STMCDS)

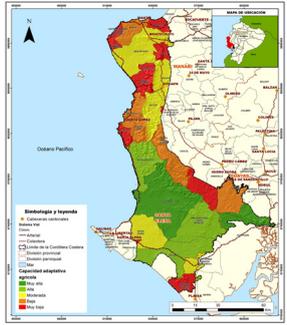
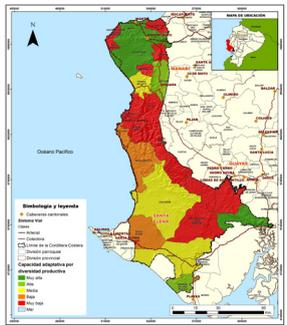
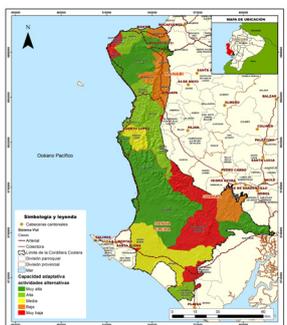
Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial
Susceptibilidad de la población (S_{pob})	<p>Indicadores de pobreza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incidencia de pobreza: Porcentaje de población en situación de pobreza⁵⁴ - Incidencia de pobreza extrema: Porcentaje de población en situación de indigencia o pobreza extrema. - Coeficiente de GINI: Desigual reparto de la riqueza, de más equitativo reparto (0) a mayor desigualdad en el reparto de la riqueza (1) 	
Susceptibilidad Educacional (S_{Edu})	<p>A partir del producto de los siguientes indicadores⁵⁵:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analfabetismo: Cifras oficiales de analfabetismo expresada en porcentaje con respecto a la población total. - Nivel de Instrucción: Ponderación de población con estudios según niveles con respecto al total poblacional por parroquias. De Ningún estudio (10) a Posgrado (1) 	

Susceptibilidad Total =



54 Íbid

55 Censo de Población y Vivienda. INEC (2010)

<p align="center">Capacidad Adaptativa Socioeconómica (CA_{SE}) $CA_{SE} = C_{Agric} + CA_{Div-prod} + CA_{Act-Alt} + CA_{Org} + CA_{Esc} + CA_{SAL}$</p>		
Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial
<p>Capacidad adaptativa agrícola (acceso al agua) (CA_{agric})</p>	<p>A partir del indicador de acceso al agua para la agricultura, se suman según su magnitud y superficie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vertientes⁵⁶ - Pozos⁵⁷ - Represas⁵⁸ - Canales - Ríos⁵⁹ + buffer 500 metros - Albarradas⁶⁰ - Ciénagas 	 <p>CA_{agric} +</p>
<p>Capacidad adaptativa por diversidad productiva (CA_{Div-prod})</p>	<p>A partir de las de las distintas actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Industria: Localización a partir de las cartas topográficas del IGM ⁶¹ 1:50.000 y verificación a partir de imagen satelital. - Camaroneras⁶² Según la ubicación y distribución de las mismas. - Salitrales - Granjas avícolas⁶³ evaluada según su capacidad por parroquias - Granjas porcícolas evaluada según su capacidad por parroquias 	 <p>CA_{Div-prod} +</p>
<p>Capacidad adaptativa por actividades alternativas (CA_{Act-Alt})</p>	<p>Contemplándose:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Extracción de materiales de construcción⁶⁴: Cálculo en base a la superficie. - Turismo⁶⁵: \sum de los sitios y actividades turísticas, valorado de acuerdo a la cantidad de atractivos presentes por parroquia. 	 <p>CA_{Act-Alt} +</p>

56 Rojas (2010)

57 A partir de la base de datos del Servicio Nacional del Agua del Ecuador – SENAGUA (2011)

58 Inventario de canales de riego y represas obtenido tras la digitalización a partir de cartas del Instituto Geográfico Militar del Ecuador - IGM 1:50.000

59 MAGAP-PROMSA (2002)

60 Información referente a albarradas y ciénagas; Álvarez et al. (2004)

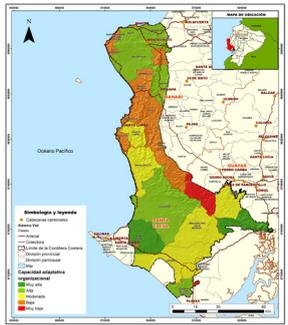
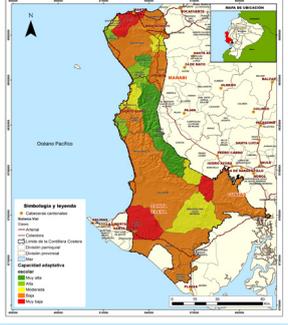
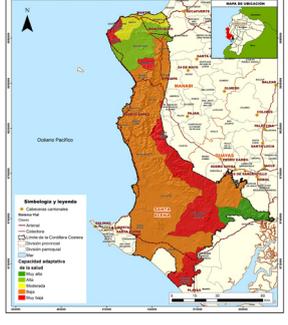
61 Instituto Geográfico Militar

62 Camaroneras y salitrales, información obtenida a partir de imagen ASTER del año 2005

63 Tanto Granjas avícolas como porcícolas se obtienen a partir de MAGAP (2006)

64 Digitalización de los sitios de explotación a partir de cartas topográficas del IGM y fuentes bibliográficas

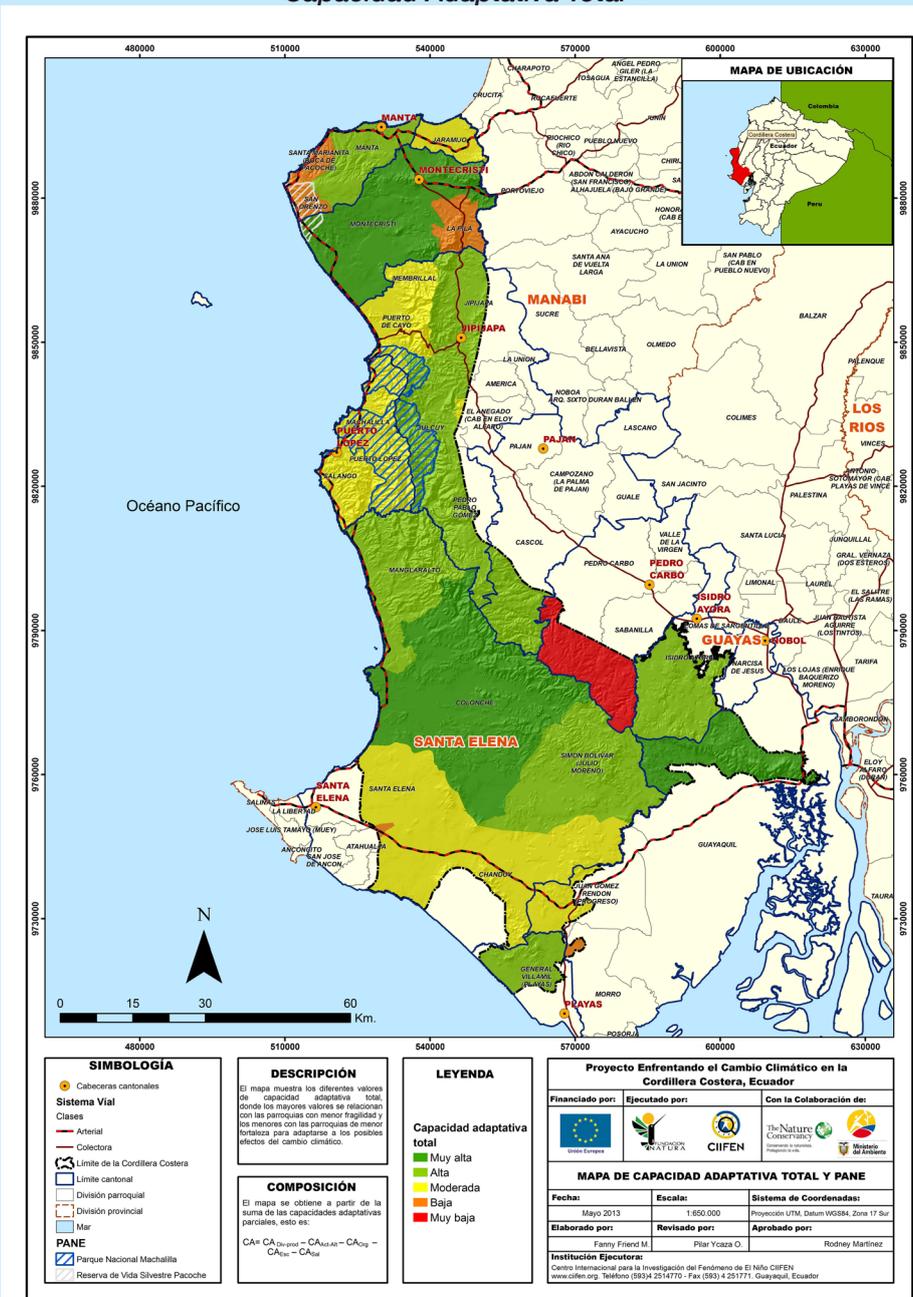
65 A partir del Ministerio de Turismo del Ecuador

Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial
Capacidad adaptativa por nivel de organización (CA_{Org})	Presencia y acción de instituciones gubernamentales y ONG y otras asociaciones. ⁶⁶ Se caracterizan los valores por parroquias de 0 a 5, siendo 5 la cifra de mayor actividad organizativa y mayor capacidad adaptativa por tanto.	 CA _{Org} +
Capacidad adaptativa por infraestructura escolar (CA_{Es})	Cálculo por parroquias de la densidad de alumnos en escuelas y colegios fiscales, fiscomisionales ⁶⁷ , municipales y particulares existentes. Niños y jóvenes entre 6 y 14 años escolarizados según el censo con respecto a la población total.	 CA _{Es} +
Capacidad adaptativa por acceso a la salud pública (CA_{SAL})	Se consideran los centros de salud de distinto orden de las parroquias dentro del área de estudio más un radio adicional de 10 km a partir del límite del mismo.	 CA _{SAL} =

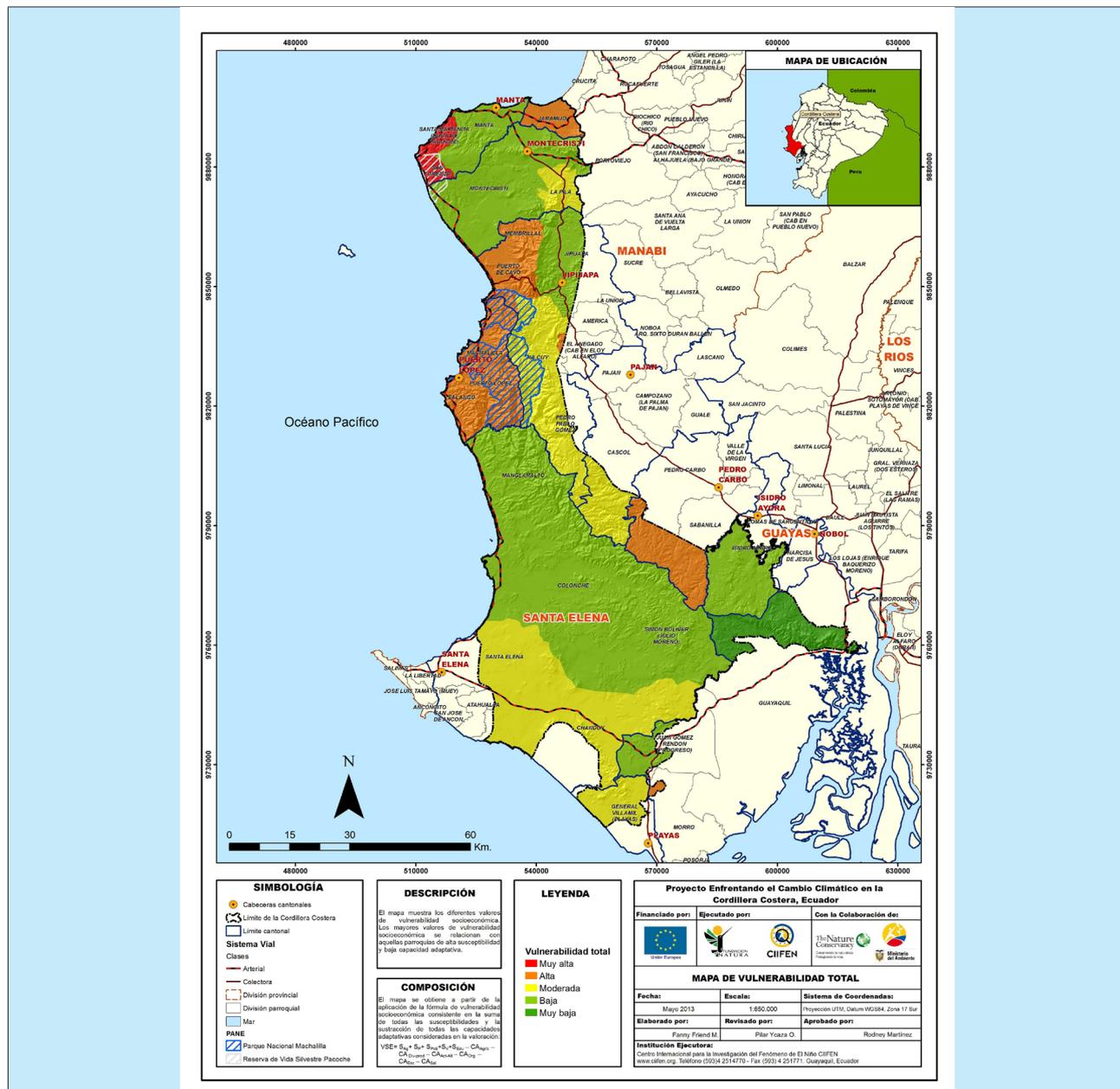
66 Álvarez, S. et al. (2005)

67 Colegios bajo cobertura pública y privada en un porcentaje determinado

Capacidad Adaptativa Total =



La vulnerabilidad socioeconómica por tanto será la diferencia entre el resultado de la susceptibilidad socioeconómica (S_{SE}) y la capacidad adaptativa socioeconómica (CA_{SE}), resultando:



Vulnerabilidad socio-económica total del área de estudio

La aproximación metodológica para la estimación de la **vulnerabilidad ambiental** no consideró la capacidad adaptativa, tal como se hizo en la estimación de la vulnerabilidad socio-económica, debido a que como elementos de capacidad adaptativa se consideraba la existencia de Planes de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial. Puesto que estos planes son obligatorios para todos los gobiernos autónomos descentralizados, todos los gobiernos se encontrarían en igualdad de condiciones, es decir no existe una forma de discretizar este elemento. Con este

antecedente, la aproximación metodológica para la estimación de la vulnerabilidad ambiental de la Cordillera Costera frente al cambio climático considera entonces solo los siguientes elementos de susceptibilidad:

- Deterioro y susceptibilidad de erosión en microcuencas
- Cálculo de la densidad de órdenes de los componentes de la red hídrica dentro de la microcuenca, de donde se obtuvo un índice de dotación hídrica para cada microcuenca
- Tendencia de expansión urbana sobre áreas naturales
- Incompatibilidad de usos del suelo (unidades ambientales)
- Presencia del Sistema Nacional de Áreas Protegidas en la microcuenca
- Cambio en la vegetación natural

Considerando los elementos anteriores, se definió dos componentes para el análisis de vulnerabilidad:

- Vulnerabilidad ambiental por factores naturales
- Vulnerabilidad ambiental por factores antropogénicos o degenerativos

La aproximación metodológica para la estimación de la vulnerabilidad ambiental de la Cordillera Costera se fundamentó en la siguiente fórmula:

$$V_A = (V_{FAC-NAT} + V_{FAC-ANTR})$$

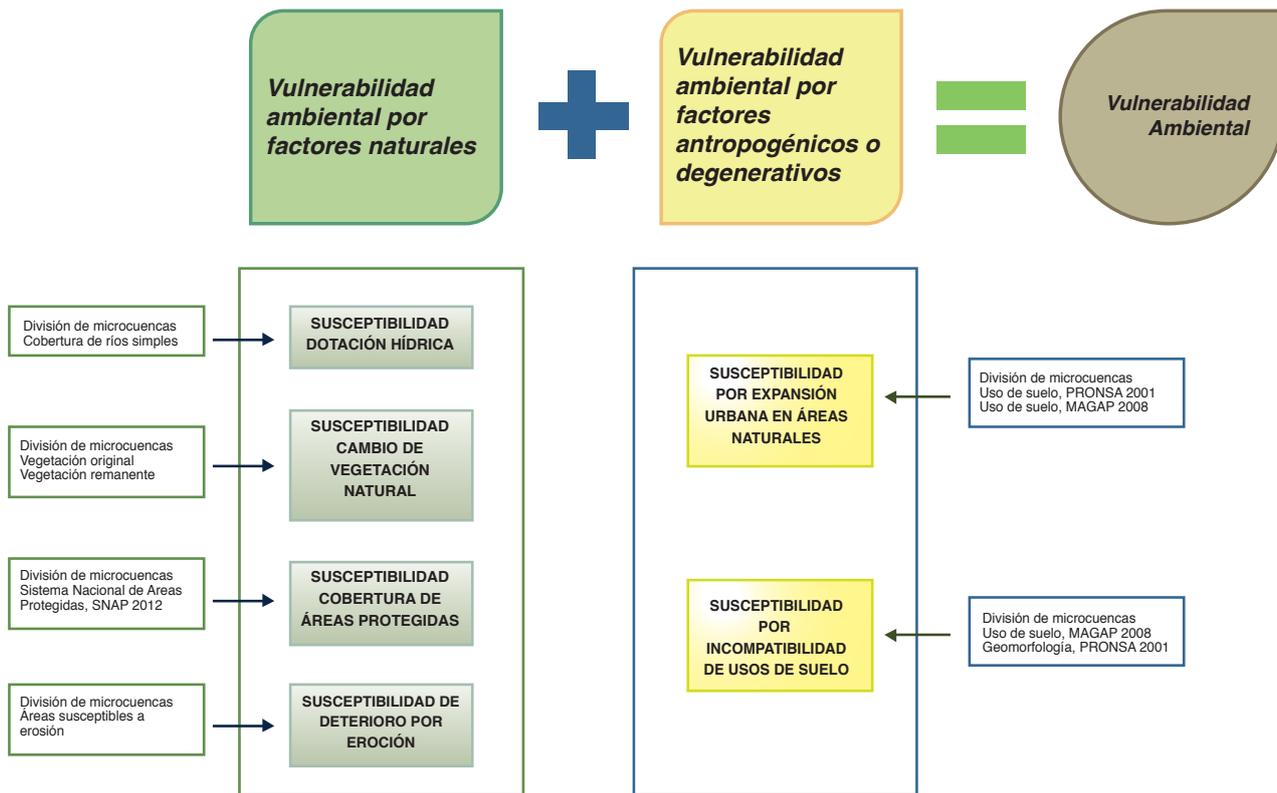
$$V_{FAC-NAT} = S_{DotHid} + S_{CmbVegNat} + S_{AP} + S_{Eros}$$

$$V_{FAC-ANTR} = S_{ExpUrbANat} + S_{IncpUsoSu}$$

En donde:

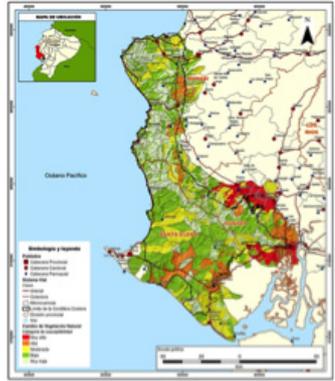
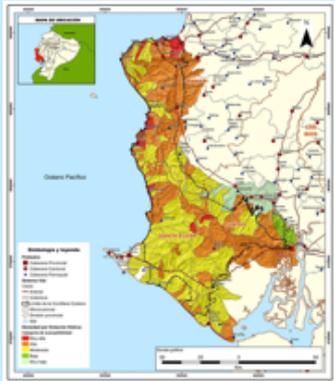
V_A	Vulnerabilidad ambiental
$V_{FAC-NAT}$	Vulnerabilidad ambiental por factores naturales
S_{DotHid}	Susceptibilidad por dotación hídrica
$S_{CmbVegNat}$	Susceptibilidad por cambio de vegetación natural
S_{AP}	Susceptibilidad por cobertura de Áreas Protegidas
S_{Eros}	Susceptibilidad por deterioro a causa de la erosión
$V_{FAC-ANTR}$	Vulnerabilidad ambiental por factores antropogénicos o degenerativos
$S_{ExpUrbANat}$	Susceptibilidad por expansión urbana en áreas naturales
S	Susceptibilidad por incompatibilidad de usos de suelo

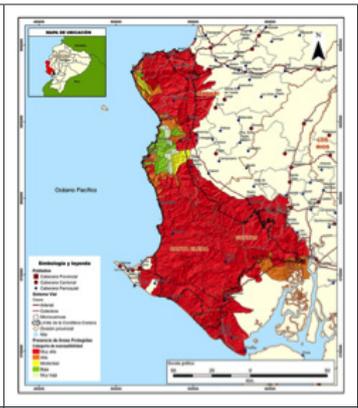
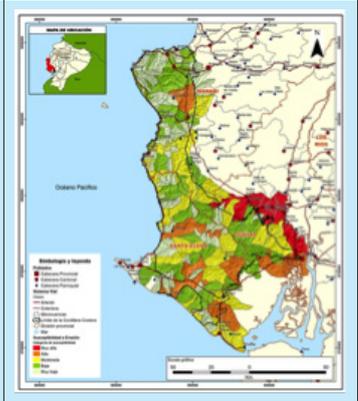
La aproximación para la estimación de la vulnerabilidad ambiental se resume en el siguiente esquema:



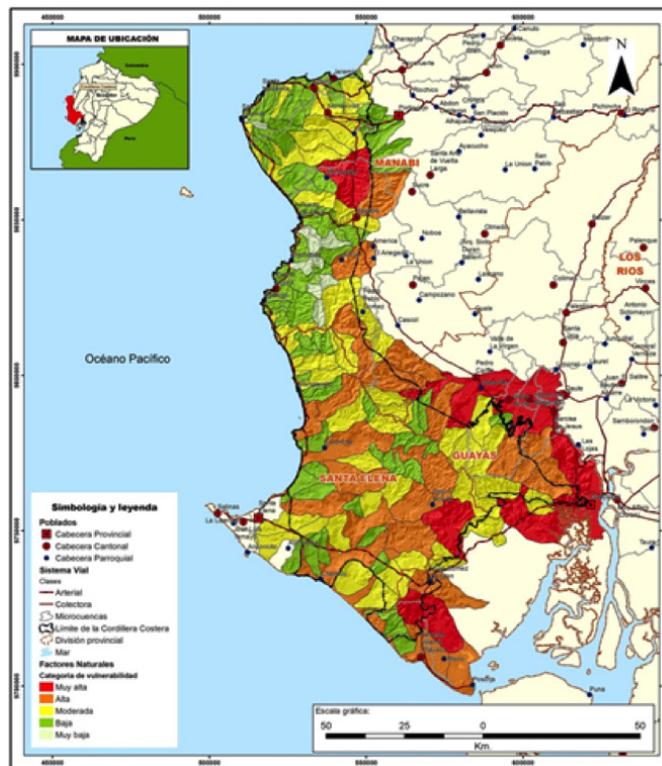
Esquema de la aproximación metodológica para la estimación de la vulnerabilidad ambiental

La **vulnerabilidad natural por factores naturales** está conformada por:

Indicador	Descripción	Resultado de susceptibilidad parcial
Susceptibilidad por cambios en la vegetación natural $S_{CmbVegNat}$	Los cambios en la vegetación se detectaron a partir de la herramienta "Change Detection" que posee el SIG, obteniéndose la comparación entre las capas de vegetación natural y la vegetación remanente (DINAREN 2001)	
Susceptibilidad por dotación (densidad) de recursos hídricos S_{DotHid}	La dotación hídrica calculó la longitud de los ríos y sus órdenes dentro del área de la microcuenca; para cada microcuenca se obtuvo el total de la longitud de los ríos por sus respectivos órdenes, llevándolo al límite de la microcuenca; luego se calculó la densidad de los ríos considerando el área de la microcuenca.	

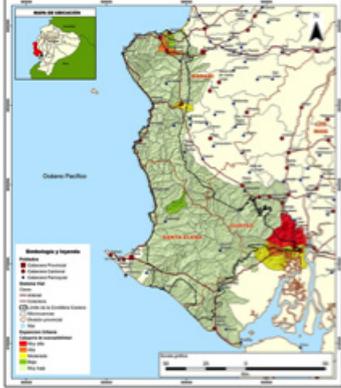
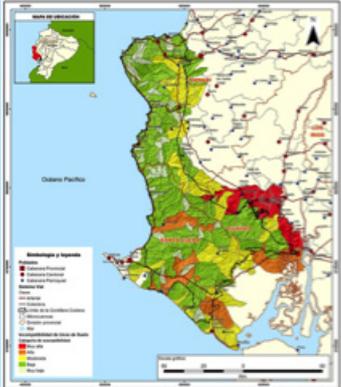
<p>Susceptibilidad de cobertura de áreas protegidas S_{AP}</p>	<p>Se interceptaron las áreas protegidas (PANE) con la división de microcuencas, obteniendo para cada cuenca los sitios donde las áreas protegidas están presentes. Para la valoración final se calculó el porcentaje de área protegida con relación al área de la microcuenca</p>	
<p>Susceptibilidad erosión S_{Eros}</p>	<p>Se calculó a partir de la capa de susceptibilidad a la erosión de ODEPLAN (2001). Para la estimación de las áreas más susceptibles a la erosión, primero se valoraron las categorías de susceptibilidad y luego éstas se refirieron a los límites de las microcuencas del área de estudio. Para la valoración final se calculó un índice que consideró el valor de susceptibilidad asignado y el área de cada categoría dentro de la microcuenca. Al final se obtuvo un valor total para cada microcuenca. El valor mayor corresponde a las microcuencas con la máxima vulnerabilidad por erosión y el valor menor a aquellas con la menor vulnerabilidad a la erosión.</p>	

La vulnerabilidad ambiental por factores naturales se determinó al sumar las vulnerabilidades parciales relacionadas con: cambios en la vegetación natural, dotación hídrica, cobertura de áreas protegidas y erosión. Los valores resultantes se adaptaron a una escala de cinco niveles de representación: el valor mayor corresponde a las microcuencas con la máxima vulnerabilidad ambiental por factores naturales y el valor menor a aquellas con la menor vulnerabilidad.

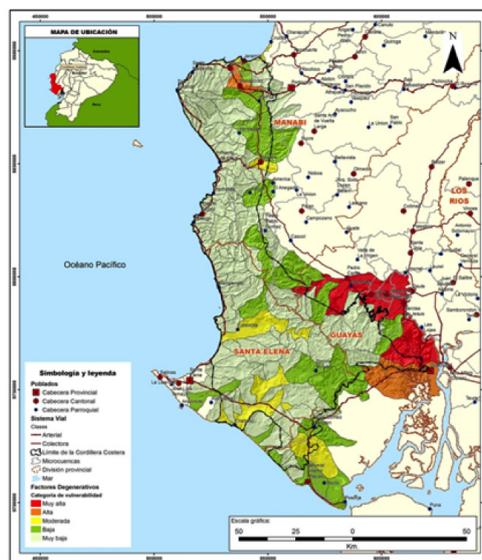


Vulnerabilidad ambiental por factores naturales

La vulnerabilidad ambiental por factores antropogénicos o degenerativos está conformada por:

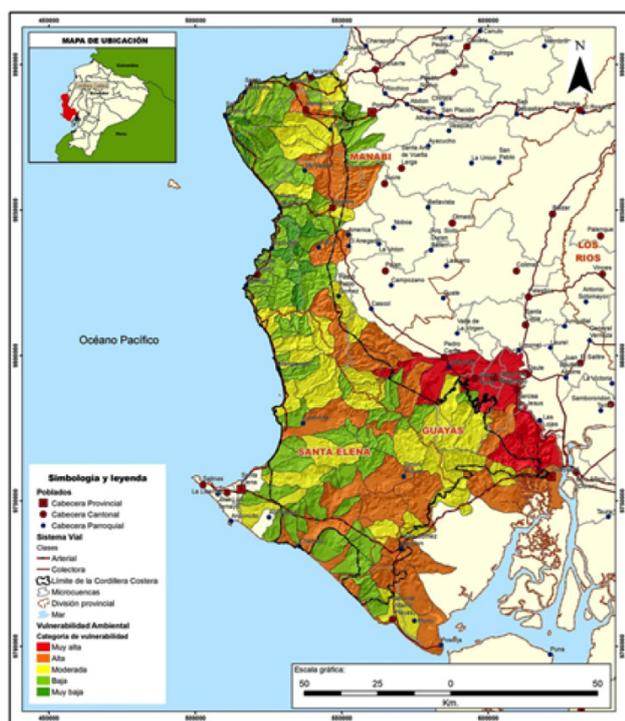
Indicador	Descripción	Resultado de susceptibilidad parcial
<p>$S_{ExpUrbANat}$ Susceptibilidad por expansión urbana en áreas naturales</p>	<p>Se analizó el uso suelo (Capa Área Urbana, MAGAP 2008) y Áreas naturales (Capa de Vegetación, PROMSA ,2001). Las áreas naturales fueron interceptadas con la cobertura de áreas urbanas de la capa de uso de suelo. Producto de esta intercepción se obtuvo las áreas naturales impactadas por la expansión urbana, las cuales se interceptaron finalmente con la información de microcuencas. Se realizó el cálculo de la superficie total de las áreas impactadas por expansión urbana de cada microcuenca; se normalizó respecto al mayor valor y se ajustó a la escala de representación.</p>	
<p>$S_{IncpUsoSu}$ Susceptibilidad por incompatibilidad de usos de suelo</p>	<p>Se determina a partir de la definición de unidades ambientales (intersección de la capa usos de suelo/geomorfología) y el posterior análisis de compatibilidad y valoración dentro de cada unidad ambiental. Se realizó el cálculo de la superficie total de las áreas impactadas por incompatibilidad de uso de suelos en cada microcuenca. Los valores resultantes se adaptaron a una escala de cinco niveles de representación: el valor mayor corresponde a las microcuencas con la máxima vulnerabilidad ambiental por incompatibilidad de usos de suelo en relación a su geomorfología; y el menor valor a aquellas con la menor vulnerabilidad.</p>	

La vulnerabilidad ambiental total por factores antropogénicos se determinó sumando las vulnerabilidades parciales relacionadas con dos factores degenerativos: tendencia de expansión urbana sobre áreas naturales e incompatibilidad de usos de suelo (unidades ambientales). Los valores resultados se adaptaron a una escala de cinco niveles de representación: el mayor valor corresponde a las microcuencas con la máxima vulnerabilidad; y el menor valor corresponde a aquellas con la menor vulnerabilidad ambiental por factores degenerativos.



Vulnerabilidad ambiental por factores degenerativos

La vulnerabilidad ambiental total se determina sumando la vulnerabilidad ambiental por factores naturales y la vulnerabilidad ambiental por factores degenerativos. Los valores resultados se adaptaron a una escala de cinco niveles de representación: el mayor valor corresponde a las microcuencas con la máxima vulnerabilidad ambiental y el menor valor a aquellas con la menor vulnerabilidad ambiental.



Vulnerabilidad Ambiental total

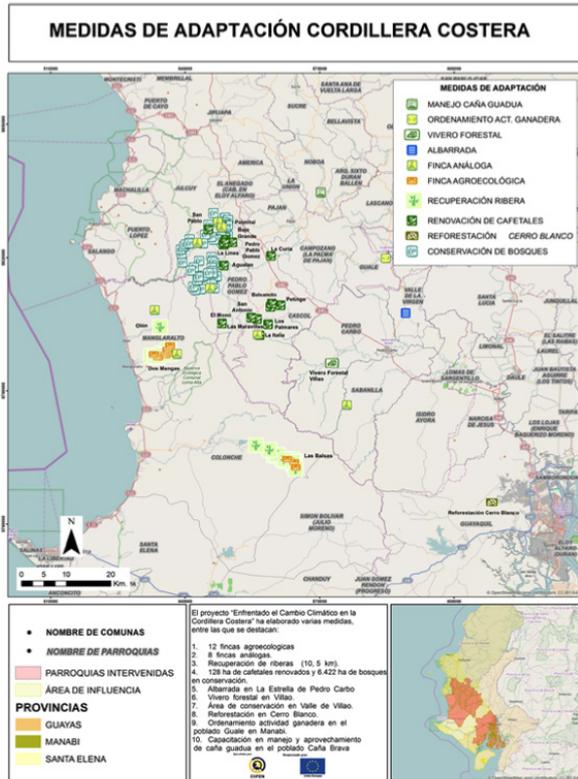
6) Diseño de las medidas de adaptación

Un componente importante del proyecto Enfrentando el cambio climático en la Cordillera Costera incluía el diseño e implementación de medidas piloto de adaptación. Cada una de las medidas seleccionada y ejecutada consideró las peculiaridades y necesidades de cada zona. El diseño de las medidas se construyó, en conjunto, con los actores locales, pues se valoró mucho el conocimiento de la realidad local; para ello se realizaron visitas a los gobiernos e instituciones y se mantuvieron varias reuniones con actores locales.

Para la selección de las medidas piloto a implementarse, se tuvo en cuenta varios criterios:

- las zonas identificadas como más vulnerables por el estudio de vulnerabilidad;
- el nivel de organización de las comunidades y su aceptación para trabajar con el proyecto;
- el nivel de apoyo y receptividad que se ha tenido por parte de los GAD;
- que las comunidades beneficiarias mantengan compromisos de conservación de sus recursos naturales;
- que las medidas a implementarse sean verdes por sobre medidas de infraestructura gris; y
- la posibilidad de éxito que puedan tener estas medidas, pues serán casos piloto que deberían tener una alta posibilidad de replicación;

Considerando los resultados del análisis de vulnerabilidad y luego de un proceso participativo en el que intervinieron tanto poblaciones como gobiernos locales, se seleccionaron las medidas de adaptación que se llevaron a cabo. Como resultado de ellas, se cuenta con 6422 hectáreas de bosques protegidos y 128 hectáreas de cafetales renovados; 8 fincas análogas implementadas (5 en Manabí, 2 en Santa Elena y 1 en Guayas), 12 fincas agroecológicas desarrolladas (7 en la comuna Dos Mangas y 5 en Las Balsas); 10,5 km de riberas de ríos recuperadas (5 km en Las Balsas, 4 en Dos Mangas, 1 km en Olón y 0,5 km en el Paraíso de Villao); recuperación de una albarrada en La Estrella (Pedro Carbo); establecimiento de un vivero forestal comunitario en Villao con capacidad de producir 180.000 plantas al año; dos áreas de conservación en proceso de declaración en la provincia del Guayas; ordenamiento de la actividad ganadera en Guale; y reforestación para apoyar la conectividad entre los bosques protectores Cerro Blanco y Chongón Colonche.



Como consecuencia del trabajo realizado en la Cordillera Costera se logró uno de los hitos principales del trabajo de los gobierno autónomos descentralizados de la zona y del proyecto, la conformación del primer **Consortio para enfrentar el Cambio Climático en la Cordillera Costera (CECCCCO)**. El Consortio agrupa los gobiernos descentralizados de las provincias de Guayas, Santa Elena y Manabí con el objetivo central de aunar esfuerzos institucionales y de las poblaciones de las provincias citadas para enfrentar los desafíos que el cambio climático está presentando en la Cordillera Costera y su zona de influencia, en el marco de las competencias de los gobiernos autónomos descentralizados.

Los fines específicos que busca el CECCCCO son:

- Construir procesos organizativos con participación institucional y de las organizaciones de la sociedad civil para enfrentar los efectos e impactos del cambio climático en la Cordillera Costera y su área de influencia;
- Formular y poner en marcha a través de mecanismos participativos, estrategias,

acciones, programas y proyectos para enfrentar el cambio climático en las subcuencas hidrográficas que nacen en la Cordillera Costera;

- Fortalecer la capacidad de adaptación de los sistemas naturales, socio-económicos y culturales de la Cordillera Costera, aumentando su resiliencia y así responder de mejor manera a los posibles impactos (efectos) del cambio climático;

- Fortalecer las capacidades institucionales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados que participan en este trabajo mancomunado para enfrentar con éxito las causas y efectos del cambio climático;

- Facilitar procesos de intercambio de información, metodologías de trabajo y de experiencias entre los Gobiernos Autónomos Descentralizados en los temas relacionados al cambio climático;

- Articular las iniciativas del Consortio en la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), y en las planificaciones territoriales de los niveles provincial, municipal y parroquial.

7) Lecciones aprendidas

Algunas lecciones aprendidas del proceso de implementar medidas de adaptación en la Cordillera Costera son:

- Las estrategias de socialización y difusión de las medidas deben llevar a que la participación de los beneficiarios sea voluntaria y considere sus aspiraciones y puntos de vista. El contar con una base técnica sólida que combine el conocimiento tradicional y las visiones y aspiraciones de los actores locales de la zona es fundamental;

- No existen recetas genéricas que se implementen en cualquier lugar, se debe considerar las peculiaridades de cada zona para alcanzar el éxito;

- Seleccionar los sitios a intervenir considerando los servicios ambientales que proporcionan y el nivel de fragilidad y amenaza de los mismos pues así se contribuye a la resiliencia de los ecosistemas que redundan en los medios de vida de las poblaciones locales;

d) Canalizar el apoyo a los beneficiarios a través de las estructuras organizativas existentes ayuda al empoderamiento de la medida y fortalece la asociatividad local. La participación de los GAD durante todo el proceso contribuye a la institucionalización de las medidas y a su sostenibilidad en el tiempo;

e) La definición de las medidas y sus diferentes elementos (por ejemplo, especies a plantarse, lugares y mecanismos de implementación, entre otros) tiene que hacerse en conjunto con el beneficiario, sin imponer la opinión de los técnicos; esto favorece el empoderamiento de la medida por parte de los beneficiarios.

f) Aprovechar, en la medida de lo posible, los materiales presentes en las zonas a intervenir, por ejemplo en las fincas. No crear dependencia de materiales externos o productos inorgánicos que presentan riesgos a la salud humana y al ambiente

g) El manejo adecuado de los tiempos es básico para evitar problemas con personas que pueden resentir la demora en la implementación misma de la medida. Se debería explicar, más detalladamente, sobre el tiempo que tomará realizar los estudios antes de desarrollar las medidas.

Las aplicaciones de estos principios en la implementación de las medidas de adaptación piloto en la Cordillera Costera permitieron alcanzar el éxito en estas iniciativas. Después de años de implementadas, las medidas siguen vigentes y en funcionamiento. Iniciativas como las fincas agroforestales fueron continuadas por algunos gobiernos locales como el de Santa Elena, ampliando la zona en la que se trabaja.

c. Caso de Estudio 3: Atlas de vulnerabilidad hidroclimática de la cuenca Amazónica

1) Contexto

La cuenca amazónica se extiende por los ocho países que conforman la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA): Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Suriname y Venezuela. En el presente

estudio se pretende analizar y recopilar los datos validados disponibles sobre eventos hidrometeorológicos e hidroclimáticos extremos y sus impactos sobre los recursos hídricos y la sociedad de la cuenca amazónica.

Periódicamente en la amplia región que acoge la cuenca, se generan fenómenos hidrometeorológicos y climáticos extremos que afectan a la sociedad amazónica y periódicamente generan pérdidas económicas significativas. Así, las sequías e inundaciones son los fenómenos hidroclimáticos extremos de mayor impacto por la magnitud de los mismos sobre la población y la economía de la región y por su significativa cobertura e importancia espacial.

Las inundaciones y las sequías afectan periódicamente a la región, siendo los ciclos variables. Ambos efectos se atribuyen a anomalías climáticas generadas, entre otros, por el fenómeno de El Niño u otro tipo de anomalías del Atlántico y Pacífico Tropical. En el sur de la cuenca (Amazonía Boliviana y sectores compartidos entre Bolivia y Brasil), muestran una mayor frecuencia de sus valores extremos, mientras que la zona con menor frecuencia de estos extremos se encuentra en el sector noroccidental de la misma (Venezuela, Colombia, Ecuador y norte de Perú).

Por todos los factores expuestos, se requiere información detallada tanto en calidad como en cantidad de la cuenca para poder contar con diferentes planteamientos futuros de acuerdo a cada necesidad o sector, integrando la información climática, socioeconómica y/o ambiental que más convenga. El objetivo principal que persigue el proyecto que atañe en el presente punto es por tanto: “recopilar y analizar los datos disponibles y validados sobre los indicadores relacionados con eventos climáticos extremos e impactos sobre los recursos hídricos dentro de la cuenca amazónica”⁶⁸.

2) Sujeto de análisis

El sujeto de análisis son las poblaciones, medios de vida y recurso hídrico de la cuenca

amazónica en su conjunto. Mención especial tienen las infraestructuras como medios de vida. Finalmente se suceden dos análisis dependientes: en primer lugar, el análisis de amenazas hidroclimáticas y posteriormente el análisis de vulnerabilidad hidroclimática. Dentro de ésta última se encuentra el componente biofísico, el social y económico, descripción de infraestructuras y el ambiental, que en conjunto conforman un atlas que da respuesta a la realidad y análisis del espacio frente al cambio climático en la cuenca amazónica.

3) Estimación de amenazas

La **sequía** y las **inundaciones** son identificadas como las amenazas principales en virtud de los desastres registrados por los países⁶⁹ y sus efectos en los distintos sectores productivos. Véase figura 14 en líneas abajo. Para caracterizar las sequías, se elaboraron mapas del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI)⁷⁰ a partir de los que se analiza la recurrencia de los eventos derivados del exceso o defecto hídrico. Se identificaron los impactos pasados y potenciales en los distintos sistemas. A partir del análisis climático y sus impactos, se desprende que la sequía afecta a la población, las actividades productivas y los sistemas biofísicos, mientras que las inundaciones afectan principalmente los sistemas agropecuarios y la población más expuesta principalmente.

Las **inundaciones** son una amenaza tanto para la población y el sector agropecuario, como para la infraestructura socioeconómica, localizándose principalmente a lo largo de las llanuras de inundación de los ríos, donde se extienden cultivos, infraestructura y asentamientos urbanos, principalmente en el sector brasileño del Río Amazonas y sus afluentes principales.

Por otra parte, las **sequías** constituyen

amenazas principalmente severas en el aspecto socioeconómico para los sistemas productivos y la población local asentada en la cuenca, debido a la falta de abastecimiento de agua. Las zonas más afectadas en este aspecto son las encuentran en las grandes zonas agropecuarias de Brasil, y en sectores de la parte alta de la cuenca en los Andes Bolivianos, así como en el entorno del lago Titicaca en la frontera de Bolivia con Perú.

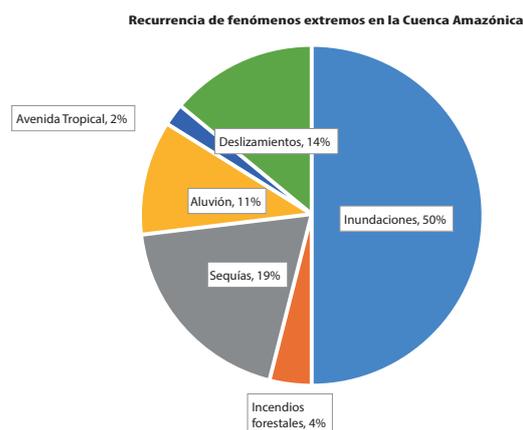


Figura 14: Recurrencia de fenómenos extremos en la región amazónica por tipologías del conjunto de los países. Fuente: CIIFEN (2016)

En el análisis se relacionan las amenazas principales con los efectos por sectores poblacionales y actividades económicas, de donde se destacan principalmente las actividades agroproductivas⁷¹, identificándose zonas de mayor recurrencia de amenazas (sector suroccidental de 2 a 3 años) y otras de menor recurrencia en el tiempo pero no con menor importancia (norte de Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Guyana y Surinam de 5 a 6 años y posiblemente décadas).

A continuación, se exponen las amenazas identificadas:

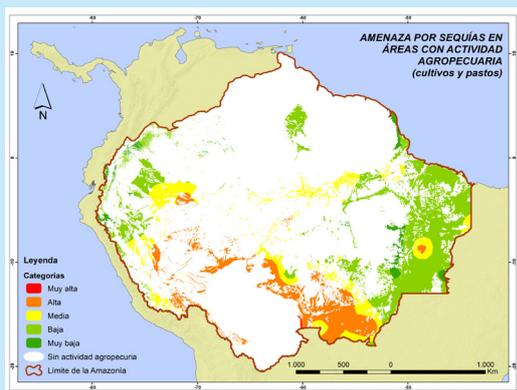
68 CIIFEN (2016).

69 Información obtenida de las bases de datos de registro de desastres ocasionados por fenómenos naturales por países a partir de la plataforma Desinventar de OSSO - LA RED - UNISDR.

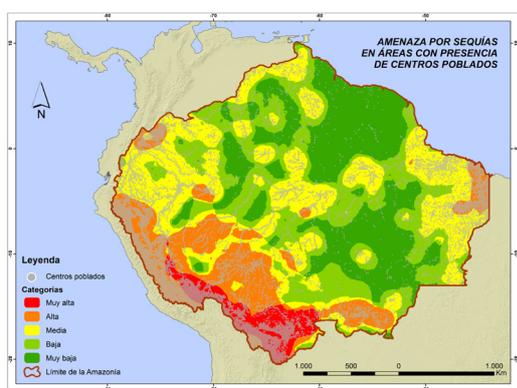
70 McKee, Doesken, & Kleist, (1993)

71 Corporación OSSO, (2013)

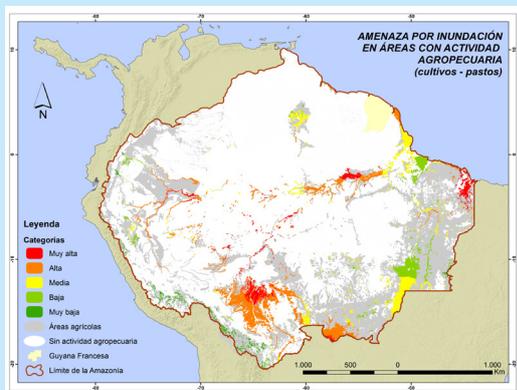
Amenaza de sequía para sistemas agropecuarios:



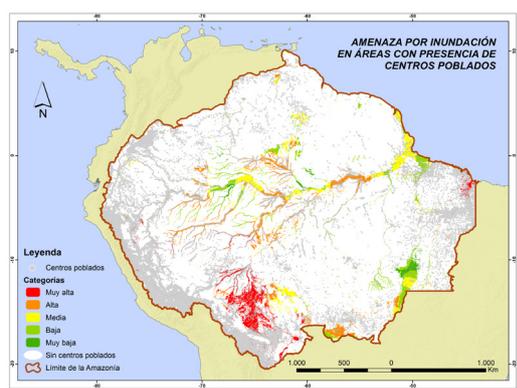
Amenaza de sequía en la población de la cuenca amazónica:



Amenaza de inundación en los sistemas agropecuarios:



Amenaza de inundación en los centros poblados:



4) Análisis del territorio

El estudio se extiende al área amazónica de los ocho países miembros de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA)⁷². Dada la diversidad de opciones para delimitar la cuenca, se optó a partir de diversa bibliografía por tomar como área de estudio aquellos espacios con una particularidad biológica y geográfica representada por el bioma tropical⁷³, los escudos guyanés⁷⁴ y brasileño⁷⁵ y los llanos amazónicos en base a los límites políticos de los distintos países de la OTCA.



Imagen 15: Localización del área de estudio. Cuenca amazónica. Fuente: CIIFEN (2016).

5) Estimación de la vulnerabilidad

Una vez identificadas las principales amenazas hidroclimáticas, se desarrolló el análisis de susceptibilidad y capacidad adaptativa de los componentes socioeconómicos, infraestructurales y biofísicos. El primer

72 Países miembros de la OTCA: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Suriname y Venezuela.

73 Bioma tropical es el entorno geográfico caracterizado como unidad ecológica particular, siendo una de las subdivisiones de la biosfera, con unos factores climáticos, faunísticos y vegetativos propios atribuidos a los sistemas tropicales.

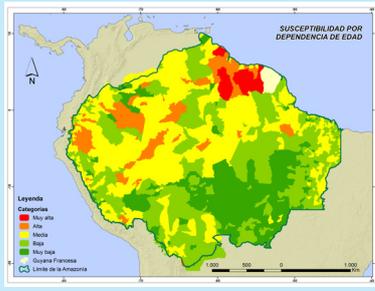
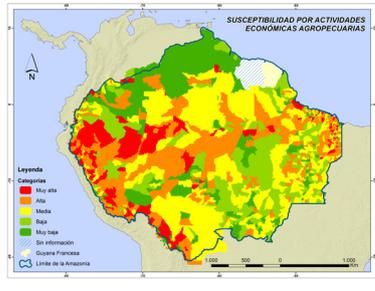
74 Escudo Guyanés: Formación geológica situada en gran parte de la vertiente izquierda del Río Amazonas, de gran antigüedad – Precámbrico-, y de características geográficas excepcionales. Entre ellas, sus altas y extensas mesetas, contornos abruptos, biodiversidad, endemismos, reservorios hídricos y selvas tropicales en gran parte de su área.

75 Escudo brasileño: Región geológica continental caracterizado por diferentes zócalos arcaicos transformados en el Proterozoico y posteriores modelados y metamorfismos, resultando una masa continental de gran extensión, la de mayor tamaño de Sudamérica tras los Andes.

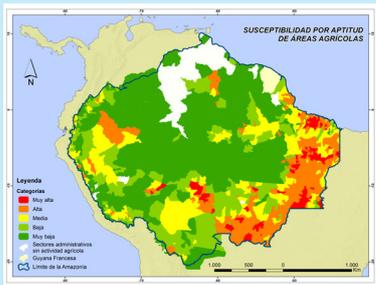
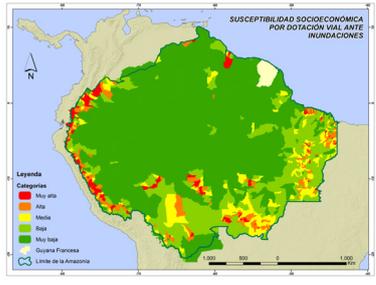
componente considera las actividades económicas desarrolladas, aspectos sociales de la población, medios de vida, movilidad y otros aspectos económicos, mientras que el componente biofísico considera las redes hídricas, vegetación, biomas, clima, suelos y relieve. Así mismo se tienen en cuenta las infraestructuras de salud, educación, movilidad y eléctrica, así como áreas protegidas.

El cálculo de las susceptibilidades socioeconómicas frente a sequías e inundaciones tomó en cuenta los siguientes indicadores:

- S_{usSE} : Susceptibilidad socioeconómica ante inundaciones
- $D_{ep.Edad_In}$: Susceptibilidad por dependencia de edad ante inundaciones
- $P_{EAActAgr_In}$: Susceptibilidad por actividades agropecuarias frente a inundaciones
- $A_{reaAgricApt_In}$: Susceptibilidad por aptitud de áreas agrícolas ante inundaciones
- D_{otVial_In} : Susceptibilidad por dotación vial ante inundaciones
- S_{usSE_Seq} : Susceptibilidad socioeconómica ante sequías
- $D_{ep.Edad_Seq}$: Susceptibilidad por dependencia por edades frente a sequías
- $P_{EAActAgr_Seq}$: Susceptibilidad por población económicamente activa en actividad agropecuaria ante sequía
- $A_{reaAgricApt_Seq}$: Susceptibilidad por aptitud de áreas agrícolas ante sequías

<p style="text-align: center;">Susceptibilidades socioeconómica ante inundaciones $SusSE_In = Dep.Edad_In + PEAActAgr_In + AreaAgricApt_In + DotVial_In$</p> <p style="text-align: center;">Susceptibilidad socioeconómica ante sequías $SusSE_Seq = Dep.Edad_Seq + PEAActAgr_Seq + AreaAgricApt_Seq$</p>		
Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial
<p>Susceptibilidad por dependencia de edad ante inundaciones ($Dep.Edad_In$)</p>	<p>Población económicamente dependiente (≤ 14 y ≥ 65 años) respecto a la no dependiente (entre 15 y 64 años)⁷⁶ $DE = PD / PND$ Donde DE: Dependencia por edad; PD: Población dependiente; PND: Población no dependiente. A mayor dependencia, mayor susceptibilidad ante sequías e inundaciones.</p>	 <p style="text-align: center;">($Dep.Edad_In$) +</p>
<p>Susceptibilidad por actividades agropecuarias ($PEAActAgr_In$)</p>	<p>Valora cuánta población es susceptible por tener la actividad agropecuaria como medio de vida principal. Población económicamente activa (PEA) dedicada a actividades agropecuarias por administraciones y por países. A mayor dependencia de la actividad agropecuaria en principio, mayor susceptibilidad frente a sequías e inundaciones.</p>	 <p style="text-align: center;">($PEAActAgr_In$) +</p>

76 Saad, Miller, Martínez & Holz (2008)

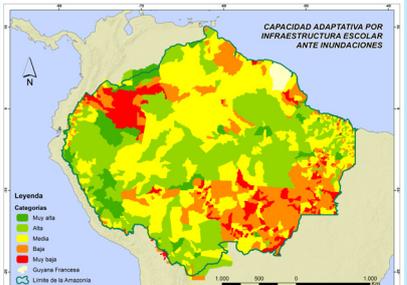
<p>Susceptibilidad por aptitud de áreas agrícolas (AreaAgricApt_In)</p>	<p>Categorización de las coberturas de suelo según su aptitud. Valorando de muy mala aptitud (4) a aptitud buena (1) y multiplicando el valor categorizado por la superficie relativo a esta superficie, se suman los valores resultantes de tantos polígonos como superficies distintas se encuentren en un mismo límite político administrativo. Se emplea en la misma relación tanto para sequías como para inundaciones.</p>	 <p>(AreaAgricApt_In) +</p>
<p>Susceptibilidad por dotación vial ante inundaciones (DotVial_In)</p>	<p>Proporción de vías de primer y segundo orden con respecto al área de divisiones administrativas. El cálculo consiste en la sumatoria por áreas del producto de la longitud de las vías por la categoría según el orden de vía. Este indicador únicamente se emplea para la susceptibilidad ante inundaciones.</p>	 <p>(DotVial_In) =</p>

El cálculo de las capacidades adaptativas socioeconómicas frente a sequías e inundaciones tomó en cuenta los siguientes indicadores:

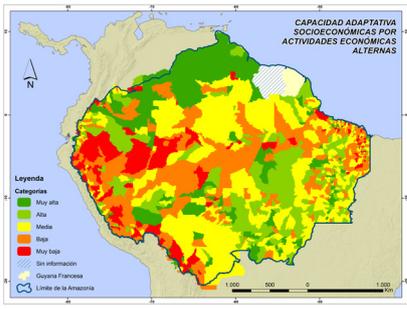
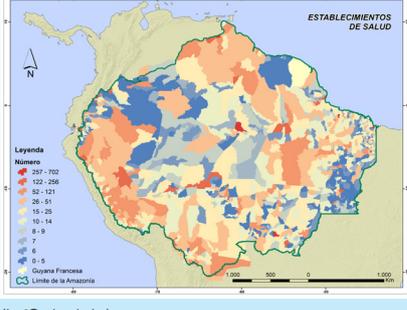
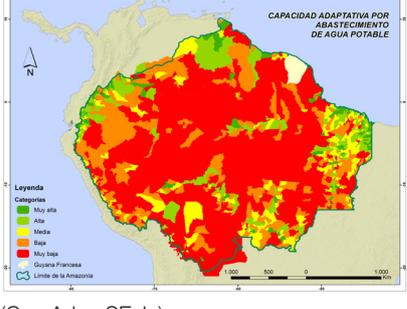
- $C_{ap} \cdot A_{dap,SE_In}$ = Capacidad adaptativa socioeconómica frente a inundaciones
- Inf_{Salud_In} = Capacidad adaptativa por infraestructuras de salud frente a inundaciones
- Inf_{educa_In} = Capacidad adaptativa por infraestructuras educacionales ante inundaciones
- $C_{ap} \cdot A_{dap,SE_In}$ = Capacidad adaptativa por abastecimiento de agua de la red pública ante inundaciones
- $C_{ap} \cdot A_{dap SE_Seq}$ = Capacidad adaptativa socioeconómica ante sequías
- $D_{ep,Edad_Seq}$ = Capacidad adaptativa por dependencia de edad ante sequías
- $P_{EAActAgr_Seq}$ = Capacidad adaptativa por actividad agraria ante sequías
- $A_{reaAgricApt_Seq}$ = Capacidad adaptativa por aptitud agrícola ante sequías

Capacidad Adaptativa Socioeconómica ante inundaciones
 $Cap.Adap.SE_In = InfSalud_In + Infeduca_In + Cap.Adap.SE_In$

Capacidad Adaptativa Socioeconómica ante sequías
 $Cap.Adap SE_Seq = Dep.Edad_Seq + PEAActAgr_Seq + AreaAgricApt_Seq$

Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial
<p>Capacidad adaptativa por infraestructura de educación (Infeduca_In)</p>	<p>A mayor número de infraestructuras públicas dedicadas a la educación, mayor capacidad adaptativa por ser empleadas en situaciones de emergencia como refugio o albergue⁷⁷. El cálculo estima mayor adaptación a mayor número de infraestructuras educativas por división político administrativa tanto para amenazas de sequías o inundaciones.</p>	 <p>(Infeduca_In) +</p>

77 UNISDR (2008) & EIRD/ONU (2004)

<p>Capacidad adaptativa por actividades económicas alternativas (PEAActAlter_In)</p>	<p>Capacidad de la población para migrar a otras actividades productivas no dependientes de la agricultura como medio de subsistencia⁷⁸. La valoración se realiza considerando las divisiones político-administrativas con mayor diversidad de actividades económicas productivas. Empleada ante la amenaza de sequías e inundaciones.</p>	 <p>(PEAActAlter_In) +</p>
<p>Capacidad adaptativa por infraestructura de salud (InfSalud_In)</p>	<p>Número de centros de salud presentes en una región, tanto ante la amenaza de sequías como inundación.</p>	 <p>(InfSalud_In) =</p>
<p>Capacidad adaptativa por abastecimiento de agua de la red pública (Cap.Adap.SE_In)</p>	<p>El acceso al agua, como parte de los indicadores del Índice de Desarrollo Humano⁷⁹ para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, es una de las medidas para la adaptación al cambio climático. En este caso se cuantificaron los puntos de agua de la red pública por región, sin incluir los que pueden verse afectados directamente y con mayor facilidad por la sequía; a mayor número de puntos de agua, mayor capacidad adaptativa.</p>	 <p>(Cap.Adap.SE_In)</p>

El cálculo de la vulnerabilidad biofísica frente a sequías inundaciones tomó en cuenta los siguientes indicadores:

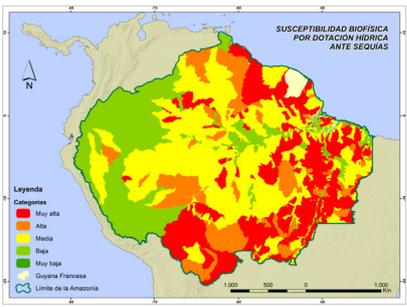
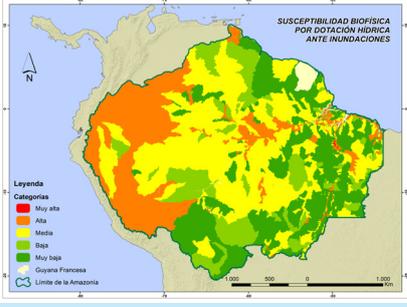
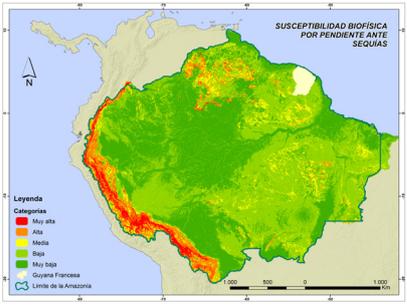
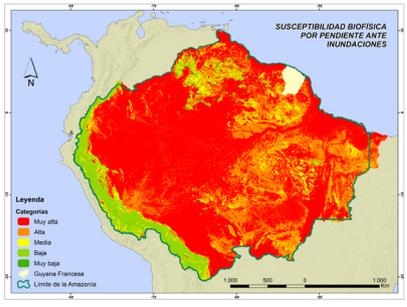
- S_{usBio_In} : Susceptibilidad biofísica ante inundaciones
- D_{otHidr_In} : Susceptibilidad por densidad de ríos; dotación hídrica
- P_{end_In} : Susceptibilidad de la pendiente del terreno frente a inundaciones
- T_{ext_In} : Susceptibilidad por textura de suelo ante inundaciones
- V_{eget_In} : Susceptibilidad por carencia de vegetación frente a inundaciones
- S_{usBio_Seq} : Susceptibilidad biofísica frente a sequías
- D_{otHidr_seq} : Susceptibilidad por dotación hídrica frente a sequías
- P_{end_seq} : Susceptibilidad de la pendiente del terreno ante sequías
- T_{ext_seq} : Susceptibilidad por textura de suelo ante sequías
- V_{eget_seq} : Susceptibilidad de la vegetación ante sequías

78 IPCC (2012)
79 PNUD (2014)

Vulnerabilidad biofísica

Susceptibilidad biofísica ante inundaciones
 $SusBio_In = DotHidr_In + Pend_In + Text_In + Veget_In$

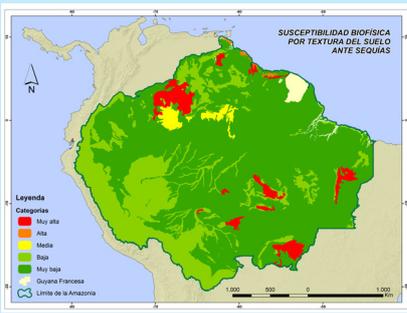
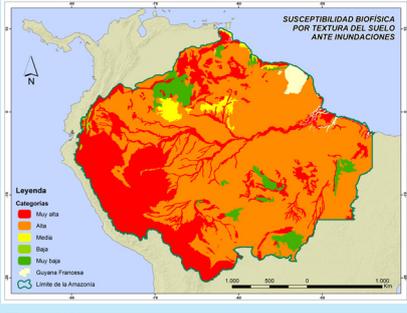
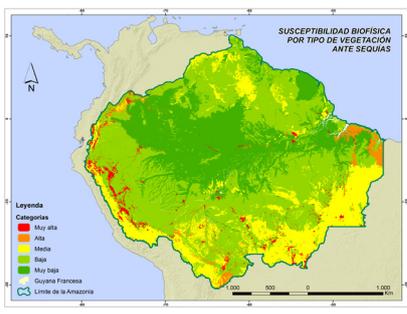
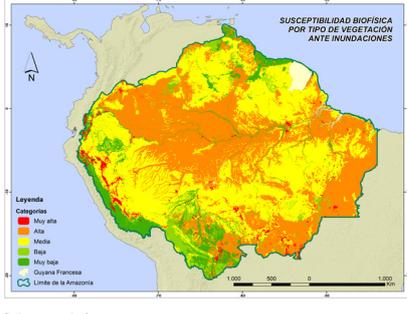
Susceptibilidad biofísica ante sequías
 $SusBio_Seq = DotHidr_seq + Pend_seq + Text_seq + Veget_seq$

Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial
<p>Susceptibilidad por densidad de ríos según su dotación hídrica frente a sequías e inundaciones respectivamente (DotHidr_seq) & (DotHidr_In)</p>	<p>Las unidades hidrográficas más sensibles se corresponden con las de mayor densidad de la red hídrica ante inundaciones. Por otra parte, las unidades hidrográficas con mayor dotación hídrica tienen una menor susceptibilidad ante sequías. En este caso sería el medio el que determine la susceptibilidad en detrimento de los factores antrópicos.</p>	<p>Susceptibilidad ante sequía: (DotHidr_seq)</p>  <p>Susceptibilidad ante inundaciones: (DotHidr_In)</p> 
<p>Susceptibilidad por pendiente del terreno frente a sequías e inundaciones (Pend_seq) & (Pend_In)</p>	<p>A partir del Modelo Digital de Terreno⁸⁰ se calcula la pendiente del terreno (%). Los porcentajes de pendiente se clasifican según su gradiente a partir de las clases propuestas por FAO aplicada a estudios de vegetación, erosión, riego y drenaje⁸¹ desde un terreno plano o cercano a nivel (0-1%) a muy escarpado (> 60%). Aquí, en el caso de sequías, los terrenos escarpados tienen menos posibilidad de retención de agua y por lo tanto mayor susceptibilidad, al contrario que en la inundación, pues los terrenos menos escarpados son más susceptibles a sufrir inundación⁸².</p>	<p>Susceptibilidad ante sequía: (Pend_seq)</p>  <p>Susceptibilidad ante inundaciones: (Pend_In) +</p> 

80 Modelo Digital del Terreno de Shuttle Radar Topography Mission SRTM

81 FAO (2007)

82 Íbidem

<p>Susceptibilidad por textura del suelo frente a sequías e inundaciones (Text_seq) & (Text_In)</p>	<p>Valoración de acuerdo al tipo de textura del suelo para la evaluación de la vulnerabilidad ante sequías e inundaciones⁸³ a partir de las categorías propuestas por IPCC desde suelos arcillosos de alta actividad a humedales y agua.</p> <p>Las texturas más finas (arcillosas) cuentan con una mayor capacidad de retención de agua, siendo más propensas a inundaciones, lo contrario que sucede con gránulos gruesos (arenosas)⁸⁴. Por lo que la relación de susceptibilidad para sequías e inundaciones según textura es inversa.</p>	<p>Susceptibilidad ante sequía:</p>  <p>(Text_seq)</p> <p>Susceptibilidad ante inundaciones:</p>  <p>(Text_In) +</p>
<p>Susceptibilidad por Vegetación ante inundaciones frente a sequías e inundaciones (Veget_seq) & (Veget_In)</p>	<p>Los distintos tipos de vegetación muestran distinta sensibilidad ante potenciales eventos de sequías o inundaciones.</p> <p>A partir de la clasificación de la vegetación⁸⁵, el sector agropecuario incluyendo bosques húmedos y vegetación aluvial son los más sensibles a sequías por sus requerimientos de agua (4 y 5).</p> <p>Por otra parte, la vegetación arbustiva y bosques secos tienen menos susceptibilidad en este caso por contar con una mayor adaptación (1). Ante inundación, la mayor valoración de susceptibilidad se ajusta al tipo de vegetación con menor requerimiento hídrico como pastizales, sabanas, bosque seco, etc.</p>	<p>Susceptibilidad ante sequía:</p>  <p>(Veget_seq)</p> <p>Susceptibilidad ante inundaciones:</p>  <p>(Veget_In) +</p>

83 Batjes, N.H. (2011)

84 Gardi et al (2014)

85 Sierra, (1999)

6) Análisis espacial de la vulnerabilidad

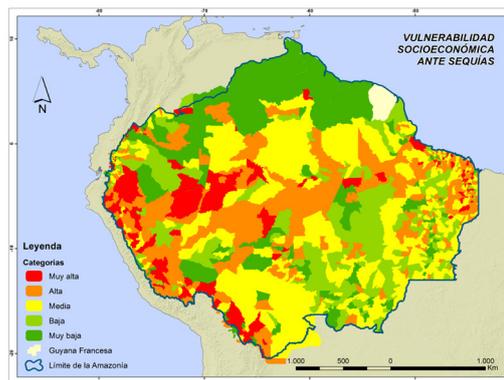
Una vez identificadas las principales amenazas y seleccionados los indicadores que nutran la fórmula de vulnerabilidad por susceptibilidades y capacidades adaptativas de los componentes socioeconómicos y biofísicos, resultan los análisis de vulnerabilidad tanto parciales como total.

Tras ello, se observan algunos rasgos notorios que van señalando las regiones con mayor vulnerabilidad. Así, por ejemplo, frente a inundaciones existe una susceptibilidad generalizada principalmente en las zonas bajas, conforme a la red vial reviste una mayor susceptibilidad el sector andino y la región suroriental. Así, existe una mayor susceptibilidad en la región oriental y suroriental de la cuenca ligada a la baja aptitud agrícola del suelo en estas áreas por lo general, así como las grandes extensiones de tierra dedicadas a la actividad agrícola, potencia la susceptibilidad a los fenómenos hidrológicos extremos analizados.

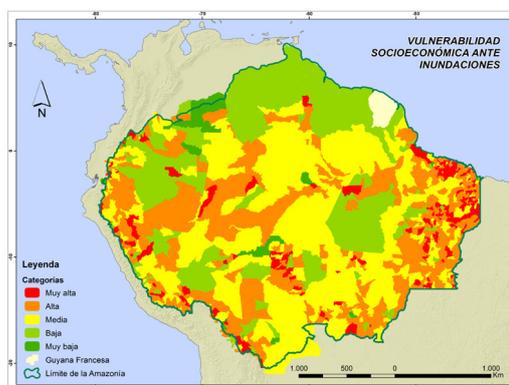
Con la integración de la capacidad adaptativa y la susceptibilidad por grandes componentes se obtiene la vulnerabilidad socioeconómica y la vulnerabilidad biofísica por otra parte, resultando una visión general de la vulnerabilidad zonal de la cuenca frente a sequías. Así, la mayor vulnerabilidad frente a sequías se registra en la parte alta andina (Amazonía boliviana, peruana y ecuatoriana), sectores sur (río Jurueña) y oriental (Cuencas Xingú y Tocantins). La vulnerabilidad frente a sequías está muy condicionada por las variables biofísicas en el sector andino, mientras que en el sector igual tanto la componente biofísica como la socioeconómica tienen una incidencia pareja. En el oriente, la vulnerabilidad frente a sequías influye de mayor manera en proporción a la vulnerabilidad socioeconómica.

Por otra parte, la vulnerabilidad espacial de la cuenta frente a inundaciones de mayor índole se traduce en las regiones surorientales, en los sectores a lo largo del río Amazonas y sus tributarios principales y el piedemonte de los Andes, con vulnerabilidades altas o muy altas como se expresa a continuación.

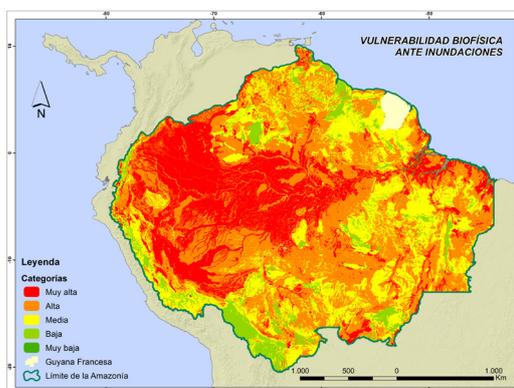
Vulnerabilidad Socioeconómica ante sequías:



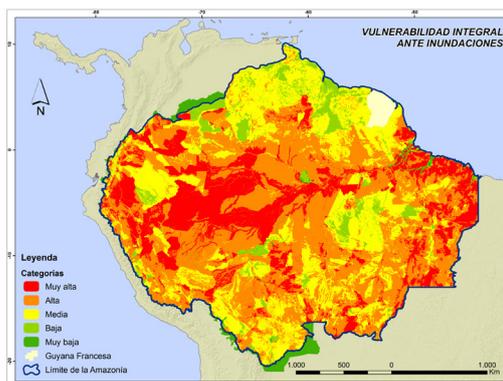
Vulnerabilidad socioeconómica ante inundaciones:

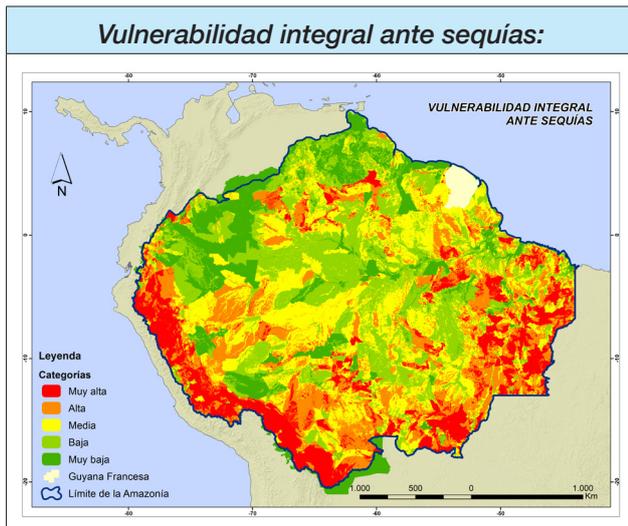


Vulnerabilidad Biofísica ante inundaciones:



Vulnerabilidad integral ante inundaciones:





7) Diseño de las medidas de adaptación

Para una efectiva reducción de los impactos, se precisa una reducción de los factores que contribuyen a la vulnerabilidad. Es decir, reducir los factores de la susceptibilidad, los niveles de exposición y por otro lado potenciar los factores de la capacidad adaptativa. Las acciones para reducir los impactos de la variabilidad y el cambio climático requieren fortalecer la planificación regional, optimizar la gestión integrada de las cuencas hidrográficas y gestionar los riesgos climáticos en las poblaciones amazónicas. A partir del estudio y las consultas realizadas, se derivaron algunas líneas de acción y orientaciones que se describen a continuación:

Mejora en el conocimiento de las amenazas y los riesgos por sequía e inundación:

- Profundizar en el conocimiento sobre la dinámica del clima que gobierna las fases extremas de la variabilidad climática regional e incorporar el nuevo conocimiento en esquemas de predicción climática que sirvan de sistemas de alerta climática temprana en la planificación operativa sectorial y territorial.
- En el caso de las inundaciones, elaborar mapas de amenazas más detallados territorialmente de tal manera que sirvan para la planificación y la organización del territorio en la escala municipal.

- Para sequía, generar mapas de la amenaza que sirvan de soporte a la planificación sectorial.

- Explorar las experiencias de otras regiones y culturas en cuanto a la convivencia con las dos fases extremas de la variabilidad climática, sintetizarlas y difundirlas en el ámbito de la cuenca, a fin de ir fortaleciendo la resiliencia de las comunidades ante la amenaza de las inundaciones y las sequías.

- Profundizar en el conocimiento, difusión o incorporar elementos comunitarios sobre sequías y las inundaciones.

Acciones orientadas a la reducción del riesgo de desastres por inundaciones y sequías:

- A través del ordenamiento territorial, limitar la exposición de diversos elementos del sistema socioeconómico en zonas con alta frecuencia de sequías e inundaciones, limitar la ocupación de estas áreas, especialmente en donde la susceptibilidad biofísica es alta.

- Incorporación en la planificación territorial y sectorial, que generalmente es por cuatrienios o quinquenios, la posibilidad de una amenaza recurrente, según los distintos escenarios por sus periodos de retorno, dándole prioridad a los más probables durante el período del plan. Así se adecúa la planificación a los ciclos de inundación-sequía u otras amenazas.

- Implantación operativa de los sistemas de predicción climática que sirvan de alerta temprana de soporte a planes operativos anuales o semestrales. Por otra parte, fortalecer para la región amazónica los sistemas de predicción climática ya existentes en cada uno de los países.

- Capacitación de la población o el público meta en la interpretación y uso de la información de predicción climática, en la asimilación de las alertas

y el accionar resultante como medidas de adaptación, mitigación y resiliencia en definitiva.

- Desarrollar políticas, planes, estrategias, iniciativas, programas y proyectos para la reducción del riesgo teniendo en cuenta los resultados del análisis de vulnerabilidad. Una vez definidos los anteriores de acuerdo a cada realidad y escala político-administrativa, se deben ejecutar políticas para la reducción de la vulnerabilidad en aquellas regiones en donde ésta es alta y muy alta.
- Manejo de los casos de inundaciones y sequía:
- Diseñar, formular, socializar y ensayar planes de preparativos y de contingencias territoriales (a nivel municipal) y sectoriales para hacer frente y para poder responder en condiciones de sequía o de inundación.
- Fomentar el sistema de incentivos a la adaptación y seguros agropecuarios⁸⁶ y seguros de vivienda e infraestructura ante fenómenos naturales⁸⁷.
- Potenciar el trabajo con el sector privado especificando las medidas según actividad, llevando a la práctica las mismas potencialmente con alianzas públicas-privadas.

d. Caso de estudio 4: Ámbito de las políticas públicas: Implementación de un sistema de información de vulnerabilidad sectorial de la provincia del Guayas frente al cambio y la variabilidad climática

1) Contexto

La provincia del Guayas, por su localización en el Ecuador, se encuentra expuesta ante los efectos de la variabilidad y el cambio climático, con afectaciones a diferentes escalas en las actividades sociales y económicas de sus habitantes.

⁸⁶ Seguros tanto de ganadería, agricultura o actividad silvícolas.
⁸⁷ CIIFEN (2016)

Se encuentra ubicada en el Golfo de Guayaquil, el más grande de Sudamérica, y está influenciado por las condicionantes océano-atmosféricas y los conjuntos orográficos que lo rodean (Cordillera Andina y Cordillera Costera), entre otros factores.

Gracias a este entorno geográfico la provincia cuenta con influencias climáticas variadas, recursos hídricos importantes, y diferentes formaciones vegetales, elementos frágiles frente a las variaciones climáticas. Este entorno presente en la provincia es la base de las actividades socioeconómicas de sus habitantes, que poseen distintos niveles de susceptibilidad frente a las variaciones climáticas.

La provincia presenta gran variabilidad interanual de precipitaciones, las que provocan frecuentemente inundaciones, principalmente en la cuenca baja del río Guayas, y por otro lado periodos de sequías que provocan afectaciones directas sobre las actividades agropecuarias que desarrolla la población.

Las principales actividades económicas de la provincia están relacionadas con el ámbito agropecuario. Se destaca la gran densidad poblacional de ciudades como Guayaquil, Durán y Milagro, en una provincia que concentra alrededor del 30% de la población nacional. Presenta una gran biodiversidad como en afluentes y recurso hídrico principalmente en el río Guayas y sus afluentes principales.

Así, a partir de análisis previos de información climática y amenazas hidrometeorológicas en las provincias costeras de Ecuador[2], se sugiere una mayor probabilidad de “veranillos” o periodos secos en la costa central del Ecuador (cuencas del río Guayas y Chone) y un aumento en la frecuencia de eventos de precipitaciones intensas en el norte de la provincia del Guayas, provincia de Los Ríos y centro de la provincia de Manabí.

La identificación de los niveles de vulnerabilidad en base a sus características socioeconómicas y ambientales frente al cambio climático, permitió la elaboración de planes encaminados a la adopción de medidas para disminuir los

impactos relacionados con la distribución, frecuencia e intensidad de los episodios de precipitaciones intensas en la provincia del Guayas en Ecuador.

2) Sujeto de análisis

Considerando la dinámica productiva de la provincia y su alta densidad poblacional, se seleccionaron como objetos del presente estudio a la población y las actividades económicas presentes en el área de la provincia del Guayas, así como sus condiciones biofísicas. Considerando estos elementos el análisis se realizó en 2 componentes: socioeconómica y ambiental, a fin de estimar la vulnerabilidad de estos elementos de la provincia frente a las amenazas amenazas hidrológicas principales.

Los objetivos específicos del estudio fueron:

- Realizar un análisis de vulnerabilidad social, económica y ambiental, frente al cambio y la variabilidad climática en los sectores del desarrollo de la Provincia del Guayas en base a la información existente.
- Desarrollar un sistema de información geográfica que permita el análisis espacial de la vulnerabilidad sectorial.
- Desarrollar una plataforma informática para proveer la información del sistema en línea a los usuarios.
- Capacitar a las autoridades, actores institucionales y comunitarios en el uso del sistema.

3) Estimación de las amenazas

A partir de los resultados de análisis previos⁸⁸, se identificaron las principales amenazas climáticas en la región costera del Ecuador y concretamente de la provincia del Guayas:

- Incremento de las precipitaciones anuales

⁸⁸ Información climática de amenazas hidrometeorológicas en las provincias costeras del Ecuador, elaborado por CIIFEN, INAMHI e INOCAR en el año 2007 y estudio de "Vulnerabilidad socioeconómica frente al cambio climático en la cordillera costera - Ecuador" llevado a la práctica en el momento por CIIFEN

- Incremento de lluvias extremas
- Incremento de períodos secos (veranillos) en medio del período estacional de lluvias.

Los cambios más significativos estarían asociados a la distribución y frecuencia de las precipitaciones, episodios de lluvias intensas focalizadas, aumentos de eventos extremos, veranillos más frecuentes, irregularidad de la estación lluviosa más marcada, incremento gradual de la humedad relativa e incremento gradual de agua precipitable⁸⁹. Esto último dicta una mayor posibilidad de darse precipitaciones, más no necesariamente en la cantidad de la misma.

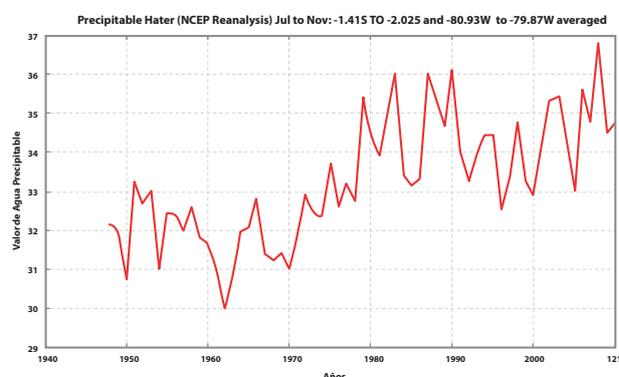


Figura 16: Serie de tiempo de Agua Precipitable. Período Julio-Noviembre. Datos promedio: 1.41°N, -2.82°S, -89.93°W, -79.87°W. Fuente: CIIFEN (2014)

4) Análisis del territorio

El estudio se enmarcó en los límites administrativos de la provincia del Guayas, de acuerdo a los siguientes límites: al noroeste y noreste con las provincias de Manabí y Los Ríos respectivamente, al sur con el golfo de Guayaquil y El Oro, al oeste con Santa Elena y al sureste con las provincias de Cañar y Azuay.

Dado que se identificaron como elementos expuestos en el territorio a la población, actividades agropecuarias y el medio biofísico se analizó la vulnerabilidad de la provincia del Guayas en 2 componentes: socioeconómico y ambiental, utilizando para ello diferentes unidades de análisis.

⁸⁹ CIIFEN (2014)

En el caso del análisis socioeconómico, la unidad de análisis seleccionada fue la división política administrativa parroquial, para lo cual se identificaron 54 parroquias⁹⁰ (figura 17 b) de la provincia del Guayas en el área de estudio. Para el componente ambiental se empleó los límites de las microcuencas como unidad de análisis ambiental, seleccionado para esto 118 microcuencas y 15 drenajes menores (figura 17 c).



Figura 17: Límite del área de estudio (a), considerado por sus límites para el análisis del componente socioeconómico a nivel parroquial (b) y ambiental a nivel de microcuencas (c) dentro de la República del Ecuador. Fuente CIIFEN (2012b)

5) Limitaciones en el análisis

El marco metodológico tuvo que considerar factores limitantes:

- El acceso limitado a cierta información temática, por ejemplo la relacionada con las industrias, que está disponible a un nivel administrativo mayor⁹¹;
- Existencia de información oficial no publicada a la fecha del análisis o a la que no se pudo tener acceso por temas de restricción de información oficial a nivel de Ecuador⁹²;
- La delimitación hídrica propuesta por la metodología Pfafstetter⁹³ no pudo emplearse porque su validación solo llega al tercer nivel, por lo que se utilizó la subdivisión hídrica a nivel de microcuencas⁹⁴.

6) Estimación de la vulnerabilidad

Para efectos del análisis de vulnerabilidad se consideró a la provincia del Guayas y dos zonas no delimitadas adyacentes, como territorio expuesto frente a las amenazas hidroclimáticas identificadas.

La vulnerabilidad de la provincia del Guayas evalúa los niveles de susceptibilidad que presenta la población, las actividades económicas y el medio biofísico frente a las amenazas identificadas, y los mecanismos que posee la provincia para disminuir sus efectos. Considerando este enfoque se seleccionaron indicadores representativos de susceptibilidad y capacidad adaptativa que

91 El análisis se circunscribe al límite parroquial, cuando mucha de la información se encuentra a nivel cantonal (división política administrativa superior)

92 Se solicita la información oficialmente sin llegarse a conseguir.

93 Un método de división y codificación de unidades hidrográficas, según Pfafstetter (1989)

94 PROMSA (2001)

90 Además de zonas no delimitadas de Manga del Cura y El Piedrero

permitieron la evaluación de la vulnerabilidad, a través de la siguiente ecuación (ecuación 8).

$$\text{Ecuación 8: } V_{SEA} = V_E + V_S + V_A$$

Donde **VSEA** es la vulnerabilidad socioeconómica ambiental, VE la vulnerabilidad económica, VS la vulnerabilidad social y VA la vulnerabilidad ambiental.

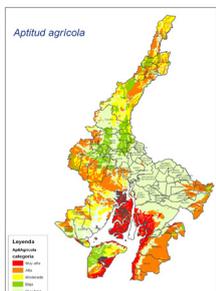
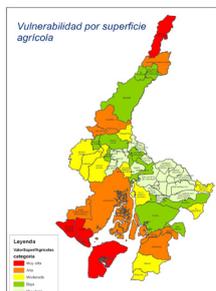
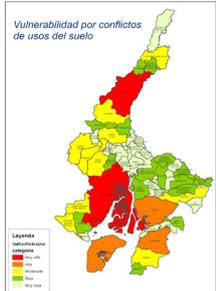
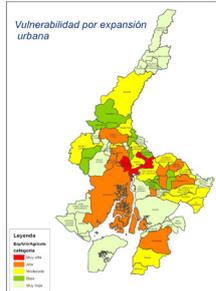
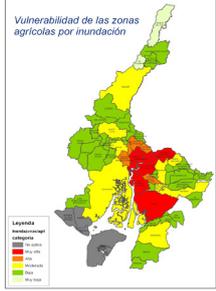
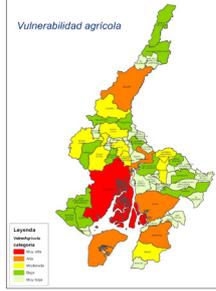
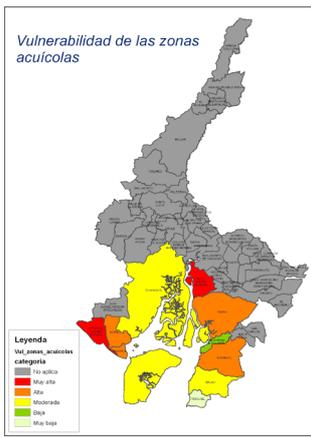
La metodología utilizada y los **indicadores que se incluyeron en el análisis fueron validados en distintos talleres** por técnicos y expertos locales así como funcionarios del gobierno provincial del Guayas. A partir de este intercambio se **incluyó en el análisis aspectos** relacionados con la **vulnerabilidad organizacional (gobernanza)** en lo referente a **Planes de Manejo de Áreas de Conservación, Planes de Desarrollo Local** y de **Ordenamiento Territorial**, así como propuestas para la **actualización de áreas protegidas y bosques protectores** en la región. Otra de las sugerencias relacionadas con la optimización de la gestión del territorio fue la inclusión del **manejo de desechos sólidos** entre los factores degenerativos del componente ambiental.

7) Análisis espacial de la vulnerabilidad

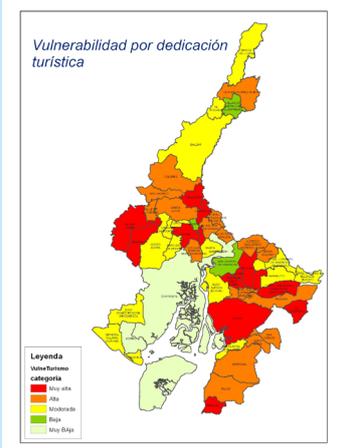
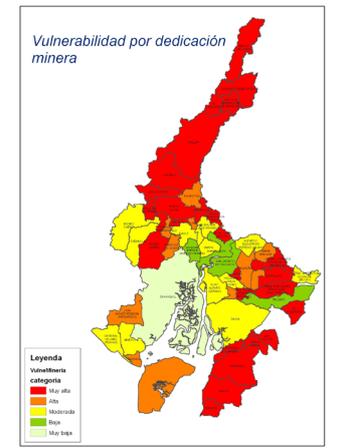
Para el análisis de vulnerabilidad se analizaron los indicadores y variables por componentes como se muestra a continuación:

Siendo:

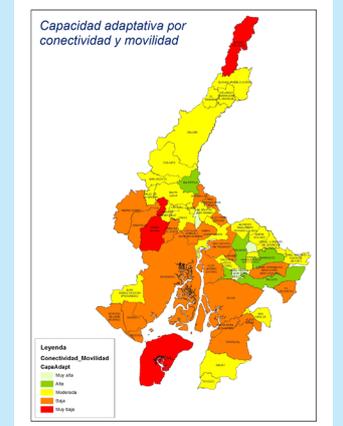
VE:	Vulnerabilidad económica
V_{AG} :	Vulnerabilidad agrícola
V_{AC} :	Vulnerabilidad acuícola
V_{TUR} :	Vulnerabilidad por dedicación turística
V_{MIN} :	Vulnerabilidad por actividad minera
$CA_{CON-MOV}$:	Capacidad adaptativa por conectividad y movilidad
CA_{ENER} :	Capacidad adaptativa por actividad energética
CA_{ACC_AG} :	Capacidad adaptativa por acceso al agua

Vulnerabilidad económica (VE): $VE = (VAG + VAC + VTUR + VMIN) - (CACON-MOV + CAENER + CAACC_AG)$		
Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial (variables)
Vulnerabilidad agrícola (VAG)	<p>Se consideran las coberturas de:</p> <p>Aptitud agrícola: Se consideró la vulnerabilidad del suelo según las limitaciones que presenta para el desarrollo de esta actividad, en base a las siguientes categorías: zonas sin uso agropecuario (5) a cultivos sin limitaciones (1)</p> <p>Uso actual o zonas agropecuarias: se estimó la superficie total por parroquias dedicada a la actividad agropecuaria, de baja vulnerabilidad por tener un alto porcentaje de superficie dedicado a la actividad (1) a muy alta vulnerabilidad (5) con mayores extensiones agropecuarias.</p> <p>Conflictos de uso (de áreas agrícolas): Relación entre la oferta productiva del suelo, y las exigencias del uso actual del mismo. Para De suelos más fácilmente erosionables (3) a suelos bien utilizados y con menor vulnerabilidad (1).</p> <p>Zonas agrícolas afectadas por expansión urbana: se considera que una mayor presión urbana por parroquia significa mayor vulnerabilidad para la provincia</p> <p>Zonas agrícolas amenazadas por inundaciones: las zonas más expuestas a inundaciones, teniendo en cuenta coberturas de usos de suelo⁹⁵ y caracterización de zonas con mayor susceptibilidad a inundaciones, siendo las de menor vulnerabilidad aquellas zonas no propensas a inundaciones (0) a diferencia de las que sí son propensas a inundaciones (2)</p> <p>Entre todos estos indicadores conforman la vulnerabilidad agrícola total.</p>	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  <p><i>Aptitud agrícola</i></p> </div> <div style="width: 50%;">  <p><i>Vulnerabilidad por superficie agrícola</i></p> </div> <div style="width: 50%;">  <p><i>Vulnerabilidad por conflictos de usos del suelo</i></p> </div> <div style="width: 50%;">  <p><i>Vulnerabilidad por expansión urbana</i></p> </div> <div style="width: 50%;">  <p><i>Vulnerabilidad de las zonas agrícolas por inundación</i></p> </div> <div style="width: 50%;">  <p><i>Vulnerabilidad agrícola</i></p> </div> </div> <p style="text-align: center;">Vulnerabilidad agrícola resultante</p>
Vulnerabilidad acuícola (VAC)	<p>Al ser una de las actividades más importantes de la región, la actividad camaronera especialmente, se extrajo a partir de la cobertura de uso de suelo por parroquias ajustándose a cinco niveles de representación de muy baja a muy alta vulnerabilidad, siendo las parroquias menos vulnerables donde mayor actividad de camaroneras existe según la superficie dedicada a la actividad por parroquias.</p>	 <p><i>Vulnerabilidad de las zonas acuícolas</i></p>

95 A partir de ODEPLAN-INFOPLAN, 2001 y Usos de suelo, Prefectura del Guayas, 2010

<p>Vulnerabilidad por dedicación turística (VTUR)</p>	<p>Cálculo a partir del número de distintos atractivos turísticos por parroquias de distintas categorías: turismo ecológico, folclórico, gastronómico, religioso, agroturismo, patrimonial, terapéutico, etc., como actividades alternativas a las agropecuarias afectadas por eventos adversos.</p> <p>Los valores se categorizan de mayor vulnerabilidad (menos atractivos turísticos) a menor (mayor número de atractivos). Se asume esta categorización por constituir el turismo en diversas zonas de la provincia, el baluarte del sostenimiento de la población como recurso y/o alternativa económica⁹⁶.</p>	 <p>Vulnerabilidad por dedicación turística</p> <p>Mapa que muestra la vulnerabilidad por dedicación turística en la provincia de Guayas, con una leyenda que indica: Mayor alta (rojo), Alta (naranja), Intermedia (amarillo), Baja (verde claro), y Muy baja (verde oscuro).</p>
<p>Vulnerabilidad por dedicación minera (VMIN)</p>	<p>Estimación a partir de la dedicación minera por parroquias como actividad alternativa. La mayor actividad extractiva en la provincia se vincula a la construcción, de gran importancia económica en el área. A mayor dedicación minera, según la superficie y la cifra de las mismas extraído a partir de coberturas de concesiones mineras⁹⁷, menor valor de vulnerabilidad. Se asigna dicha categorización al ser la actividad minera meramente dedicado a los áridos de construcción, identificándose como una de las actividades importantes en la región como recurso principalmente en la construcción de infraestructuras⁹⁸.</p>	 <p>Vulnerabilidad por dedicación minera</p> <p>Mapa que muestra la vulnerabilidad por dedicación minera en la provincia de Guayas, con una leyenda que indica: Mayor alta (rojo), Alta (naranja), Intermedia (amarillo), Baja (verde claro), y Muy baja (verde oscuro).</p>

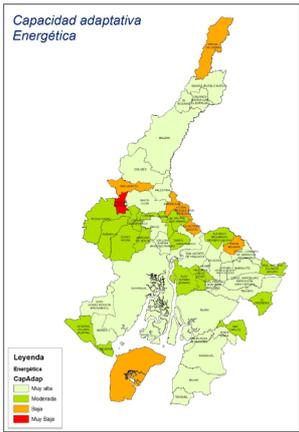
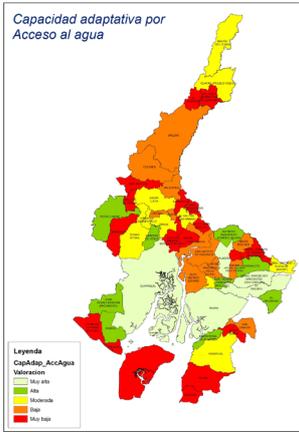
Nota: En este análisis se consideraron actividades como el turismo o minería como una actividad económica alternativa a las agropecuarias, que son las que presentan mayor afectación frente a eventos adversos en la provincia, por tanto, se analizan en el contexto de las actividades socioeconómicas y no a su influencia en el entorno biofísico.

<p align="center">Capacidad adaptativa económica: $VE = (V_{AG} + V_{AG} + V_{TUR} + V_{MIN}) - (CA_{CON-MOV} + CA_{ENER} + CA_{ACC-AG})$</p>		
Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial (variables)
<p>Capacidad adaptativa conectividad y movilidad (CA_{CON-MOV})</p>	<p>Para la estimación de la capacidad adaptativa se sumaron los siguientes indicadores:</p> <p>Conectividad o redes viales: se incluye dentro de las capacidad adaptativa pues se consideró que las redes viales facilitan la transportación de la población, así como sus bienes y servicios, así mientras una parroquia presenta una red vial más densa y con mejor estructura posee más capacidad adaptativa frente a eventos adversos.</p> <p>Movilidad: Se consideraron los puntos de salida de la transportación (terminales terrestres y aeropuertos), considerando que estas estructuras brindan facilidades a la población para la movilización interurbana. Para su estimación se consideró a aquellas parroquias con más acceso a este tipo de infraestructura como aquellos que poseen mayor capacidad adaptativa.</p>	 <p>Capacidad adaptativa por conectividad y movilidad</p> <p>Mapa que muestra la capacidad adaptativa por conectividad y movilidad en la provincia de Guayas, con una leyenda que indica: Mayor alta (rojo), Alta (naranja), Intermedia (amarillo), Baja (verde claro), y Muy baja (verde oscuro).</p>

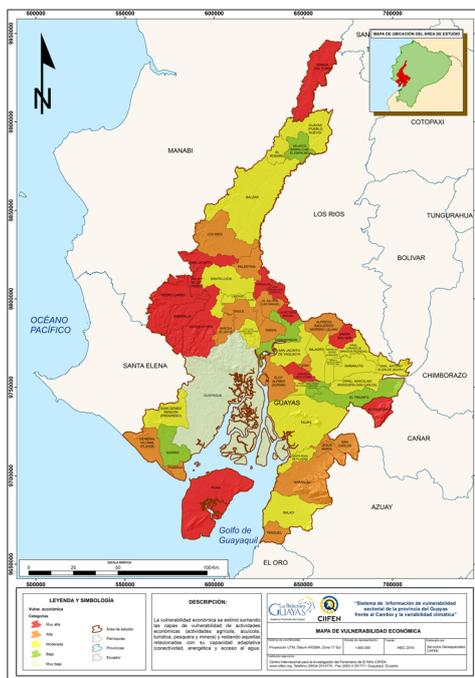
96 CIIFEN (2012d)

97 Datos extraídos del catastro del Ministerio de Minería y proporcionados por la prefectura del Guayas

98 CIIFEN (2012d)

<p>Capacidad adaptativa energética (CA_{ENER})</p>	<p>Se consideró que las parroquias que posean mayor autonomía energética, mayor potencia de transmisión y redes de distribución, poseen mayor capacidad adaptativa en aspectos económicos.</p>	
<p>Capacidad adaptativa por acceso al agua (CA_{ACC_AG})</p>	<p>El acceso al agua en sus distintas fuentes de acceso se consideró un factor que contribuye a la capacidad adaptativa en aspectos económicos, por su relación directa con el desarrollo de las actividades agropecuarias de la provincia. Se cuantificaron los embalses⁹⁹ con el mayor peso de capacidad adaptativa (4), hasta albardas y ciénagas¹⁰⁰ con menores valores. Las categorías se establecieron en función de su superficie y según sus pesos respectivos.</p>	

Vulnerabilidad económica total:

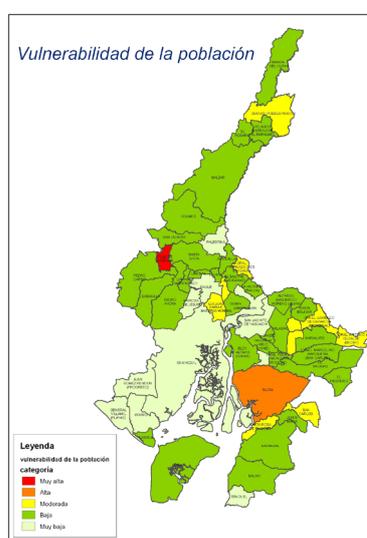
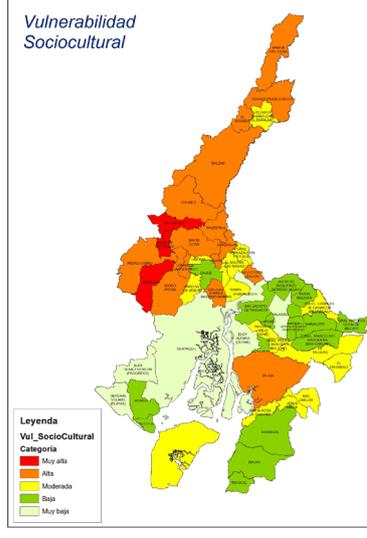


99 Información cartográfica de recursos hídricos; Pozos, extraída de la base de datos de SENAGUA y cartas topográficas del IGM; Ríos de PROMSA 2001, mientras que lagunas y represas fue extraída de la base de geodatos del IGM a escala 1:50.000.

100 Información extraída de: "Serie Cultural Comunal, Agua y biodiversidad en la costa del Ecuador: tomo 1 - Comunidades y comunidades con sistemas de albardas"

Vulnerabilidad social:

- V_{POB} : Vulnerabilidad de la población
 $V_{SOC-CUL}$: Vulnerabilidad sociocultural
 $V_{SER-BAS}$: Vulnerabilidad por servicios básicos insatisfechos
 CA_{EEDU} : Capacidad adaptativa por infraestructuras de educación
 CA_{SAL} : Capacidad adaptativa por infraestructuras de salud
 CA_{ORG} : Capacidad adaptativa organizacional

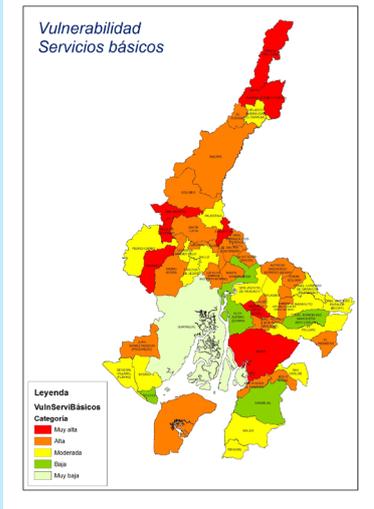
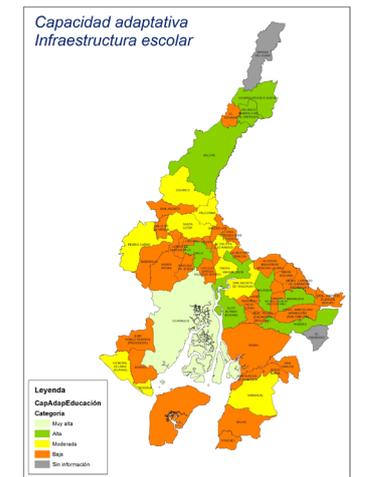
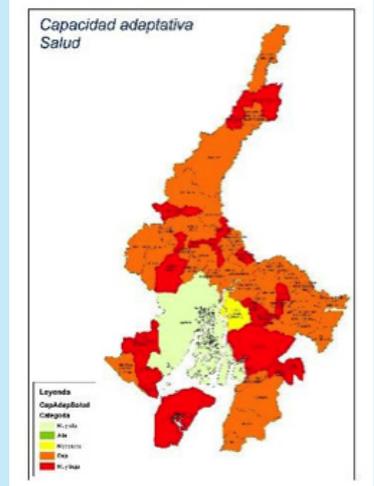
Vulnerabilidad social (VS): $VS = (V_{POB} + V_{SOC-CUL} + V_{SER-BAS}) - (CA_{EEDU} + CA_{SAL} + CA_{ORG})$		
Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial
Vulnerabilidad de la población (V_{POB})	<p>Dentro de la vulnerabilidad de la población se incluyó:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Déficit de vivienda: Consideró a las familias que habitan en viviendas de alquiler y que no poseen vivienda, a partir del tipo de vivienda¹⁰¹, teniendo que las parroquias con mayor déficit de vivienda posee mayor susceptibilidad. - Procedencia del agua recibida: analiza el acceso que tienen las viviendas a agua potable de acuerdo a su procedencia. Se estimó en base a los tipos de acceso a agua por vivienda¹⁰² como red pública(redes estatales de tuberías de agua potable)¹⁰³, pozos, río o vertiente, carro repartidor u otros. Se consideró a aquellas parroquias con mayor porcentaje de viviendas sin acceso a redes públicas como aquellas con mayor susceptibilidad. <p>La vulnerabilidad de la población se obtuvo de la suma de los valores en “déficit de vivienda” y “procedencia del agua recibida”.</p>	 <p>Vulnerabilidad de la población</p> <p>Legenda vulnerabilidad de la población Categoría Muy alta Alta Moderada Baja Muy baja</p>
Vulnerabilidad sociocultural ($V_{SOC-CUL}$)	<p>Se consideró para el presente cálculo¹⁰⁴:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Escolaridad: Nivel de escolaridad que presenta la población, valorándose como de mayor vulnerabilidad el nivel primaria (5) y el menor valor el nivel posgrado (1). - El analfabetismo se calculó a partir del porcentaje de la población que no sabe leer ni escribir en relación al total poblacional por parroquias. - La migración representa el porcentaje de migrantes con respecto al total poblacional de la parroquia. <p>La vulnerabilidad socio-cultural total se determinó a partir del sumatorio de los tres factores descritos aquí; escolaridad, analfabetismo y migrantes totales, normalizado con respecto al valor máximo resultante del índice que corresponde a la mayor vulnerabilidad.</p>	 <p>Vulnerabilidad Sociocultural</p> <p>Legenda Vul_SocioCultural Categoría Muy alta Alta Moderada Baja Muy baja</p>

101 Información obtenida del Censo de vivienda; INEC (2010)

102 Íbidem

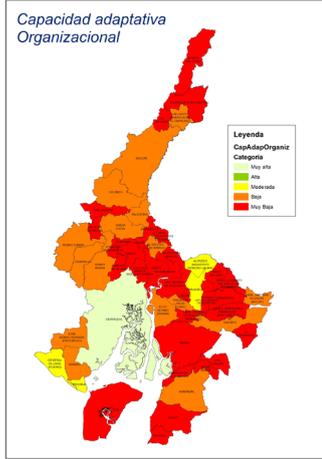
103 Agua proveniente de un tratamiento previo, servido por compañías público-privadas de agua

104 Íbidem

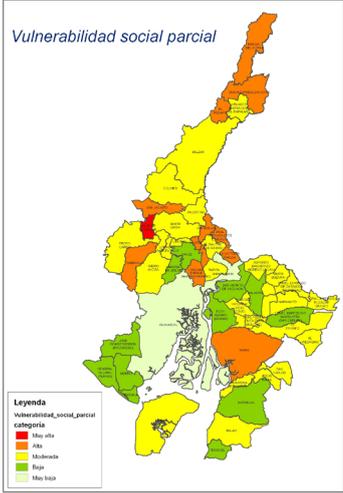
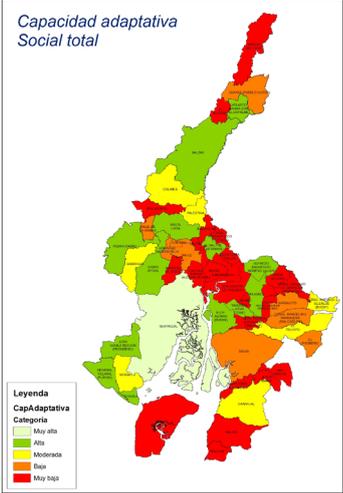
<p>Vulnerabilidad por servicios básicos ($V_{SER-BAS}$)</p>	<p>Para la estimación de la vulnerabilidad por servicios básicos, se emplearon los siguientes indicadores¹⁰⁵:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alcantarillado: Porcentaje de viviendas sin acceso a alcantarillado con respecto al total por parroquias. - Procedencia de agua para tomar: número de hogares que no consumen agua potable; es decir, aquellos donde la calidad del agua no es apta para consumo humano y, a la vez, que no la hierven, no la purifican, no la cloran y/o no compran agua purificada. - Energía eléctrica: Se valoró calculando el porcentaje de hogares que no tienen acceso al sistema eléctrico convencional con respecto al total de viviendas por parroquias. - Eliminación de basura: Porcentaje de viviendas que no cuentan con un servicio de recolección de residuos sólidos en sus distintas tipologías¹⁰⁶. <p>El sumatorio de todas ellas es el resultado de la vulnerabilidad por servicios básicos, siendo el mayor valor normalizado el que represente la mayor vulnerabilidad.</p>	 <p>Vulnerabilidad Servicios básicos</p> <p>Leyenda VulnServBásicos Categoría</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Moderada Baja Muy baja
<p>Capacidad Adaptativa Social: $CA_{EEDU} + CA_{SAL} + CA_{ORG}$</p>		
<p>Indicador</p>	<p>Descripción</p>	<p>Resultado capacidad adaptativa</p>
<p>Capacidad adaptativa por infraestructura escolar (CA_{EEDU})</p>	<p>Se consideró la infraestructura escolar presente en las parroquias de acuerdo a la presencia de espacios recreacionales, cerramiento, agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, teléfono. Se sumaron los valores de infraestructura existente por centro y en referencia a la parroquia posteriormente.</p>	 <p>Capacidad adaptativa Infraestructura escolar</p> <p>Leyenda CapAdapEducación Categoría</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Moderada Baja Sin información
<p>Capacidad adaptativa en salud (CA_{SAL})</p>	<p>Se evaluó la disponibilidad de establecimientos de salud en cada parroquia, asignándoles valoración de acuerdo a su grado de especialidad, es decir en cantidad de hospitales y su capacidad de atención a la población. Siendo un hospital de especialidades el de mayor valor (7), frente a los puestos de salud con menor valor (1). Se multiplicó el número de establecimientos existentes en cada parroquia por el valor asignado, procediéndose a sumar los valores por parroquia, y finalmente se normalizaron los valores obtenidos, considerando a aquellas parroquias con mayor número de establecimientos como aquellas con mayor capacidad adaptativa.</p>	 <p>Capacidad adaptativa Salud</p> <p>Leyenda CapAdapSalud Categoría</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Moderada Baja Muy baja

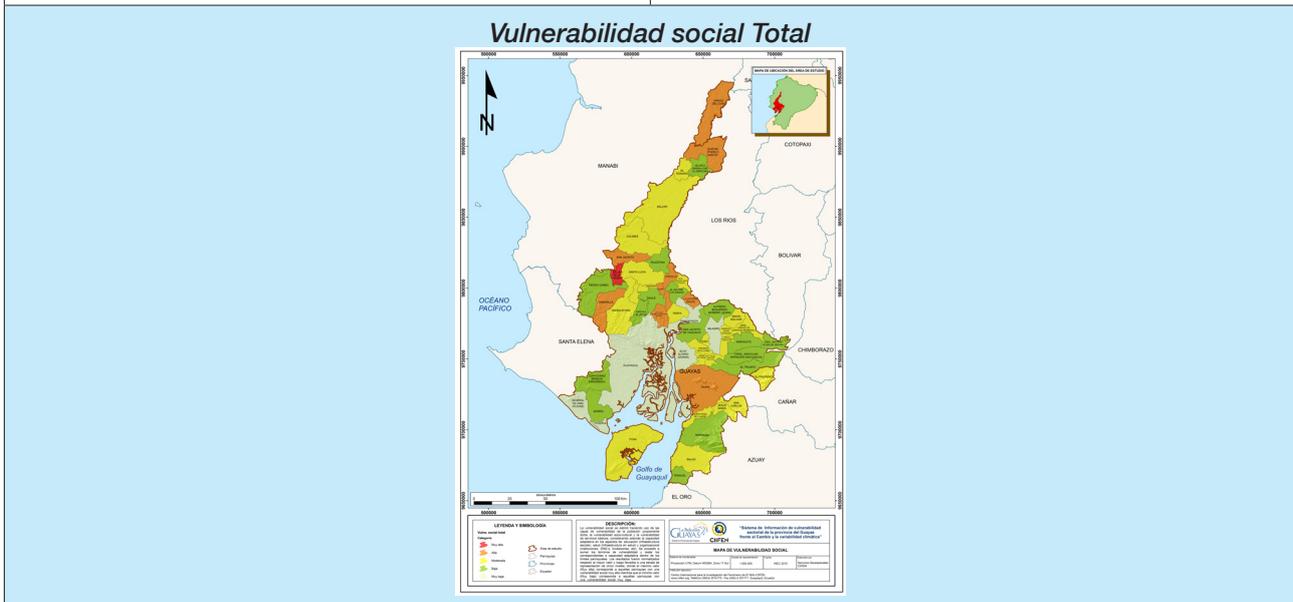
105 Base de datos del Censo de Vivienda del INEC (2010)

106 Aquellas viviendas que arrojan la basura en terrenos baldíos, al río, quebrada, acequia o canal, o que queman o entierran la basura, entre otras formas de eliminación no gestionada oficialmente

<p>Capacidad adaptativa organizacional (CA_{ORG})</p>	<p>Se recopilaron, mediante las instituciones oficiales y actores locales, las distintas organizaciones por tipologías por parroquias, sumándose las organizaciones por parroquias. El mayor valor corresponde a las que tengan mayor representación organizacional y se deduce, mayor capacidad adaptativa</p>	
--	---	---

Resultados Vulnerabilidad Social

<p>Vulnerabilidad Social Parcial¹⁰⁷:</p> 	<p>Capacidad adaptativa social total:</p> 
--	---



107 Previa a la diferencia con las capacidades adaptativas

Vulnerabilidad Ambiental

$V_{FAC-NAT}$: Vulnerabilidad ambiental por factores naturales

$V_{FAC-ANTR}$: Vulnerabilidad ambiental por factores antrópicos

<p align="center">Vulnerabilidad ambiental: $VA = (VFAC-NAT + VFAC-ANTR)$</p>		
Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial (variables)
<p>Vulnerabilidad ambiental por factores naturales ($V_{FAC-NAT}$)</p>	<p>Incluye las siguientes variables</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vulnerabilidad por cambios en la vegetación natural: Se analizaron los cambios ocurridos en la vegetación natural, asignándose la mayor valoración a aquellas zonas con mayor intervención en la vegetación natural, y la menor valoración a aquellas con menor intervención en su vegetación natural. - Vulnerabilidad por densidad de recursos hídricos: Se valora la magnitud, orden y longitud de cauces con respecto al área de cada microcuenca. La valoración mayor se otorga a las microcuencas con menor dotación hídrica (menor valor). - Vulnerabilidad por cobertura de áreas protegidas: Porcentaje del área protegida con respecto al área de la microcuenca. Se asignaron los mayores valores de vulnerabilidad a las microcuencas con menor superficie de áreas protegidas. - Vulnerabilidad por erosión : Se valoraron las microcuencas de acuerdo las categorías de erosión¹⁰⁸ que presentaban. Se asignaron pesos a los niveles de erosión identificados en la cuenca. Se estimó la superficie de cada categoría por su peso, y se normalizaron los valores obtenidos considerando a aquellas microcuencas con mayor valor como aquellas con mayor susceptibilidad por erosión. <p>La vulnerabilidad ambiental total por factores naturales al sumatorio de las anteriores variables.</p>	
<p>Vulnerabilidad ambiental por factores antropogénicos o degenerativos ($V_{FAC-ANTR}$)</p>	<p>En su estimación se cuenta con distintas variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vulnerabilidad por expansión urbana sobre áreas naturales: estima la superficie de áreas urbanas que se expandieron en el periodo 2001 y 2010¹⁰⁹, en cada microcuenca, en base a las coberturas de uso del suelo de los años indicados, y las coberturas vegetales de la provincia¹¹⁰. Se consideraron a las microcuencas con mayor afectación en sus áreas naturales como aquellas con la mayor vulnerabilidad. A las cuencas que no tuvieron impacto de expansión urbana sobre sus áreas naturales se les asignó el valor de 0. - Vulnerabilidad por incompatibilidad de usos de suelo: la incompatibilidad por uso de suelo se presenta en coberturas que se desarrollan en áreas con características diferentes a las requeridas para su funcionamiento. Se estima a partir de las unidades ambientales (usos de suelo/geomorfofología) y el posterior análisis de compatibilidad y valoración dentro de cada unidad ambiental¹¹¹. las microcuencas que presentaron los mayores valores de superficie incompatible fueron consideradas como aquellas con mayor vulnerabilidad. 	

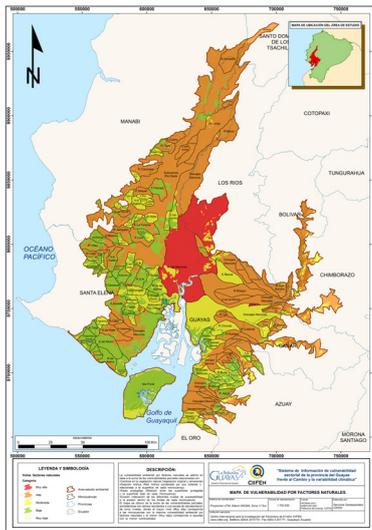
108 Información obtenida de ODEPLAN

109 Uso de suelo, Prefectura del Guayas (2010) y PROMSA (2010)

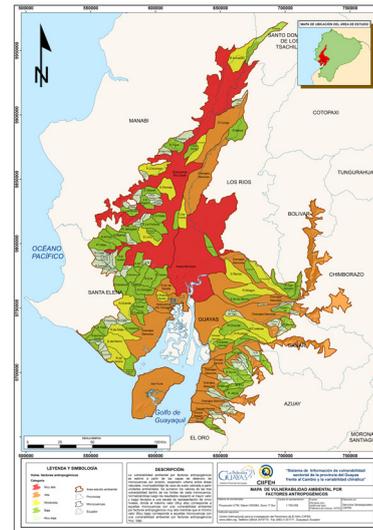
110 Bosque, vegetación arbustiva, manglar, páramos, y pastos

111 CIIFEN (2012)

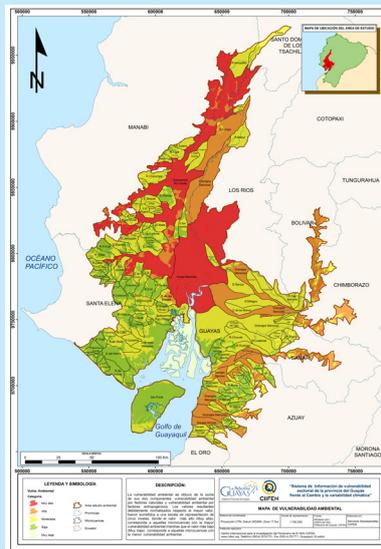
Resultados Vulnerabilidad ambiental



Vulnerabilidad ambiental por factores naturales



Vulnerabilidad ambiental por factores antropogénicas



Vulnerabilidad ambiental total

Considerando los resultados de la vulnerabilidad social y económica se estimó la vulnerabilidad socioeconómica, donde se observaron vulnerabilidades entre las categorías moderada y alta en gran parte de las parroquias de la provincia del Guayas.

Se calculó la vulnerabilidad ambiental según los factores naturales y los factores degenerativos. En este caso, las microcuencas con mayor vulnerabilidad fueron las de la zona central de la provincia, principalmente en el cantón Guayas, coincidiendo con las áreas más urbanizadas, a las que se suman además cantones del oeste y noroeste de la provincia.

En este estudio se implementó una plataforma digital web basada en la visualización de mapas y repositorio de documentos de uso público, que facilite su acceso y manejo

8) Diseño de recomendaciones y posibles medidas de adaptación

El presente estudio contó con un producto resultante adicional, puesto se fue considerado como base de la **Estrategia Provincial de Cambio Climático de la provincia del Guayas (EPCCG)**¹¹² en su Fase 1 de diagnóstico a partir del análisis de vulnerabilidades detectadas frente al

¹¹² Estrategia de cambio climático de El Guayas (CIIFEN 2012d)

cambio climático y la variabilidad climática.

La EPCCG plantea un conjunto de líneas de acción estratégica en las que se procura el desarrollo sostenible de la provincia, tomando en cuenta sus particularidades geográficas, sociales, culturales, económicas y ambientales. Este documento se constituyó en la primera Estrategia Provincial de cambio Climático en el Ecuador. Para cada línea de acción estratégica se plantearon actividades y medidas específicas de adaptación aceptables, factibles y adecuadas.

Como resultado del análisis de vulnerabilidad y en apoyo a la elaboración de la EPCCG se realizaron recomendaciones:

- **Información:**

- Complementar el estudio realizado con componentes del área industrial, infraestructura de riesgo, control de inundaciones, pobreza, actividad de caletas pesqueras e información referente a pozos y otras fuentes hídricas.
- Realizar un levantamiento altimétrico de la provincia con alta resolución para distintos fines productivos, pero especialmente para la adecuada gestión de recursos hídricos.
- **Validar la delimitación hídrica** propuesta por la metodología de Pfafstetter a través de modelos digitales del terreno, de alta resolución que faciliten contrastar y reubicar puntos que anteriormente pudiesen generar cierta incertidumbre en la práctica. Así se pudo delinear de nuevo tanto drenajes como puntos de acumulación de flujos, además de la delimitación de las cuencas hídricas.
- **Actualizar la cartografía detallada** de la **red hídrica** de la provincia, ya que la actual adolece de muchas limitaciones, **facilitando potenciales zonificaciones de los riesgos** a mayor detalle

- **Actividades en pro de la sostenibilidad:**

- **Incluir acciones, obras y capacitación/difusión** relacionadas al **almacenamiento de agua, protección** frente a las **precipitaciones** intensas y crecidas, **manejo de desechos sólidos, potenciación de redes de obtención de datos hidrometeorológicos** y posibles futuros Sistemas de Alerta Temprana (SAT).
- **Potenciación de áreas protegidas** puntuales en áreas susceptibles de **menor drenaje**¹¹³ que requieren un especial seguimiento.
- Priorizar la ejecución **proyectos agroforestales y/o silvopastoriles** con especies endémicas, con el fin de remediar los daños a la vegetación natural y proteger el suelo del incremento de lluvias intensas pronosticadas en los modelos de cambio climático¹¹⁴ y de manera que puedan suscitar un **desarrollo** a distinta escala de las **actividades productivas** locales.
- Realizar una gestión del espacio en distintos espacios y cuencas, de las cuales muchas muestran una elevada vulnerabilidad a los embates del cambio climático.
- Impulsar las actividades turísticas sustentables en las parroquias donde se ha alcanzado una elevada vulnerabilidad económica debido a la escasez de actividades turísticas y donde existe una gran potencial para ello.
- **Recursos:**

Con respecto a las sequías, se sugirió establecer un **estudio de localización** óptima de **obras de almacenamiento de agua** (albarradas o minirepresas), que donde se incluya un estudio de los beneficiarios

¹¹³ Subdivisiones de cuencas, especialmente las subcuencas de los ríos Babahoyo y parte del Daule

¹¹⁴ MAE y PNUD (2009)

(demanda), y de los elementos biofísicos propios del sitio de emplazamiento, con lo cual se logre asegurar un buen diseño, sostenimiento y verdadera satisfacción de las necesidades de agua para el sector productivo del área de su implantación.

Se identificó que la totalidad del área de estudio, especialmente las zonas inundables, requería el desarrollo de obras y acciones que mitigaran los impactos de las lluvias intensas, por lo cual se sugirieron las siguientes acciones:

- La **protección de barrancos** contra sus desprendimientos ante fuertes crecidas.
- **Protección de cuencas** para aminorar el arrastre de material sedimentario.
- La **construcción de bypass** para la evacuación y regulación de **aguas** provocadas por fuertes precipitaciones tanto en áreas rurales como urbanas.
- La **implementación de equipos de limpieza** o desalojo de **materiales sólidos** (árboles, malezas, tierra, etc.) arrastrados por ríos y que atentan contra la estabilidad de puentes e infraestructura civil.
- La **implementación de programas de dragados de cauces** y limpiezas de drenajes.
- **Sensibilización y capacitación** de la **población** en el manejo de sus desechos sólidos y en la protección de animales de corral ante crecidas intensas.
- **Inspección y control** de todo tipo de **obras** civiles desde su planteamiento a la fase de funcionamiento en zonas rurales (especialmente muros-diques o canales), para asegurar el cumplimiento de normas técnicas adecuadas en su construcción, dado que por falta de control muchas veces ocasionan daños o siniestros no observados en anteriores **inundaciones**.
- Capacitación en natación y/o rescate,

éste último orientado a personas que pudiesen colaborar en funciones de socorro, el caso de la natación básica especialmente orientada a niños/niñas, personas con discapacidad, jóvenes y adultos que viven de zonas inundables.

- Fomentar campañas de sensibilización y capacitaciones, así como organizaciones comunitarias que puedan hacer frente al riesgo residual, particularmente con escuelas, centros culturales.

- **Campañas de educación** y sensibilización en el **manejo de desechos sólidos**, preparativos para posibles emergencias, planes de atención, respuesta y contingencia orientadas a las amenazas hidrometeorológicas (crecidas abruptas, tormentas eléctricas, ventarrones, etc.), preparativos anuales para estación lluviosa.

- **Revisión** de diseños y calidad de la construcción de **casas** en **zonas inundables**, conservando el modelo convencional que provee tanto seguridad ante inundaciones como la conservación de rasgos culturales de los pueblos montubios¹¹⁵.

9) Lecciones aprendidas

La principal lección aprendida del presente estudio de caso es la génesis y **puesta en marcha del proceso** para lograr una adecuada **incidencia política**, concretando una **respuesta política que tuvo como uno de los efectos más notorios la creación del documento “Estrategia Provincial de Cambio Climático del Guayas (EPCCG)”** y el financiamiento por parte de la prefectura (gobierno provincial) de acciones de adaptación. Además, se otorga un peso especial a las evidencias del cambio y la variabilidad climática, encontrándose la firme intención de seguir retroalimentando este **imprescindible nexo ciencia – política** como fin.

¹¹⁵ Grupo étnico y cultural del Ecuador ubicado principalmente en el sector costero (CIIFEN 2012)

Una vez más se evidenció que el análisis de vulnerabilidad puede sumar tantos índices y variables, así como componentes, como sea preciso teniendo en cuenta los fines que se persigan y la información disponible. Así, al descubrir nueva información levantada con rigor y por fuentes oficiales, el análisis aquí descrito y desarrollado puede incluir otros insumos dando un carácter más específico según los fines que se persigan.

La planificación y el ordenamiento territorial son herramientas de sumo valor para el desarrollo, pero que han demostrado grandes carencias cuando no cuentan con aportes e información contrastada sobre cambio y variabilidad climática. En este sentido, que todo plan de ordenamiento que no se somete a esta información se puede considerar incompleto.

e. Caso de estudio 5. Ámbito de las políticas públicas: Información de cambio climático y biodiversidad para el fomento de políticas públicas de conservación y adaptación en la región de los Andes Tropicales

1) Contexto

Los Andes Tropicales albergan los ecosistemas tropicales de altura más diversos del mundo. Están conformados por puna, páramo y bosque altoandino, los cuales prestan múltiples servicios ecosistémicos entre los que resaltan la provisión y regulación hídrica, y el almacenamiento de carbono¹¹⁶.

Los Andes Tropicales han venido experimentando importante degradación, con alteraciones en su flujo hidrológico y sus suelos;¹¹⁷ presentan **áreas críticas** en cuanto a la **conservación** de la biodiversidad, especialmente en espacios protegidos, páramo y puna, que a pesar de tener categorías distintas de protección, se le atribuyen pérdidas del ecosistema prístino muy importantes. Éste es el caso de la región del Titicaca en la frontera boliviano-peruana, el sur de Bolivia, sistemas montañosos pre-altiplánicos del sur de Perú, sur de Ecuador y valles interandinos centrales.

¹¹⁶ Cuesta et al. (2012) & CIIFEN (2014b)

¹¹⁷ CIIFEN (2014b); Buytaert (2006); Sierra (2013) & Cuesta et al. (2013)

Los ecosistemas se ven afectados, tanto por agentes locales como por otros externos y regionales. Entre los factores que más afectan, como se verá reflejado en el análisis, están la actividad minera, la contaminación de distintas índoles y la explotación del suelo, principalmente, para uso agropecuario.

La región presenta una considerable extensión meridional y diversos patrones¹¹⁸ de tiempo y clima, incluyendo climas de tipo tropical y subtropical con una importante participación pluvial en el páramo, especialmente en la región sur de Ecuador frente a los bajos registros de precipitación en la puna boliviana y peruana, principalmente. El cambio climático se suma a las intensas y variadas presiones que las especies, como elementos de los ecosistemas alto andinos, ya están percibiendo.

Partiendo de la información y realidad expuesta, se consideró crucial aunar esfuerzos regionales para realizar **incidencia política** a partir de una herramienta técnico-científica que permita dilucidar necesidades y amenazas reales en la región andina. El propósito de esta iniciativa regional era la implementación de un Sistema Público Regional de Información de Cambio Climático y su potencial impacto en la conservación de la biodiversidad para la región de los Andes Tropicales.¹¹⁹

El **objetivo general** fue contribuir a la generación de políticas públicas y la inserción de la conservación de la biodiversidad en los planes nacionales de cambio climático en Bolivia, Ecuador y Perú.

Los **objetivos específicos** fueron:

- **Desarrollo de la plataforma institucional, humana¹²⁰ y tecnológica** que permita la sistematización, análisis y despliegue de los escenarios de cambio climático en los Andes tropicales, la vulnerabilidad estimada de los ecosistemas andinos y los datos e información de la biodiversidad existente en

¹¹⁸ Patrones o comportamiento general que mantiene, relativamente, constantes climáticas debido a las características físicas propias de la Tierra. Por lo general, es cálido y húmedo en las zonas tropicales y cercanas al mar, variando conforme se incrementa en altitud, latitud y distancia al mar. Estos patrones están regidos, a su vez entre otros, por oscilaciones y fenómenos de distinta índole.

¹¹⁹ CIIFEN (2014b)

¹²⁰ Entiéndase humana a aquella estructura, jerárquica o no, capaz de sistematizar y analizar escenarios de cambio climático y generar una respuesta en consecuencia.

dichos ecosistemas para su uso por parte de los gestores y tomadores de decisiones de los países participantes.

- **Desarrollar un módulo de educación y entrenamiento de fácil acceso y sostenibilidad** que cuente con un sistema de aprendizaje virtual sobre todos los resultados del proyecto y la provisión de todo el material educacional de soporte.
- **Fomentar el uso de los productos y servicios de información** generados por el proyecto, como insumos para los planes y estrategias, y para la generación de políticas regionales y, a nivel nacional, en cuanto al manejo y conservación de la biodiversidad en el contexto del cambio climático en la región de los Andes Tropicales.

2) Sujetos de análisis

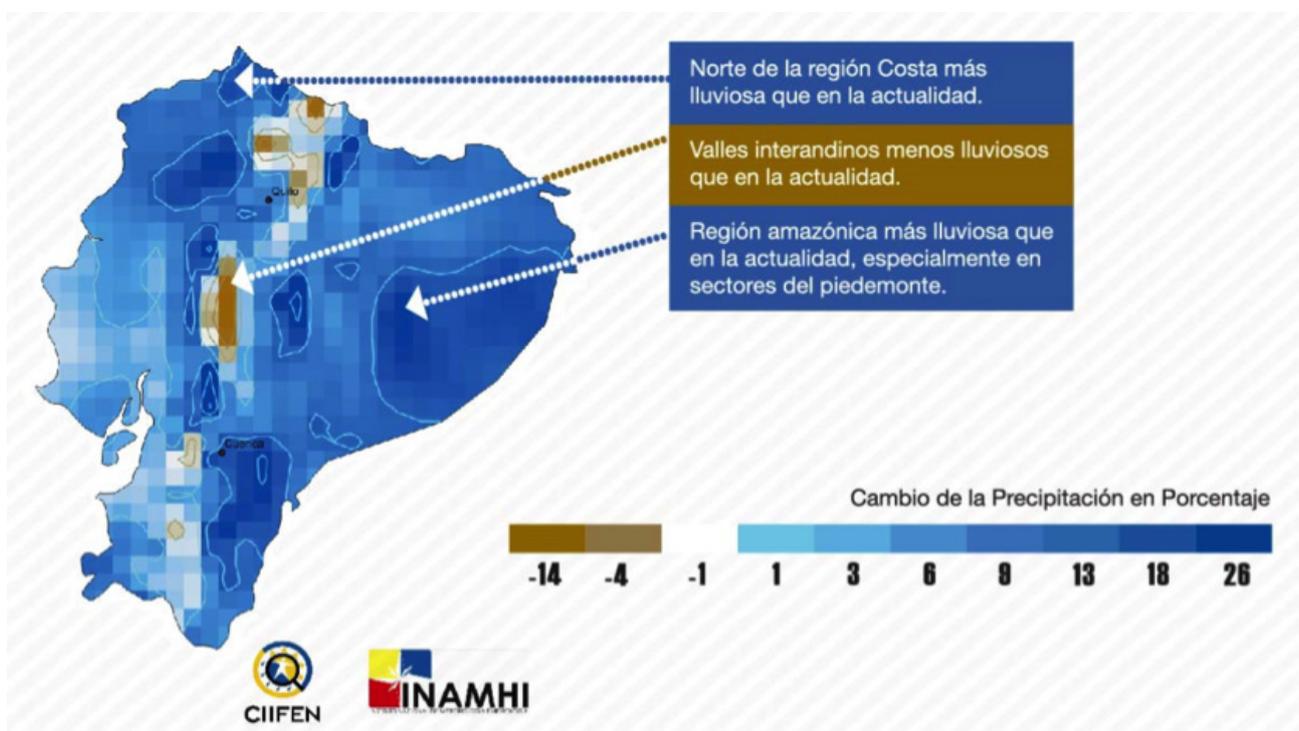
Los sujetos de análisis fueron los ecosistemas altoandinos de Bolivia, Perú y Ecuador.

3) Estimación de las amenazas

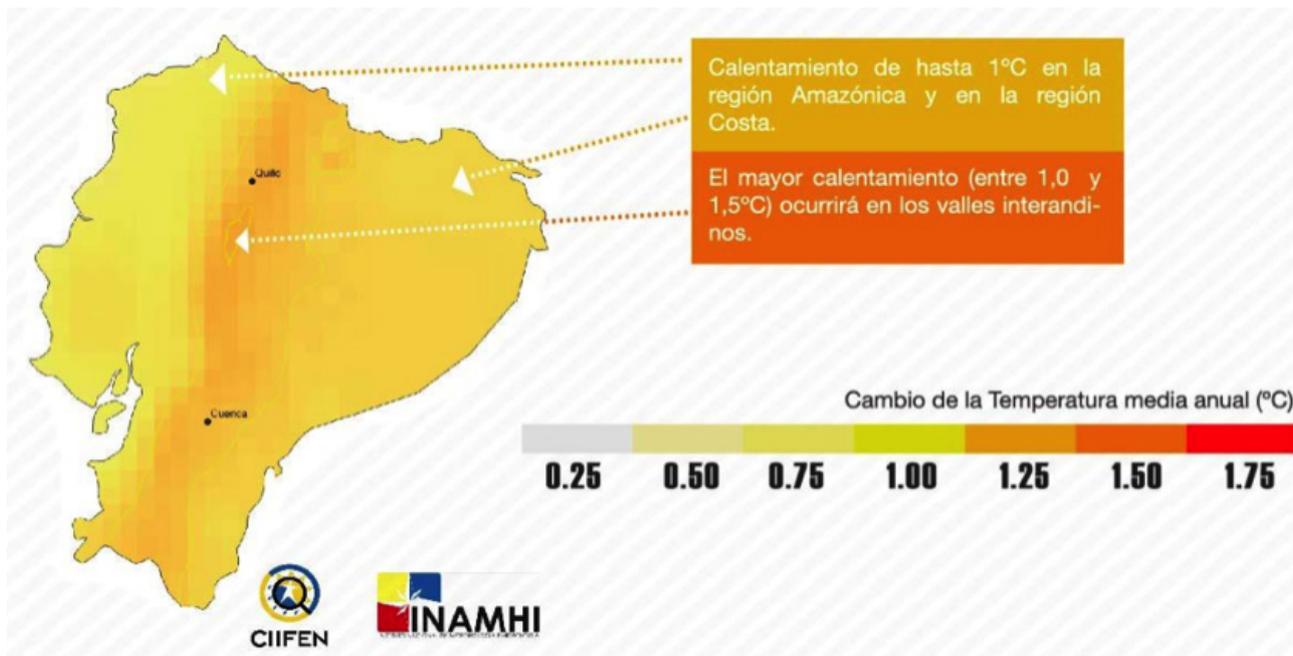
Para la estimación de amenazas, en este caso, se partió de dos estudios independientes: por una parte, se analizaron los **índices climáticos** a partir de las **bases de datos históricas** de las estaciones hidrometeorológicas; y, por otro lado, se corrieron **modelos climáticos** para distintos periodos, escalas y escenarios. En este último caso se usó como referencia las proyecciones publicadas en el IPCC AR5, 2013¹²¹. La herramienta básica para calcular las proyecciones climáticas fueron los modelos de circulación general acoplados: océano-atmósfera (AOGCM).

Los resultados de las proyecciones para cambios de la precipitación en porcentaje y cambio de la temperatura media anual, se presentan para cada uno de los tres países incluidos en el proyecto en las imágenes siguientes:

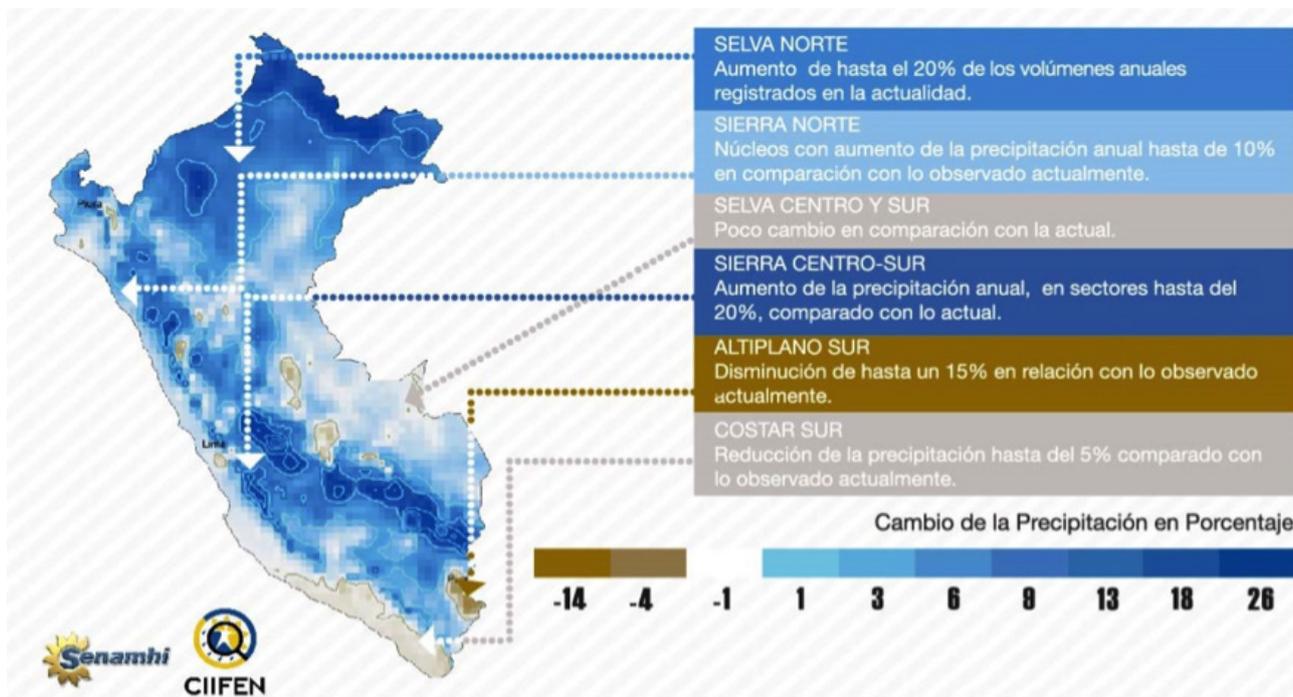
Proyecciones de cambio de precipitación y temperatura media anual en Ecuador:

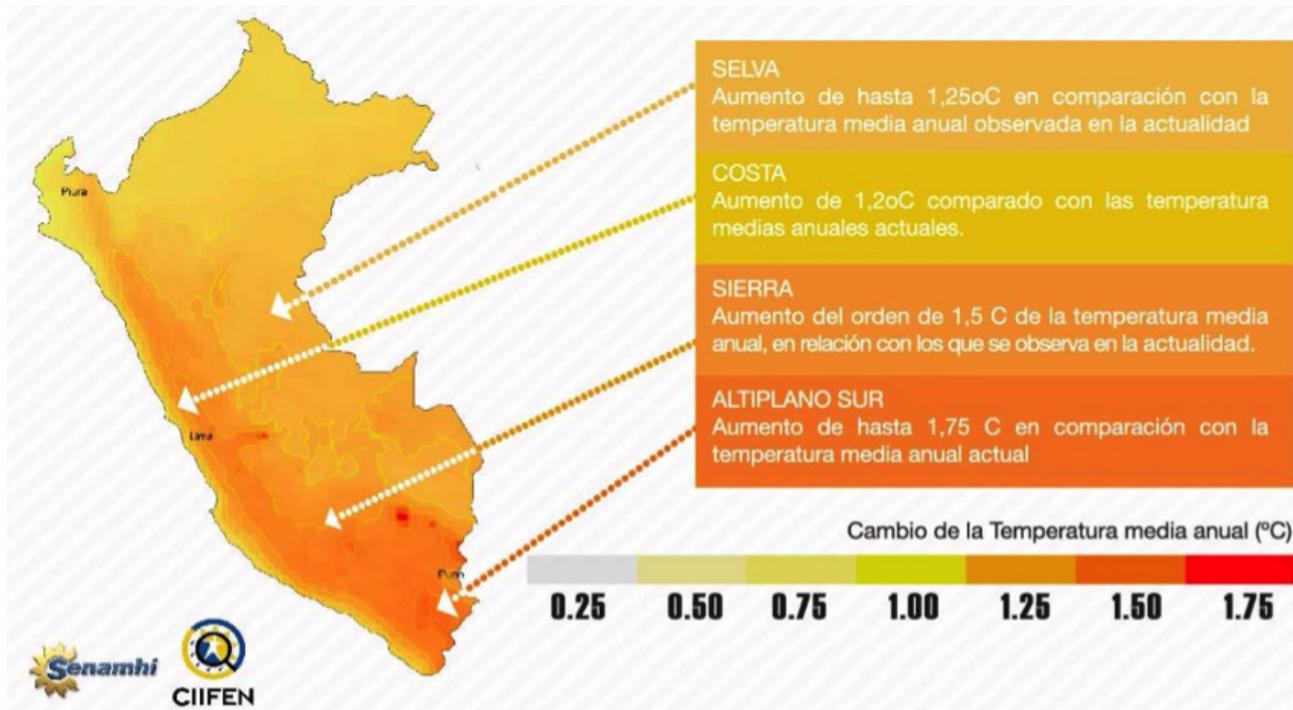


¹²¹ IPCC: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml (Última visita Mayo de 2015)

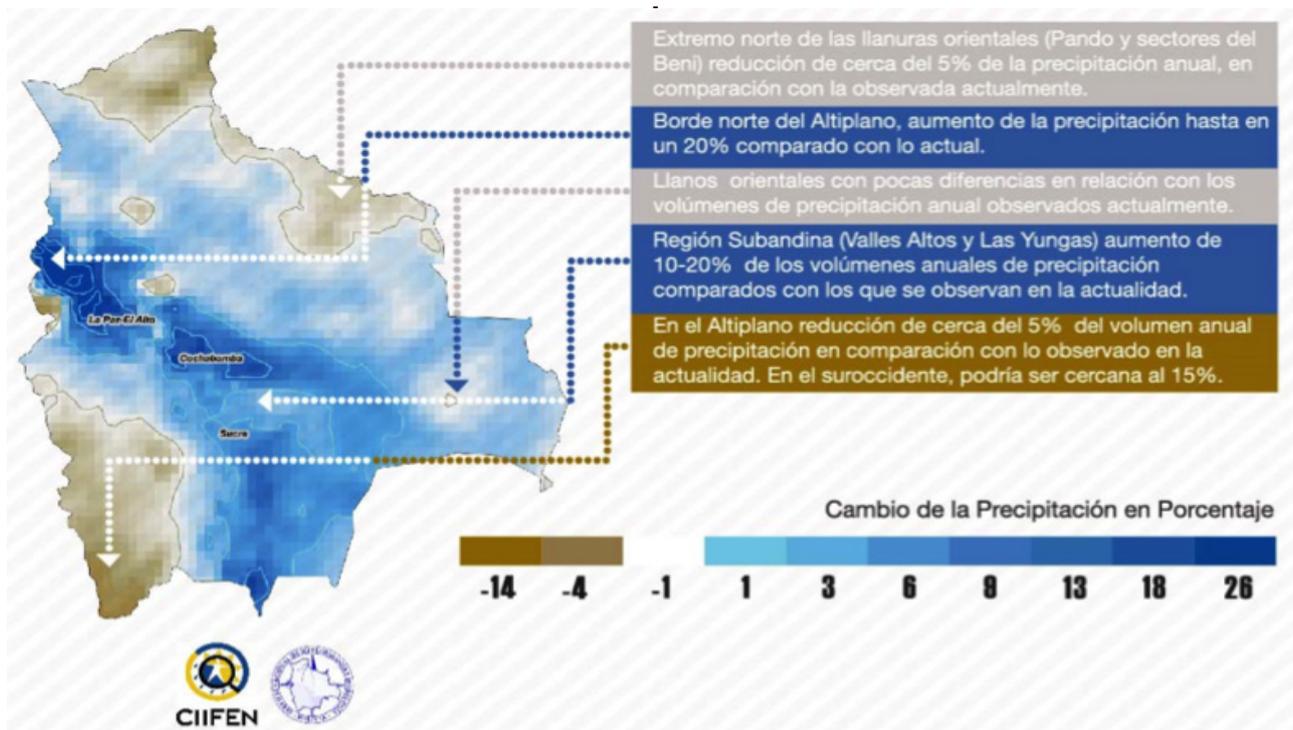


Proyecciones de cambio de precipitación y temperatura media anual en Perú:





Proyecciones de cambio de precipitación y temperatura media anual en Bolivia



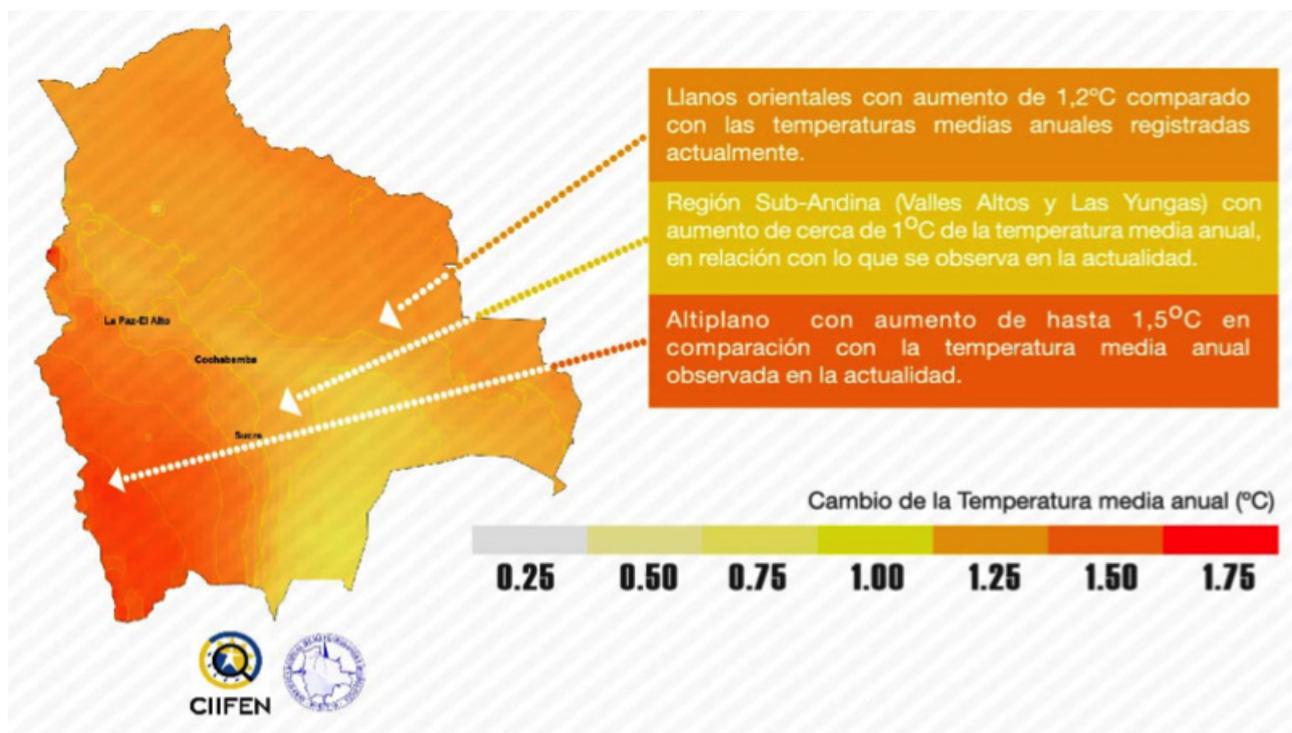


Figura 18: Resultados de las proyecciones climáticas de precipitación (superior) y temperatura media anual (inferior) de los tres países donde se desarrolló el estudio (Ecuador, Perú y Bolivia), a partir de modelación físico-estadística.

Proyección 2020-2040 a partir de la serie 1980-2000 con un escenario RCP 4.5.

Fuente: CIIFEN (2014b)

Los índices climáticos fueron computados a partir de los datos de precipitaciones y temperaturas diarios de las estaciones disponibles con registros climatológicos de más de 30 años, conforme se lo detalla en la **Tabla 11**.

Eventos climáticos extremos	
Temperatura	Precipitaciones
Temperatura máxima diaria por meses (Txx)	Días secos Consecutivos (CDD)
Temperatura mínima diaria por meses (Tnn)	Días húmedos consecutivos (CWD)
Rango diario de temperatura (DTR)	Días extremadamente húmedos (R95p)
	Precipitación anual total en los días húmedos (PRCPTOT)

Tabla 11: Índices climáticos de extremos vinculados a las amenazas climáticas tomadas

en cuenta en la modelación de escenarios a futuro. Fuente: CIIFEN (2014b)

4) Análisis del territorio

En la región altoandina de los Andes tropicales, los ecosistemas sujetos de análisis fueron **páramo**, **puna**¹²² y **bosque altoandino** en Bolivia, Ecuador y Perú. Para definir los límites del área de estudio se empleó la cobertura de ecosistemas de la Comunidad Andina (CAN).¹²³ Una vez seleccionados los ecosistemas asociados al páramo y la puna, se generó una zona de influencia o 'buffer' con un área de amortiguación de 500 metros a partir del límite de estudio.¹²⁴ De esta manera se busca apreciar las tendencias del contorno en cuanto a actividades y deterioro que puede ejercerse desde el entorno más inmediato a los ecosistemas de referencia y obtener así, información al mismo tiempo del bosque altoandino, que representa el ecotono¹²⁵ más próximo, en algunos casos, en el cual

122 De Bièvre, et al. (2012)

123 <https://www.geosur.info/downloads/sciweb1/shared/geosur/downloads/metadata/8e1a6c2a-fa50-11e2-9d99-0018e7189975.html> (Última visita junio de 2017). Financiado por el Banco de Desarrollo de América Latina y CAF. Año publicación metadato 2013.

124 Cavallaro et al. (2010)

125 El ecotono es la zona de transición entre dos ecosistemas distintos.

los factores bioclimáticos y el gradiente térmico¹²⁶ generan una mayor influencia gradualmente.¹²⁷

Los ecosistemas altoandinos son extremadamente **frágiles**, por su nivel de especialización a lo que se le suma la creciente expansión de la frontera agrícola y las zonas de pastoreo.¹²⁸

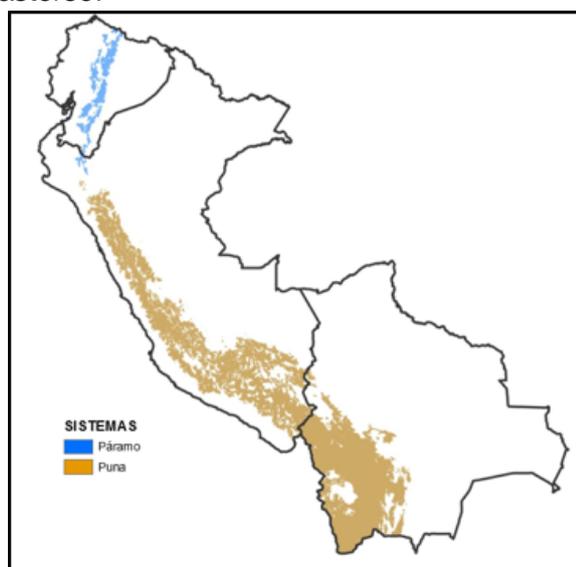


Figura 19: Área de estudio con los ecosistemas de puna y páramo en la región altoandina.

Fuente: CIIFEN (2014b)

5) Estimación de la vulnerabilidad

Partiendo de la ecuación 1 dada en la sección f. “Formulación de la vulnerabilidad”, se desarrolló el análisis, adecuando en este caso a los indicadores o variables de cada país y sus ponderaciones relativas consensuadas por cada equipo técnico nacional.

El método empleado para el establecimiento de ponderaciones a indicadores en el presente estudio se realizó en conjunto con el equipo técnico del proyecto utilizando el Método Analytic Hierarchy Process (AHP) a partir de la comparación por pares propuesto en Saaty, 1990.¹²⁹ El método se clasifica en el

grupo de Análisis Multicriterio Discreto y es capaz de emplear indicadores cualitativos y cuantitativos frente a múltiples objetivos (Lamelas Gracia, 2009).¹³⁰

En algunos de los análisis no se ha llevado a cabo la ponderación por estimarse que se pueden desvirtuar los resultados, cuando el foco real está en poner un peso equilibrado entre todos los indicadores. En este sentido, en algunas ocasiones, en lugar de dar más valor a un indicador o variable, con respecto a otro, se opta por ser conservador en este aspecto y calcular todos los indicadores por igual.

A continuación se muestra un ejemplo con la ponderación de indicadores biofísicos a partir del método jerárquico de Saaty.¹³¹

En la tabla 12 tenemos dos matrices del proceso de ponderación de Saaty. En el ejemplo expuesto están las variables de vigorosidad de la vegetación (NDVI), retroceso de la frontera agropecuaria (Retroceso front.) y áreas protegidas. En dicha ponderación, se pueden comparar entre el mismo rango por indicadores, variables o componentes a ponderar en ambos ejes, de manera que se comparen entre sí en todos los cruces posibles. De esta manera, se cuenta con un rango del 1 al 9 en el que se compara un indicador o variable frente a otra, otorgándole una importancia relativa de la primera frente a la segunda a partir de la siguiente clasificación:

- 1 Igual importancia
- 2 ligeramente más importante
- 3 Moderadamente importante
- 4 Moderadamente más importante
- 5 Fuerte importancia
- 6 Más fuerte
- 7 Muy fuerte y demostrada importancia
- 8 Muy, muy fuerte
- 9 Extremadamente más importante

126 El gradiente térmico es la variación de temperatura por unidad de distancia o, dicho de otra manera, la amplitud térmica existente entre puntos distintos, en este caso referidos a la altura.

127 Josse et al. (2009); Velasteguí (2010); Navarro (2011); y Cuesta et al. (2012)

128 Turner (2010); De Haan (2010); Hannah et al. (2013) y CIIFEN (2014b)

129 Saaty, T.L. (1990): How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research 48: 9–26.

130 Lamelas Gracia, M.T. (2009): Esquema metodológico para la toma de decisiones sobre el uso sostenible del suelo: Aplicación a la localización de suelo industrial. GeoFocus (Artículos), nº 9, p. 28-66. ISSN: 1578- 5157. En: http://geofocus.rediris.es/2009/Articulo2_2009.pdf.

131 Mayor información en Saaty, T.L. (1990)

En la primera matriz de la tabla 12a, al comparar una variable frente a otra en el cuadrante inverso, el valor también debe ser inverso. Es decir, al comparar retroceso de la frontera agropecuaria frente a la vigorosidad de la vegetación (NDVI) se ha estimado 5, o fuerte importancia del indicador de retroceso de la frontera frente a la vigorosidad de la vegetación; así, la importancia que toma la vigorosidad de la vegetación (NDVI) frente al retroceso de la frontera agropecuaria es $1/5 = 0,2$. Finalmente, se hace un sumatorio de todos los valores categorizados por su importancia para cada indicador, en este caso por columnas.

En la segunda matriz, tabla 12b, se presenta el cálculo de los pesos específicos. Así, cada valor de cada cruce se divide por el subtotal de la suma por columnas. Es decir, en la columna del índice de vegetación (NDV) se divide $1/11$, $5/11$ y $5/11$, donde el sumatorio de esta columna siempre debe resultar la unidad (1). Este paso se hará con las siguientes columnas por indicadores, en este caso. Finalmente, se sumarán por filas los pesos, en el caso del NDVI; $(0,09 + 0,03 + 0,14)$ y se divide por tantos valores como indicadores o variables se hayan comparado entre sí (n), en este caso 3. El resultado es el peso ponderado de cada uno de los indicadores incluidos. En el ejemplo a continuación, el mayor peso específico se le otorga al indicador de áreas protegidas, tras consensuar con el equipo técnico cada uno de los cruces: $(0,45 + 0,81 + 0,71) / 3 = 0,66$ es el peso ponderado de las áreas protegidas frente a Retroceso front. con un 0,25 y NDVI con un 0,09.

INDICADORES:	NDVI	Retroceso Front.	Areas Protegidas
NDVI	1,00	0,20	0,20
Retroceso Front.	5,00	1,00	0,20
Areas Protegidas	5,00	5,00	1,00
TOTAL	11,00	6,20	1,40

Tabla 12a.

INDICADORES:	NDVI	Retroceso Front.	Areas Protegidas	Peso específico w
NDVI	0,09	0,03	0,14	0,09
Retroceso Front.	0,45	0,16	0,14	0,25
Areas Protegidas	0,45	0,81	0,71	0,66
TOTAL	1,00	1,00	1,00	

Tabla 12b.

Tabla 12: Ejemplo del cálculo de ponderaciones, en este caso de las variables de capacidades adaptativas, donde se categorizan los pesos específicos ponderados de cada variable o capacidad adaptativa. En la imagen superior (a) se comparan por pares la importancia de uno con respecto al otro y en (b) se exponen los pesos específicos con respecto a la unidad. Fuente: CIIFEN (2014b)

Vulnerabilidad Socioeconómica			
	Bolivia	Ecuador	Perú
Susceptibilidad	Vulnerabilidad Alimenticia 2003 Crecimiento Poblacional Población que No Lee Pobreza	Pobreza Densidad Poblacional Crecimiento Poblacional Población No Lee Desempleo	Desempleo Densidad Poblacional Crecimiento Poblacional Analfabetismo Pobreza Inseguridad Alimentaria
Capacidad Adaptativa	Decrecimiento Poblacional Empleo	Decrecimiento Poblacional Megaproyectos SENAGUA	Decrecimiento Poblacional
Vulnerabilidad Ambiental			
	Bolivia	Ecuador	Perú
Susceptibilidad	Expansión de la Frontera Agrícola Deslizamientos Erosión Estado de la vegetación (NDVI negativos 2013-2000) Densidad Red Vial Impacto por Minería Contaminación RSU Contaminación Antrópica Actividad Agroganadera	Expansión de la Frontera Agrícola Demanda Hídrica Antrópica Deslizamientos Erosión Estado de la vegetación (NDVI negativos 2013-2000) Fragmentación de Ecosistemas Densidad Red Vial Actividad Minera Probabilidad Incendios Forestales Densidad Centros Poblados Actividad Agroganadera	Demanda hídrica Erosión Estado de la vegetación (NDVI negativos 2013-2000) Densidad Red Vial Impacto por Minería Densidad Centros Poblados Actividad Agroganadera Residuos Sólidos Urbanos
Capacidad Adaptativa	Espacios Protegidos NDVI Positivos 2013-2000 Retroceso Frontera Agg	Espacios Naturales Protegidos Estado de la vegetación (NDVI negativos 2013-2000) Cobertura Bomberos Reforestación (POT, MAE) Retroceso Frontera Agropecuaria Agg Programa Socio Bosque	Planes de Gestión RSU Espacios Protegidos NDVI Positivos 2013

Tabla 13: Indicadores empleados en el cálculo de la vulnerabilidad para Bolivia, Ecuador y Perú.
Fuente: CIIFEN (2014b)

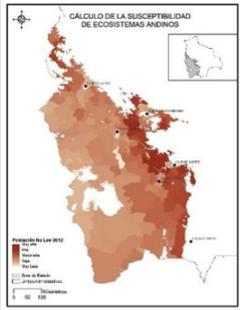
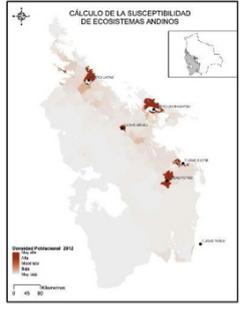
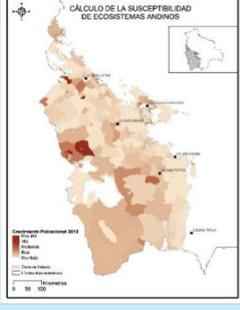
6) Análisis espacial de la vulnerabilidad

La formulación de la vulnerabilidad para el caso de los ecosistemas andinos se planteó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 8: } VTOTAL = [SE (Cpob+) + (DPob) + (Nlee) + (Icarg)] - CAE(Dpob) + [SA(Eagri) + (Desl) + (Eros) + (Eveg) + (Dvial) + (Imin) + (RSU) + (Cont) + (Aagg)] - [CAA(Epro) + (Eveg) + (RetroF)]$$

- SE: Susceptibilidad Económica
- Cpob: Crecimiento poblacional
- DPob: Densidad poblacional
- Nlee: Población que no lee
- Icarg: Índice de carga
- CAE: Capacidad adaptativa socioeconómica
- Dpob: Decrecimiento poblacional
- SA: Susceptibilidad ambiental
- Eagri: Expansión agropecuaria
- Desl: Deslizamientos
- Eros: Erosión
- Eveg: Estado de la vegetación

- Dvial: Densidad vial
- Imin: Impacto por actividad minera
- RSU: Contaminación por residuos Sólidos Urbanos
- Cont: Contaminación antrópica
- AAgg: Actividad agroganadera
- CAA: Capacidad adaptativa ambiental
- Epro: Espacios protegidos
- Eveg: Estado de la vegetación
- RestroF: Retroceso de la frontera agropecuaria.

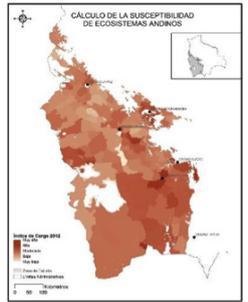
Susceptibilidad Socioeconómica: $SE = (Cpob+) + (DPob) + (Nlee) + (Icarg)$		
<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Resultado vulnerabilidad parcial</i>
Crecimiento poblacional (Cpob+)	A partir de la cobertura de centros poblados, ¹³² se estimó la densidad de entidades según su vecindad. ¹³³ En los lugares donde la densidad de centros poblados sea mayor, se mostrará una mayor vulnerabilidad.	
Densidad poblacional (DPob)	La tasa de crecimiento poblacional calculada a partir de dos censos distintos de manera que se pueda estimar la diferencia entre ambos periodos. ¹³⁴ La diferencia cuantitativa entre 2012 y 2001 puede ser positiva o negativa. Los valores positivos pasan a ser susceptibilidad por crecimiento y presión poblacional, mientras que los negativos serán capacidad adaptativa por decrecimiento poblacional, normalizándose en cada caso con respecto al valor mayor o menor, respectivamente.	
Analfabetismo (Nlee)	Porcentaje de población que no lee ni escribe con respecto al total poblacional por entidad administrativa, asumiendo que esto denota una falta de destrezas y conocimientos en principio, ¹³⁵ dándose una relación directa entre porcentaje de analfabetismo y susceptibilidad.	

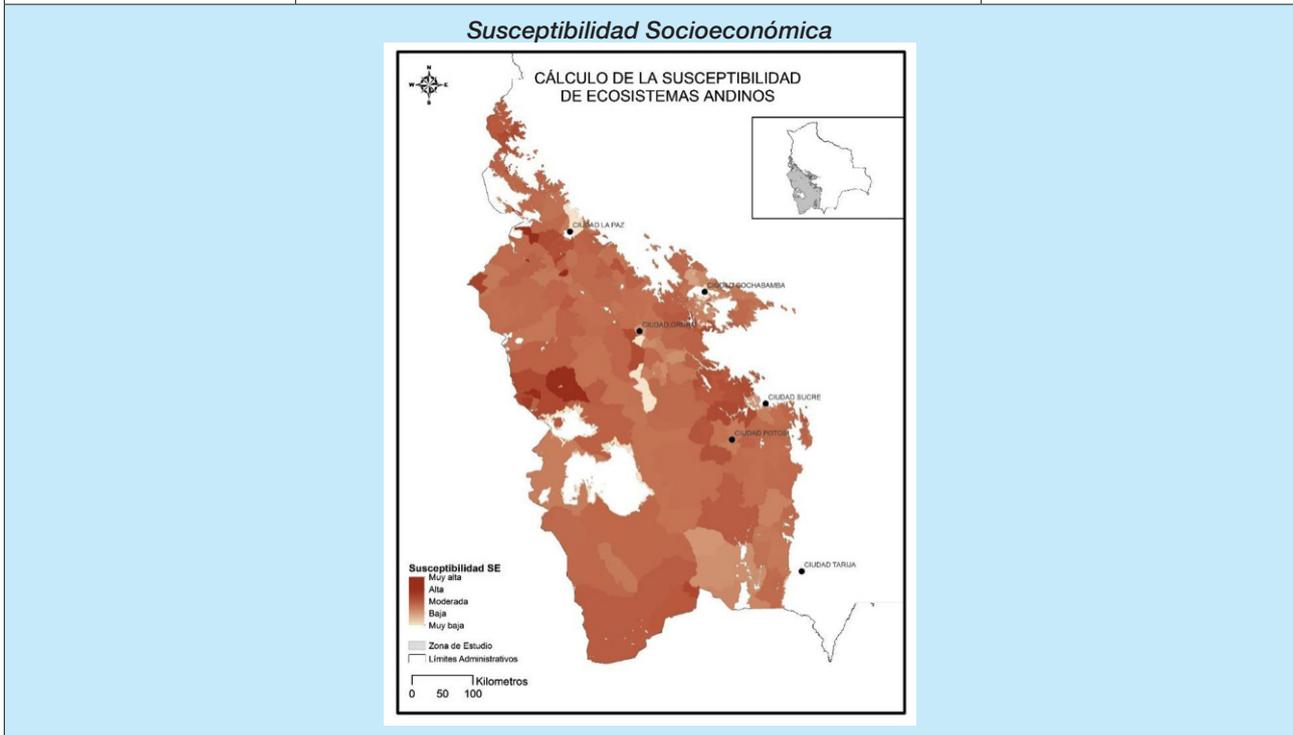
132 Centros poblados de Bolivia del Instituto Nacional de Estadística INE (2001).

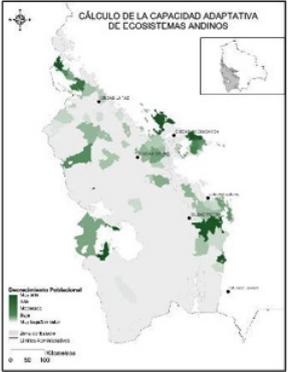
133 Cálculo a partir del algoritmo del promedio del vecino más próximo ajustándose a la densidad de Kernel con un radio de búsqueda de 1,7 km aproximadamente.

134 Diferencias entre el censo del INE de 2012 y 2001

135 SIISE (2012)

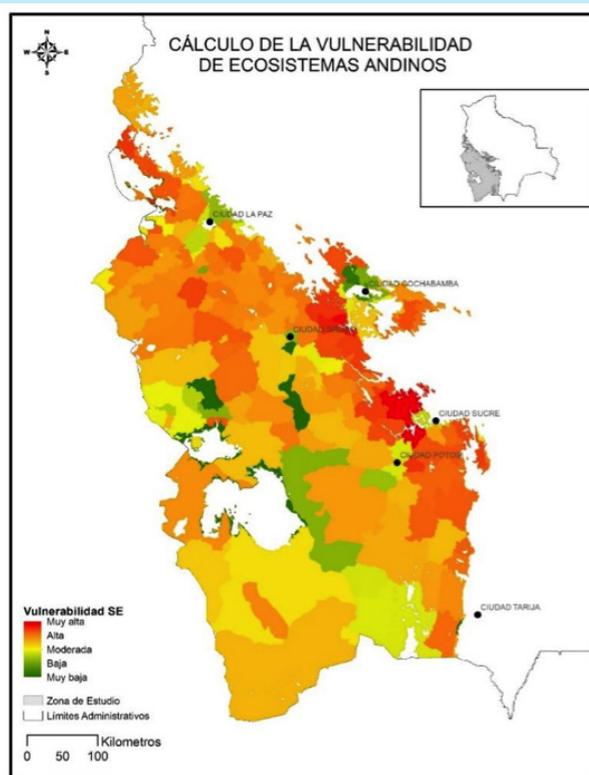
<p>Índice de carga (Icarg)</p>	<p>Estimación del porcentaje de población económicamente inactiva con respecto a las personas económicamente activas,¹³⁶ asumiendo que a mayor índice de carga, mayor presión sobre el entorno y por tanto mayor susceptibilidad.</p>	
---------------------------------------	--	---



<p style="text-align: center;">Capacidad adaptativa Socioeconómica: CAE: (Dpob)</p>		
<p><i>Indicador</i></p>	<p><i>Descripción</i></p>	<p><i>Resultado vulnerabilidad parcial</i></p>
<p>Decrecimiento poblacional (Dpob)</p>	<p>Es la diferencia entre dos censos poblacionales: 2012 y 2001. En este caso, a los núcleos con mayor población en 2001 con respecto a 2012; se asume que ha disminuido la población y por tanto la presión sobre el entorno, propiciando una capacidad adaptativa.</p>	

¹³⁶ Información a partir del Censo del INE (2012)

Vulnerabilidad socioeconómica total:

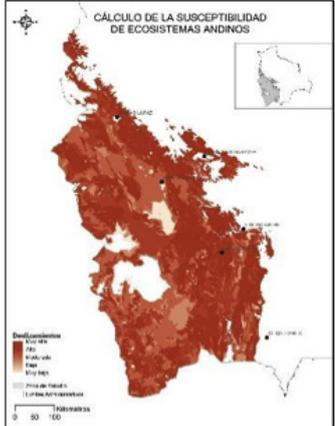
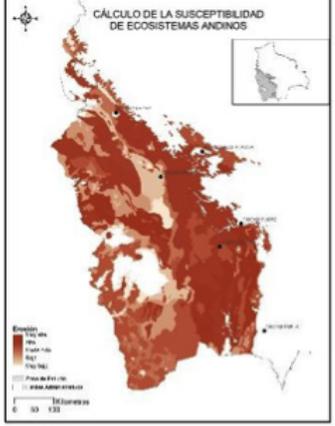
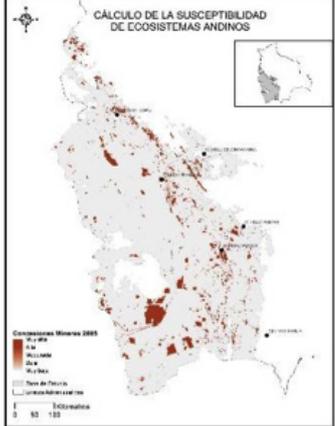


Susceptibilidad Ambiental:

$$SA = (Eagri) + (Desl) + (Eros) + (Eveg) + (Dvial) + (Imin) + (RSU) + (Cont) + (AAg)$$

Indicador	Descripción	Resultado vulnerabilidad parcial
<p>Actividad agropecuaria (AAg)</p>	<p>Resultado de la presión del espacio según su uso de suelo vinculado a la actividad agropecuaria. Se obtiene de la cobertura oficial de usos de suelo¹³⁷ previa corrección de la imagen de satélite y corrección geométrica. A mayor actividad agropecuaria, según los criterios de impacto de las distintas actividades, mayor impacto sobre el entorno y, por tanto, mayor susceptibilidad.</p>	

137 A partir de la cobertura Uso actual de tierra (2010) del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, Viceministerio de Tierras, Unidad Técnica Nacional de Información de la Tierra del Estado Plurinacional de Bolivia.

<p>Movimiento de masas (Desl)</p>	<p>A partir de esta susceptibilidad, se muestra la inestabilidad de laderas, denotando entre otros factores, procesos erosivos. Según el tipo de desprendimiento y movimiento de masa,¹³⁸ se categorizan en función de su magnitud, siendo las de mayor magnitud las que se correspondan con un mayor valor de susceptibilidad.</p>	
<p>Erosión (Eros)</p>	<p>A partir de la cobertura de erosión de suelo, a nivel nacional,¹³⁹ con valores cualitativos de muy baja a muy alta erosión, se categorizan, porcentualmente, en cinco rangos de 0 a 100. Los mayores valores de erosión se corresponden con la mayor susceptibilidad.</p>	
<p>Actividad minera (Imin)</p>	<p>Se parte de la cobertura de concesiones mineras,¹⁴⁰ otorgándole un valor de susceptibilidad de 100 por no hacerse distinción previa entre tipo de extracciones.</p>	

¹³⁸ Datos obtenidos a partir de la cobertura del Ministerio de Planificación al Desarrollo de Bolivia (2012).

¹³⁹ Se obtiene a partir del Mapa de erosión de suelo en Bolivia (1996) y el mapa de erosión de suelos de los valles interandinos del departamento de La Paz (2000) del Ministerio de Planificación del Desarrollo y Secretaría Departamental de Recursos Naturales, Biodiversidad y Medio Ambiente, respectivamente,

¹⁴⁰ Cobertura de concesiones mineras de 2005 del Ministerio de Planificación del Desarrollo de Bolivia.

<p>Densidad red vial (Dvial)</p>	<p>Se estima la densidad¹⁴¹ de tránsito a partir del orden de las vías, tanto caminos, carreteras como vías férreas según su peso específico, previa ponderación,¹⁴² correspondiéndose los valores más altos con la mayor susceptibilidad.</p>	
<p>Cálculo de estado de la vegetación (Eveg)</p>	<p>Se estima la salud de la vegetación a partir de su vigorosidad, observada según el cálculo del NDVI¹⁴³ entre la banda roja del visible con respecto al infrarrojo cercano de dos imágenes satelitales en dos años distintos durante la misma estación y condiciones climáticas.¹⁴⁴ A peor estado de la vegetación en el último periodo con respecto al primero, mayor susceptibilidad.</p>	
<p>Avance de la frontera agrícola (Eagri)</p>	<p>Resultado de la diferencia de dos coberturas de uso de suelo en dos periodos distintos,¹⁴⁵ clasificándose los tipos de uso en ambos periodos y analizándose la diferencia de tendencia entre ambos si existiese; a mayor cambio en favor de la actividad agropecuaria, se asume mayor presión en el entorno y, por tanto, mayor susceptibilidad; mientras que aquellas áreas que antes fueron agrícolas y ahora tienen un cambio natural pasan a formar parte de las capacidades adaptativas.</p>	
<p>Grado de amenaza antrópica (Cont)</p>	<p>Se analiza la distribución geográfica de los centros poblados según su grado de contaminación ambiental, teniendo en cuenta: la contaminación industrial, los desechos sólidos y líquidos de centros poblados y contaminación atmosférica.¹⁴⁶ A mayor valor de densidades de contaminantes potenciales, mayor valor de susceptibilidad.</p>	

141 Empleando densidades de Kernel a partir del promedio del vecino más próximo.

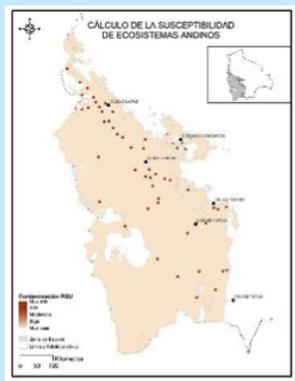
142 A partir de vías principales, secundarias y vías férreas de la Administración Boliviana de Carreteras 2008 previa corrección topológica.

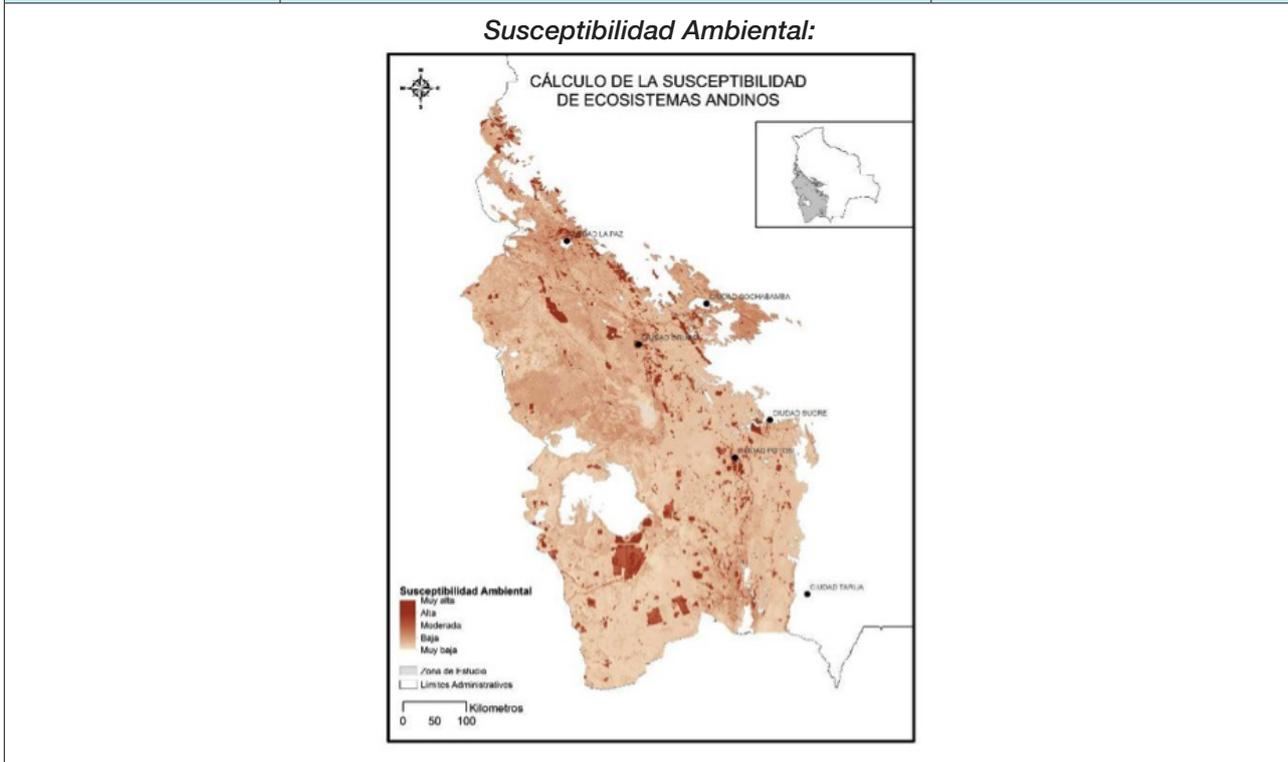
143 NDVI: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, según sus siglas en inglés.

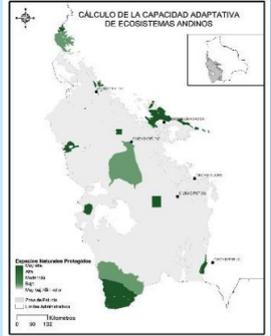
144 Se escogen dos imágenes Landsat 7 de febrero de 2000 y febrero de 2012; CIIFEN (2014b).

145 Uso actual de la Tierra (2001) y Uso actual de la Tierra (2010); ambas a escala 1:1'000.000.

146 A partir de la información "Amenazas antrópicas" elaborada por el Ministerio de Planificación del Desarrollo en el año 2002 a escala 1:1'000.000 se realiza un análisis de densidades de Kernel a partir del promedio del vecino más próximo.

<p>Contaminación Residuos Sólidos Urbanos (RSU)</p>	<p>Se estima la susceptibilidad de los ecosistemas por la presencia o no de botaderos de basura según su tipología, tipo de gestión y magnitud,¹⁴⁷ así como su densidad.¹⁴⁸ A mayor valor resultante de contaminantes potenciales por la presencia de botaderos, corresponde un mayor valor de susceptibilidad.</p>	
--	---	---

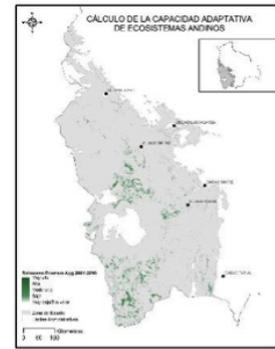


Capacidad adaptativa Ambiental: CAE: (Eprot) + (Ragr)		
Indicador	Descripción	Resultado Vulnerabilidad parcial
<p>Espacios naturales protegidos (Dpob)</p>	<p>Los espacios que se rigen por un control de distinto carácter pasan a tener una capacidad adaptativa inducida. Para la caracterización de dichos espacios se adoptó la clasificación según su manejo de ONU Medio Ambiente y UICN.¹⁴⁹ En dicha clasificación se expusieron VII categorías, siendo 1 la mayor protección y 7 la que tiene menor rango de manejo. Por tanto, a mayor manejo (I) se asume una mejor capacidad adaptativa.</p>	

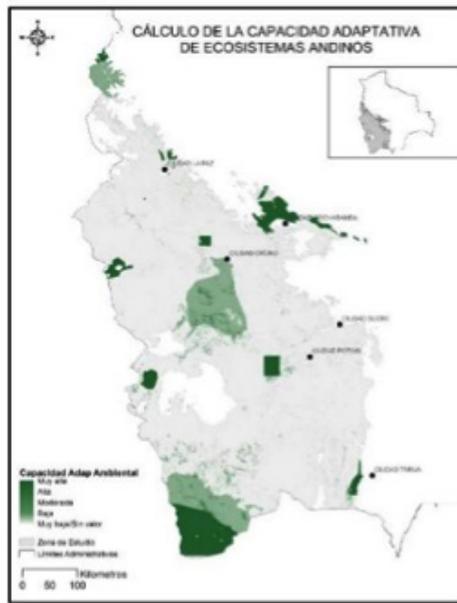
147 Base de datos a partir de la información de “Botaderos” de la Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos –DGGIRS- del Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia. Cálculo en CIIFEN (2014b).
 148 Densidades de Kernel a partir del promedio del vecino más próximo.
 149 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente) y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Regresión de la frontera agropecuaria (Ragr)

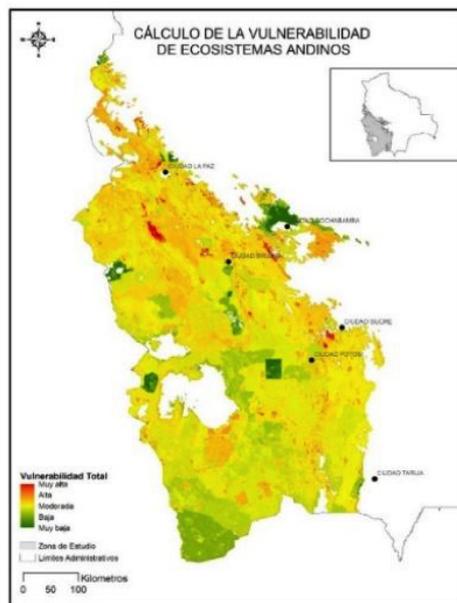
Se estimó la evolución del espacio dedicado a la actividad agropecuaria como resultado de la diferencia de dos coberturas de usos de suelo, las cuales se identificaron y verificaron con imagen satelital,¹⁵⁰ previamente corregidas. Así se analizaron cuáles fueron las áreas que ya no se dedican a la actividad agropecuaria y antes sí albergaban algún tipo de actividad agropecuaria.¹⁵¹



Capacidad adaptativa ambiental:



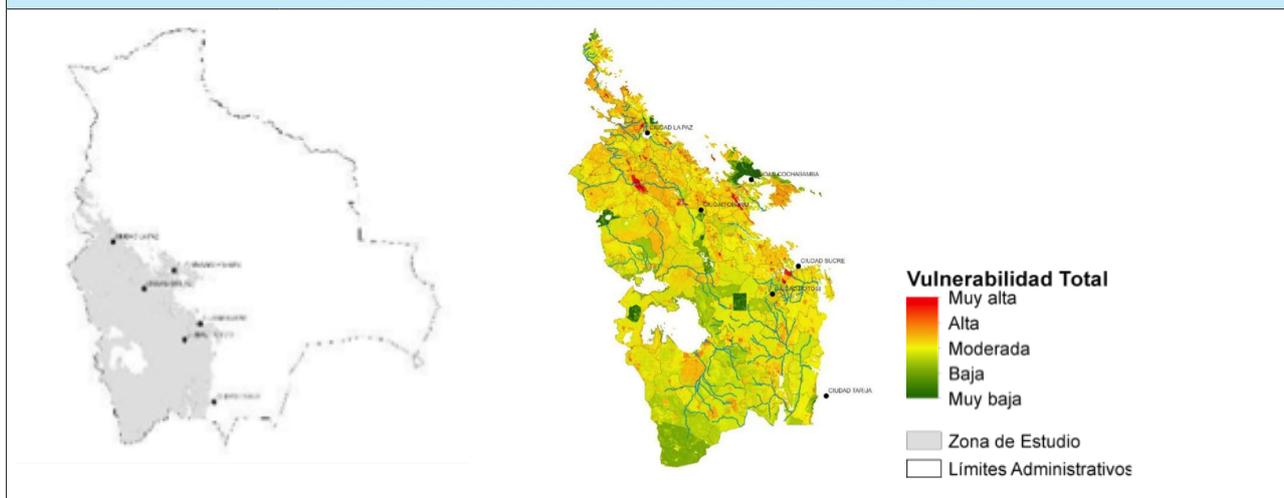
Vulnerabilidad ambiental total:



150 Landsat 7

151 Uso actual de la Tierra (2001) y Uso actual de la Tierra (2010); ambas a escala 1:1'000.000.

Vulnerabilidad total de los ecosistemas andinos en Bolivia:



Una vez analizados los distintos análisis de vulnerabilidad de los ecosistemas altoandinos por países, se integraron, dando como resultado el siguiente mapa:

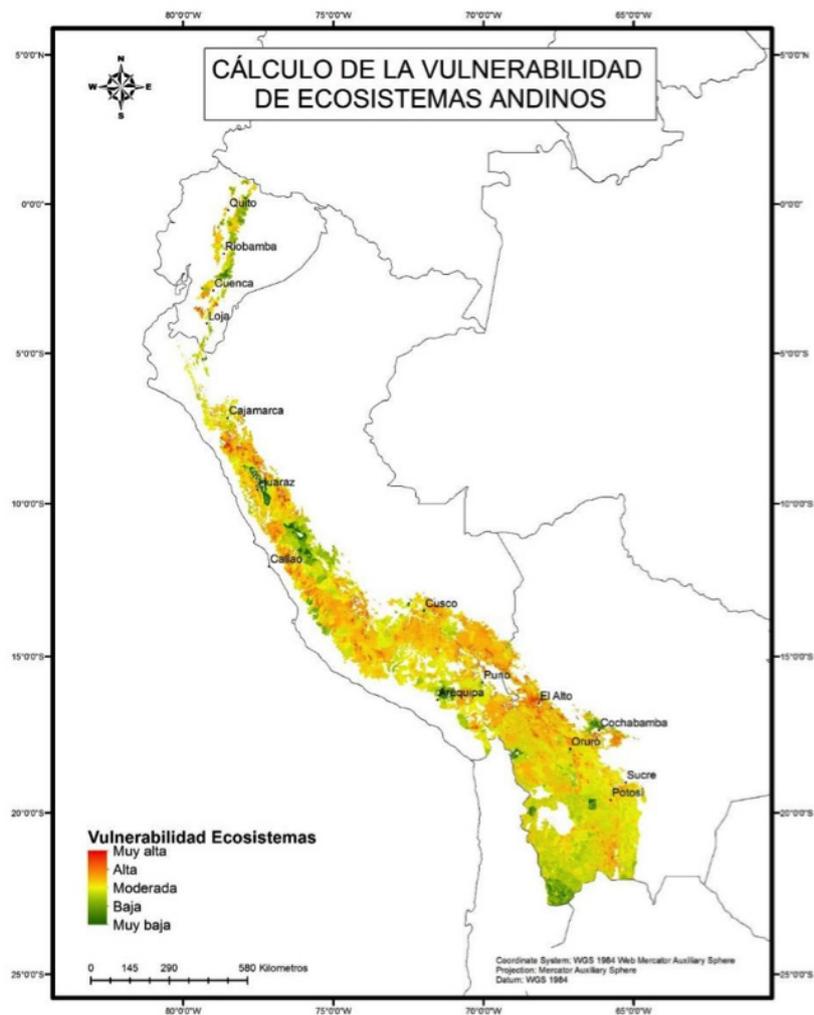


Figura 20: Resultado del análisis de vulnerabilidad de los ecosistemas altoandinos. Fuente: CIIFEN (2014b)

7) Adopción de medidas en políticas públicas

Uno de los aspectos destacables en este trabajo fue la estrecha **relación** que se forjó entre los **equipos técnicos** por **países**, pues desde la fase de solicitud de información, presentación metodológica, validación, ponderaciones y presentación de resultados, se ha mantenido el contacto entre los equipos de varias instituciones y centros. Así, muchas de las **medidas** que se han visto oportunas **adoptar** a distinta escala (técnica, ministerial, liberación de información), se han podido generar desde las mismas instituciones al contemplarse algunas carencias. Así mismo, se ha generado un nexo imprescindible, principalmente, entre equipos técnicos de instituciones que comparten una gran realidad, en este caso, en pro de los ecosistemas prístinos de las cotas más altas de los Andes.

El análisis de vulnerabilidad permitió a las autoridades ambientales de Bolivia, Ecuador y Perú identificar con mayor detalle los factores que contribuyen a incrementar la susceptibilidad de los ecosistemas andinos y localizar las áreas de mayor prioridad. Con estos insumos, se revisaron las **políticas** de **gestión del territorio** y políticas por país ligadas al **cambio climático**. Posteriormente se identificaron los puntos dentro de las **políticas** y **estrategias** nacionales en cambio climático y biodiversidad para su fortalecimiento.

Los insumos del estudio y la información disponible en la plataforma de visualización fueron presentados en foros nacionales realizados en las ciudades capitales de los tres países: Quito, Lima y La Paz. Estos espacios permitieron una mejor conexión de los responsables de las **políticas públicas**, con los sistemas de información provistos en beneficio de la gestión de los ecosistemas y la adaptación al cambio climático en cada uno de los países.

8) Lecciones aprendidas

Un limitante en la gestión de los resultados del análisis fue el no contar con un equipo

especializado en políticas públicas que pudiera generar las condiciones de **incidencia política**.

Uno de las prioridades en la **información** es la **actualización**. Para ello, se buscó vincular la plataforma informática del proyecto y su base de datos con los portales informáticos de los organismos nacionales relacionados con el tema en los tres países involucrados en el proyecto, de forma que los usuarios de dichos portales puedan tener una referencia directa de la existencia de la plataforma informática del CIIFEN y puedan acceder a los datos y la información de forma directa.

Se precisa un buen equipo de comunicación para una labor sostenida y eficiente de **difusión de los resultados de los estudios y la plataforma de información existente**. La sostenibilidad de este esfuerzo es un reto que debe ser manejado desde el inicio de la intervención.

f. Caso de estudio 6. Ámbito de la gestión de riesgos: Análisis de vulnerabilidad ante inundaciones en las cuencas binacionales Suches-Titicaca (Bolivia-Perú) y Catamayo-Chira (Ecuador-Perú)

1) Contexto

La región andina, localizada en el Oeste de Sudamérica, se encuentra expuesta a la constante amenaza de eventos hidrometeorológicos y climáticos extremos que alteran tanto ecosistemas como medios de vida y desarrollo socioeconómico. Los fenómenos naturales como inundaciones, sequías, olas de calor y deslizamientos, entre otros, representan amenazas evidentes para población y ecosistemas, siendo estos fenómenos alterados por la actividad antrópica por lo que no siempre responden a la lógica de la naturaleza. Los eventos más recurrentes y de mayor impacto son los cambios bruscos de la temperatura, las sequías, las lluvias torrenciales y los deshielos¹⁵².

¹⁵² CIIFEN (2017)

Frente a estas evidencias, el Programa Regional Andino para el Fortalecimiento de los Servicios Meteorológicos, Hidrometeorológicos, Climáticos y el Desarrollo (PRASDES) tuvo como objetivo contribuir a la actividad humana sostenible. Para llegar a ello, apuntó a la reducción de la vulnerabilidad ante amenazas relacionadas con el clima a largo plazo a partir del uso eficiente e intercambio de información hidrológica, meteorológica y climática entre los países e instituciones de la región andina. PRASDES contó con el financiamiento del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia (MAEF) y fue implementado por CIIFEN.

Una de las estrategias empleadas en la implementación de PRASDES para el logro de sus objetivos, fue la implementación de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) en cuencas transfronterizas Catamayo Chira y Suches Titicaca, apoyado por un análisis de vulnerabilidad. El análisis desarrollado constituyó una herramienta para la selección de áreas de implementación de acciones en el territorio de las cuencas, y la correcta selección y ejecución de acciones para la reducción de riesgo ante inundaciones.

En este contexto, a la búsqueda de la reducción del riesgo se sumaron la interacción entre organismos, autoridades e instituciones de respuesta y miembros de la comunidad entre países, de manera articulada y siguiendo procedimientos consensuados.

Como resultado de esta experiencia se tuvo el desarrollo de distintos SAT en las cuencas binacionales desde Colombia a Bolivia siguiendo el eje de la cordillera andina: SAT de Querecotillo, SAT de Zapotillo, SAT de Catamayo-Chira y el SAT de Escoma (Suches-Titicaca).

2) Sujeto de análisis

Considerando los distintos espacios en donde se implementaron los SAT, uno de los pasos iniciales fue la identificación de las **vulnerabilidades de la población y medios de vida frente a eventos hidrometeorológicos y climáticos extremos**. Para este efecto se realizó una

caracterización del territorio de las cuencas en las áreas fronterizas de los países. Dada la naturaleza y propósito de los SAT (brindar a la población información oportuna y anticipada que permita una adecuada respuesta ante un evento de inundación). Los sujetos de análisis fueron la población y sus medios de vida.

3) Estimación de las amenazas

Los **pronósticos hidrometeorológicos y climáticos** fueron la base para la identificación de la amenaza principal en las cuencas, apoyaron al funcionamiento cada uno de los SAT.

Posteriormente se desarrollaron **mapas** de riesgo frente a **inundaciones** en las cuencas, con el fin de identificar las zonas propensas a lluvias intensas o avenidas con la amenaza de **inundaciones**. Este proceso fue realizado con la experiencia de las comunidades en procesos comunitarios en los sitios de implementación, y estudios técnico-científicos, donde destaca la modelación hidráulica desarrollada en el proyecto a partir de metodologías adaptadas del Instituto Meteorológico de Finlandia (FMI), el Instituto de Medio Ambiente de Finlandia (SYKE) con el apoyo del Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD).

La información generada fue corroborada a través de modelaciones hidráulicas (caso Suches Titicaca), y ajustada con información histórica recopilada en el territorio y modelos digitales de alta resolución. Véase *las figuras a continuación*:

pertenece a la cuenca binacional de Catamayo-Chira. Es un territorio dedicado principalmente a la agricultura, siendo un espacio muy expuesto a las inundaciones por las subidas del río Chira y las quebradas asociadas. La cuenca está regulada por la represa de Poechos, la cual almacena y distribuye los excedentes de agua del río permitiendo gran desarrollo agrícola. A pesar de ello, la represa también plantea una problemática: la excesiva sedimentación¹⁵³ y por tanto la disminución de la capacidad de almacenamiento de la misma. Esto le otorga gran vulnerabilidad a los habitantes de la zona y sus actividades, existiendo una importante amenaza ante eventos de precipitaciones intensas como los derivados del Fenómeno de El Niño.

Salitral se encuentra ubicado en la provincia de Sullana, en el departamento de Piura del Perú, perteneciente a la cuenca binacional de Catamayo-Chira compartida con Ecuador. El comportamiento del río está regulado por la represa Poechos, la cual forma parte de un sistema hidráulico que almacena y distribuye los excedentes de agua, dándole gran impulso a la agricultura. No obstante, la presa sufre grandes problemas de sedimentación, por lo que la capacidad de almacenamiento se ve reducida, hecho que se ve agravado con los eventos de precipitaciones intensas, principalmente durante los eventos del Fenómeno de El Niño, subiendo el caudal de los cauces, aumentando la erosión en zonas de alta erosión, trayendo consigo grandes cantidades de sedimentos que agravan la capacidad y estado de la represa. Según el Mapa de pobreza del Perú (INEI 2015), el 25% de la población está bajo el umbral de la pobreza. Además, según datos del Instituto Nacional de Estadística, el 25% de la población no tiene acceso al agua, población a la que se le suma un 45% que no tiene seguro hospitalario público o privado.

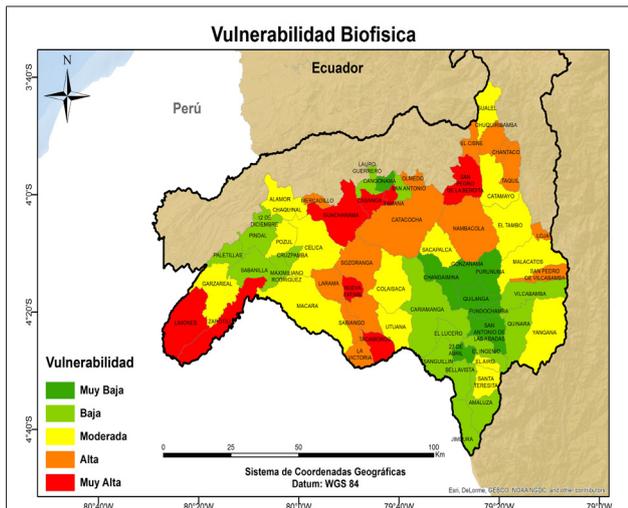
¹⁵³ Sedimentación: proceso de asentamiento de la materia en suspensión en el agua, proveniente de la acción de fenómenos meteorológicos que ocasionan la erosión del suelo (principalmente, precipitaciones y vientos). Este material, o sedimentos, se deposita en el fondo de un río, una llanura, un embalse, un canal artificial, etc.; CIIFEN (2017)

Zapotillo es una parroquia ubicada en el cantón que lleva el mismo nombre, en la frontera sur del Ecuador, perteneciente a la provincia de Loja y ubicada en la cuenca binacional de Catamayo-Chira. Es un territorio dedicado principalmente a la agricultura (un 30% de la población en edad de trabajar). El paisaje lo conforma un relieve plano y suelos inestables debido a la deforestación, ligándose por tanto a procesos erosivos constantes, fácilmente removibles en un espacio altamente expuesto a las inundaciones. Las inundaciones provienen de los eventos de precipitaciones intensas y periódicas, provocando el desbordamiento del río Catamayo y sus principales afluentes y quebradas de forma recurrente. Según el Instituto Nacional y Censos del Ecuador (INEC), la parroquia presenta un nivel de pobreza por necesidades básicas insatisfechas del 75%.

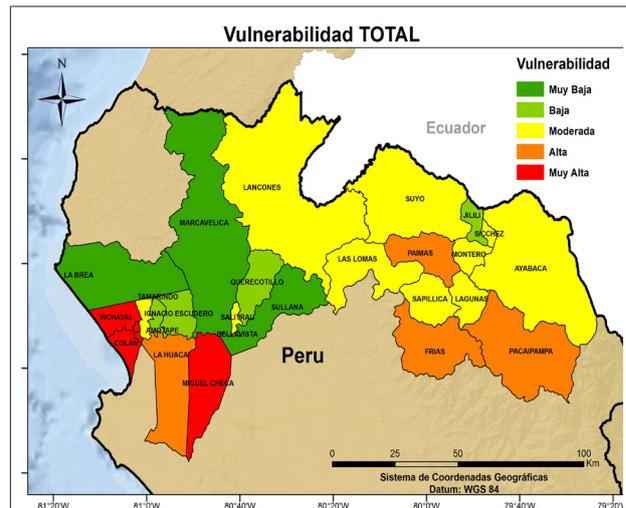
Escoma, es un municipio situado en la provincia Eliodoro Camacho, perteneciente al departamento de La Paz en Bolivia, dentro de la cuenca de Suches-Titicaca entre Perú y Bolivia. Su territorio es susceptible a heladas y sequías, afectando de distinta manera a la actividad principal, la agricultura, a la que se dedica un 70% de la población en edad de trabajar. Las inundaciones se dan con una frecuencia de uno o siete años, y se caracterizan por su alta intensidad, ocasionando daños a cultivos e infraestructuras. En Escoma, según el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE), se estima que un 84% de la población enfrenta algún tipo de deficiencia relacionada con las necesidades básicas, ya sea por el tipo de vivienda, acceso a red pública de alcantarillado, agua potable o educación.

5) Estimación de la vulnerabilidad

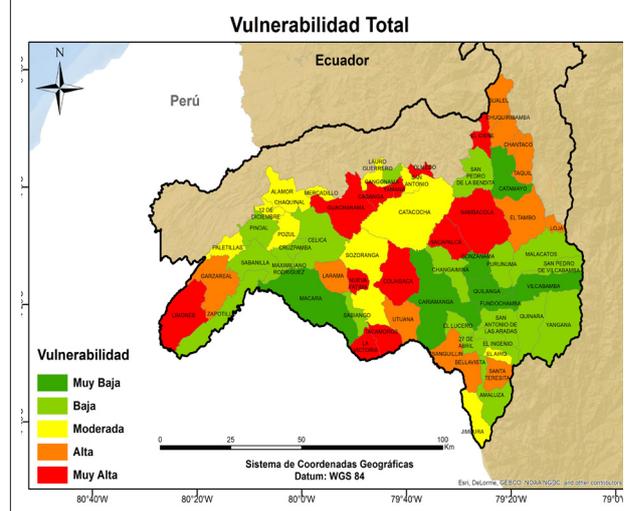
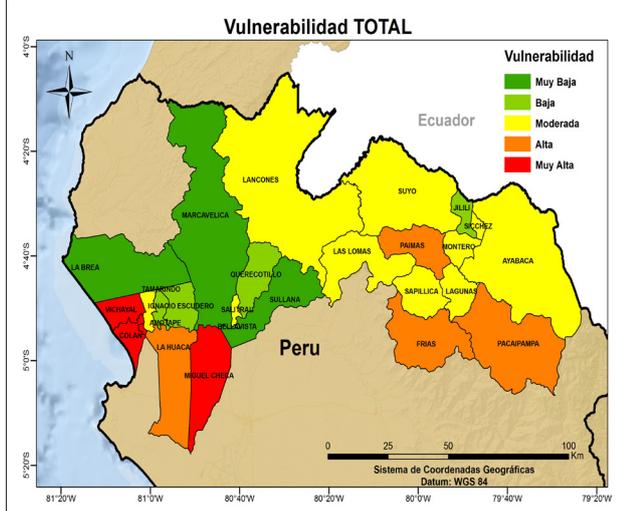
La estimación de la vulnerabilidad de ambas cuencas consideró aspectos biofísicos y socioeconómicos, sin embargo para determinar las áreas de implementación del SAT, se privilegiaron los aspectos biofísicos, por considerarse que son estos los que más estimulan o atenúan los efectos de las inundaciones. Por otra parte, los



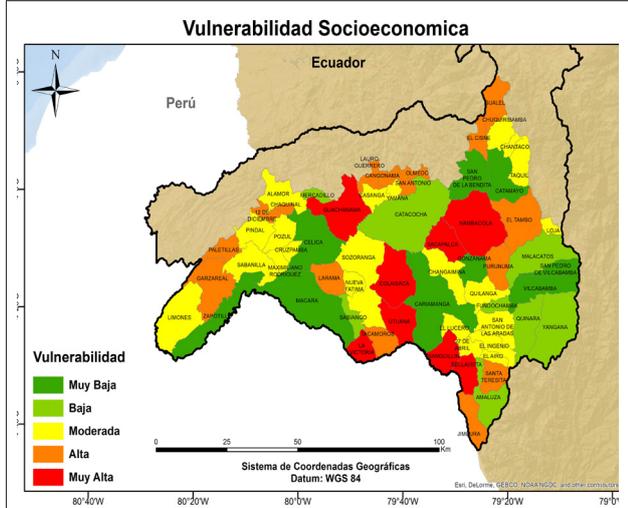
Vulnerabilidad socioeconómica de la cuenca Catamayo – Chira (Perú)



Vulnerabilidad total cuenca Catamayo – Chira (Ecuador)



Vulnerabilidad socioeconómica de la cuenca Catamayo – Chira (Ecuador)



Vulnerabilidad total cuenca Catamayo – Chira (Perú)

7) Medidas de adaptación y acciones para la gestión territorial

Durante el proceso se evidenció que para garantizar la correcta activación del SAT debería existir un adecuado flujo de información entre las instituciones y los países, a fin que puedan desarrollar acciones conjuntas óptimas. En este sentido dentro de las acciones generadas se tuvo la articulación entre instituciones y la comunidad a través de mecanismos de respuesta.

Con el fin de garantizar que las comunidades expuestas a eventos hidrometeorológicos y climáticos extremos tengan una respuesta óptima ante distintos eventos, es indispensable contar con información precisa, pertinente y oportuna, tanto de la componente climática como de la información referente a los datos

socioeconómicos y ambientales. En este sentido, uno de los aportes generados por el proyecto viene dado por el modelo hidráulico desarrollado para la cuenca del Suches.

Considerando que el SAT tiene como objetivo central orientar de forma oportuna y anticipada la acción de las comunidades ante inundaciones, es decir, las acciones de respuesta, se desarrollaron actividades como las anotadas a continuación:

- Construcción de protocolos de respuesta con instituciones nacionales, autoridades locales y organismos de primera respuesta
- Capacitaciones en gestión de riesgo lideradas por las entidades rectoras de la gestión de riesgo en Perú, Ecuador y Bolivia.
- Instalación de señalética, elaborada de acuerdo a la normativa vigente en cada país, y de acuerdo a los sitios designados en los mapas locales de riesgo de inundaciones
- Desarrollo de 4 simulacros en zonas afectadas por inundaciones en Querecotillo, Salitral, Zapotillo y Escoma, con la participación de autoridades locales, instituciones regionales, líderes comunitarios y unidades educativas.

8) Lecciones aprendidas

A continuación, se exponen las **lecciones aprendidas por territorios en primer lugar y a nivel general posteriormente**. Así, las medidas y lecciones aprendidas según el fin que se persigan, van a ser específicas, aunque similares entre los distintos análisis. Cada una de las lecciones y medidas se caracteriza por unos matices propios según el sujeto de análisis, foco y objetivos como se ha ido viendo en el desarrollo del documento.

Lecciones aprendidas por territorios:

Querecotillo (Perú):

- La participación del Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología (SENAMHI) permitió una **optimización** de la gestión

de los **roles**, llevando a que la **población identificara** su **labor** y su importancia en la implementación del SAT.

- El **involucramiento** de la **población** y técnicos municipales en el proceso de implementación del SAT promovió que estos se identificaran con el proceso de gestión de riesgos a nivel comunitario. Esto potenció la intervención local y su acercamiento a las autoridades locales y, por tanto, contribuye a la sostenibilidad del SAT.

- La **comunicación** y el trabajo participativo con la comunidad fueron fundamentales para el éxito del proceso de implementación del SAT.

- Es necesaria una **ordenanza municipal** para el **manejo** de desechos sólidos, debido a los problemas ocasionados por el mal manejo de la basura por parte de la población y las empresas privadas, lo que obstruye quebradas y canales y, por tanto, agrava el impacto de las inundaciones.

- Para que las brigadas constituidas durante el desarrollo de acciones de respuesta sigan apoyando al municipio de Querecotillo, es importante oficializarse mediante ordenanza municipal.

- Es necesario gestionar el aumento de banda ancha del Internet municipal, para facilitar el acceso a la plataforma SAT-GEO¹⁵⁴ como geoportal con las herramientas de alerta para una toma de decisiones rápida y eficiente. En el SAT entre otras funciones se monitorea en línea todos aquellos acontecimientos hidrometeorológicos remarcables.

- Para fortalecer el SAT implementado, es recomendable contar con sensores electromecánicos que emitan una alerta en el momento en que el nivel de agua supere el establecido en las quebradas, ya que las inundaciones en el distrito municipal de Querecotillo se relacionan

¹⁵⁴ SAT-GEO –Catamayo; http://181.198.20.219/sat_geo/

¹⁵⁵ CIIFEN (2017b)

con la activación de caudales de distinto volumen en quebradas y su desborde como consecuencia, las cuales no cuentan con un monitoreo¹⁵⁵.

Escoma (Bolivia):

- Es fundamental comprender y respetar el contexto cultural del territorio tanto por sus conocimientos locales y ancestrales, en este caso de la comunidad aymara del altiplano boliviano, como por la complejidad comunicativa. Por tal motivo, contar con equipo técnico que hable aymara y traduzca la información provista por los equipos técnicos que permita una retroalimentación y participación fundamental de la comunidad en los distintos talleres, estableciéndose un cronograma preciso en el desarrollo de actividades.

- Es de suma importancia generar espacios en los que todos los miembros de la comunidad puedan participar y aportar su experiencia y conocimiento, otorgando a su vez un enfoque de género, potenciando los roles de la mujer en las comunidades.

- En cuanto al manejo y procesamiento de información técnica se precisa el acompañamiento de técnicos de los Servicios Meteorológicos Nacionales, esto además de posibilitar la implementación adecuada del SAT, crea vínculos esenciales para su buen funcionamiento.

- El desarrollo de una estrategia municipal de gestión de riesgos y la inclusión de instituciones y comunidad en la estructura organizativa del municipio es fundamental para la implementación y gestión del SAT.

- Se requieren ajustes de los umbrales establecidos para la emisión de alertas de forma periódica, ya que el comportamiento de los ríos es dinámico, variando por sedimentación e infraestructuras, capacidades y estado¹⁵⁶.

Zapotillo (Ecuador):

- La participación activa de la población fue fundamental, ya que permitió sustentar y completar el trabajo técnico realizado de acuerdo con la realidad del territorio.

- El apoyo técnico de la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) y el compromiso del gobierno autónomo parroquial de Zapotillo fueron determinantes en el diseño del protocolo de respuesta y en el éxito de la ejecución de los simulacros.

- El ejercicio de simulacros fortaleció la gestión de riesgos de inundaciones en la parroquia de Zapotillo, lo que contribuirá a reducir sus impactos.

- Es necesario fortalecer los vínculos entre los organismos de respuesta, para garantizar una mejor respuesta en caso de inundaciones.

- Los guiones, formulados de acuerdo con el protocolo general para Ecuador y corregidos según los resultados de las evaluaciones de los simulacros, constituirán la base para la construcción de un protocolo local de respuesta ante inundaciones, que considere las particularidades de la parroquia de Zapotillo.

- Los sensores electromecánicos que emiten alarmas automáticas son el medio de alerta óptimo para sitios que soportan crecidas súbitas. Estos permiten que los miembros de la comunidad ejecuten las primeras acciones de respuesta, antes de recibir la alerta oficial por parte de los organismos nacionales.

- Es necesario que los sensores instalados en los barrios Miraflores y Lalamor sean calibrados a partir de un estudio hidrológico de la cuenca y un estudio hidráulico del río Catamayo en la

157 Ámbito de acción Zonal 7 de la Secretaría de Gestión de Riesgos del Ecuador

158 <http://www.foragua.org/>

159 CIIFEN (2017c)

zona de la parroquia de Zapotillo. Estos permitirán ajustarlos de acuerdo con rangos de medición más confiables.

- Es fundamental que el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del Municipio de Zapotillo, la SGR Z-7¹⁵⁷ y el Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI) inicien un acercamiento a los administradores de la represa Poechos, ya que es importante incluir información sobre la apertura y cierre de las puertas de la represa en el protocolo de respuesta.

- Para fortalecer el monitoreo de amenazas hidrometeorológicas y climáticas en la cuenca Catamayo, es necesario dar seguimiento al convenio operacional establecido entre las partes involucradas; en este caso la Secretaría del Agua¹⁵⁸ (SENAGUA), la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), el INAMHI, la SGR Z-7, el Fondo Regional del Agua (FORAGUA) como alianzas público-privadas, el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN) y el GAD Municipal de Zapotillo¹⁵⁹.

Salitral (Perú):

- La participación del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) permitió que la población identificara su labor y su importancia en la implementación del SAT.

- El involucramiento de la población y los técnicos municipales en el proceso de implementación del SAT contribuyó a que estos se identificaran con el proceso de gestión de riesgos a nivel comunitario. Esto potenció la intervención local y su acercamiento a las autoridades locales y, por tanto, aseguró la sostenibilidad del SAT.

- La comunicación y el trabajo participativo con la comunidad fueron fundamentales para el éxito del proceso de implementación del SAT.

- Es necesaria una ordenanza municipal para el manejo de desechos sólidos, debido a los problemas ocasionados por el mal manejo de la basura por parte de la población y las empresas privadas, lo que obstruye quebradas y canales y, por tanto, agrava el impacto de las inundaciones.

- Para que las brigadas constituidas durante el desarrollo de acciones de respuesta sigan apoyando al municipio de Salitral, es importante su formalización mediante ordenanza municipal.

- Es necesario gestionar el aumento de banda ancha del Internet municipal, para facilitar el acceso a la plataforma virtual SAT-GEO como infraestructura web para visualizar a tiempo real las amenazas.

- Para fortalecer el SAT implementado, es recomendable contar con sensores electromecánicos que emitan una alerta en el momento en que el nivel de agua supere el establecido en las quebradas, ya que las inundaciones en el distrito municipal de Salitral también se relacionan con la activación de flujos hídricos de distinto carácter en quebradas, las cuales no cuentan con un monitoreo¹⁶⁰.

A nivel general, las lecciones aprendidas fueron las siguientes:

Identificar los actores locales a través de un mapeo de actores facilitó la puesta en marcha de acciones en un territorio. Así, si bien durante la fase de reconocimiento y socialización en territorio se identificaron a los actores clave a nivel de la cuenca, una vez que las áreas de implementación del SAT fueron definidas, se hizo necesario reconocer a los actores locales que contribuyen o influyen con el proceso de manera indirecta. Este es un punto que fue muy importante para la sostenibilidad y el correcto funcionamiento y eficiencia del SAT.

¹⁶⁰ CIIFEN (2017d)

La elaboración de los mapas locales de riesgo ha sido una tarea adicional a los análisis de vulnerabilidad y complementaria en varios de los estudios desarrollados por el CIIFEN. Generar dichos mapas fue esencial para la planificación de la respuesta ante inundaciones, ya que permite localizar las zonas inundables y, por tanto, las zonas seguras y la ubicación de albergues existentes, así como las posibles rutas de evacuación y puntos de encuentro.

La toma de decisiones de las autoridades se facilitó con herramientas de visualización distintas que permitan integrar y compartir información y, por ende, alertar a la población sobre una emergencia con la suficiente anticipación, como por ejemplo la aplicación web SAT-GEO.

Una de las apreciaciones para mantener el diálogo e interacción constante es mantener el contacto entre un miembro del equipo implementador con la comunidad y actores locales. De esta manera se genera la confianza y se facilita participación de la comunidad en acciones de implementación.

Los representantes de las instituciones involucradas deben mantener una presencia continua en el territorio, promoviendo la apertura por parte de la comunidad, así como mantener reuniones periódicas entre autoridades nacionales, regionales y locales, SMHN y comunidades que forman parte del SAT para optimizar el mismo.

De los puntos de mayor incidencia local son los medios de comunicación, por lo cual se sugiere incluir a los medios locales, radio y televisión, tanto como mecanismo de difusión de información como para involucrar a la población de forma activa en el proceso de implementación de un SAT.

Capacitación continua de los actores por parte de las entidades oportunas y actualización continua de los documentos técnicos¹⁶¹.

5. Potenciales problemáticas y consideraciones especiales

a. La participación comunitaria: una herramienta clave para el análisis de vulnerabilidad

Conocer la vulnerabilidad de un territorio, su entorno biofísico, social, económico y cultural es un proceso integral que involucra a actores de todos los niveles de la sociedad. La participación comunitaria constituye una herramienta clave para el desarrollo del análisis, dado que son las poblaciones quienes conocen de manera más cercana su realidad, interactúan con ella y crean mecanismos que permiten adaptarse dentro de sus posibilidades, a los probables embates del clima sobre sus recursos y, principalmente, sobre sus medios de vida.

Una comunidad, conocedora de la dinámica y manifestación de las amenazas naturales existentes en su territorio, es una comunidad que podrá gestionar sus riesgos de mejor manera e incrementar su capacidad de respuesta. Por tanto, su involucramiento en la etapa de diseño, planificación, implementación y seguimiento del proceso de construcción de un estudio de vulnerabilidad es de gran importancia.

Una herramienta importante para garantizar la participación comunitaria es el desarrollo de mapas parlantes, donde la comunidad puede identificar la problemática del territorio de manera espacial, logrando, además, con este tipo de ejercicios, la interacción de diferentes actores de la comunidad en un mismo espacio, lo que permite:

- Una comunidad involucrada en el proceso
- Población informada
- Articulación de actores locales
- Visión holística de su realidad

Los mapas parlantes permiten también identificar las zonas de mayor exposición dentro de la comunidad, así como identificar

¹⁶¹ CIIFEN (2017)

los recursos disponibles para responder ante la ocurrencia de las amenazas identificadas (variabilidad climática y cambio climático).

b. Mapeo de actores, ¿Por qué su importancia?

El mapeo de **actores** identifica a los actores, sus roles, funciones y niveles o relaciones predominantes de poder dentro una estructura social en un territorio dado, con el objeto de definir estados de afinidad o confianza o, en su defecto, de oposición o conflictividad frente a una acción, obra, proyecto o plan a ejecutar, así como también para conocer la capacidad de los actores para facilitar o limitar los mismos.

La estructura social en un territorio se percibe a través de los representantes de asociaciones comunitarias, asociaciones de productores, gobiernos locales y regionales, instituciones públicas con presencia local, empresas privadas, la academia, agencias o centros que brindan información científica, centros de enseñanza y miembros de la sociedad civil, que simplemente viven en dicho territorio.

Una estrategia inicial para la construcción del mapa de actores son los talleres participativos, en donde, por su propio accionar, pueden ser identificados algunos actores clave o líderes comunitarios. En estos talleres también se obtienen algunos insumos que ayudan al mapeo, como son los listados de invitados, entrevistas a actores clave identificados y encuestas elaboradas con este propósito. Estos talleres, además de orientarse al mapeo de actores, también sirven para conocer las percepciones de los participantes locales en relación a los cambios del clima, sus impactos en las actividades cotidianas y conocer detalles de los sitios y épocas del año en los que estos impactos son más frecuentes y/o severos. Todos estos insumos ayudan en la validación y comprensión de los análisis de vulnerabilidad, por lo que para tener una mejor comprensión de estas situaciones, las convocatorias deben asegurar la diversidad de género, edad y actividad.

Con todos los insumos rescatados en los

talleres, más aquellos obtenidos de fuentes secundarias, se realiza el mapeo de actores con la determinación de funciones y roles de cada uno de ellos, sus relaciones sociales y redes existentes determinando a partir de ellas, las relaciones predominantes y de poder.

Finalmente, con el análisis de todo el andamiaje social, se establece el sociograma que muestra el tejido social partiendo de los actores, relacionamientos afines o conflictivos. Este sociograma constituye la materia prima para la toma de acciones que coadyuven a neutralizar situaciones conflictivas y fortalecer aquellas favorables al objetivo de una acción, obra, proyecto o plan a ejecutar. En el caso de un plan de adaptación al cambio climático, el mapeo de actores y el sociograma generado, permiten enrumbiar en mejor forma las medidas de adaptación que se propongan y asegurar su sostenibilidad.

Los **actores retroalimentan y participan** en el flujo de acción entre las entidades científicas, gobierno o instituciones de divulgación y aplicación, de manera que toda estrategia final de adaptación o mitigación se integre con la realidad del espacio, su población y sistemas económicos, ecosistémicos y organizacionales con los que conviven. A continuación, en la figura 25, se expone un ejemplo de las interrelaciones entre actores definidas durante un estudio en un área de la provincia del Guayas, Ecuador:

SOCIOGRAMA DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN FAUNÍSTICA MANGLARES DEL SALADO

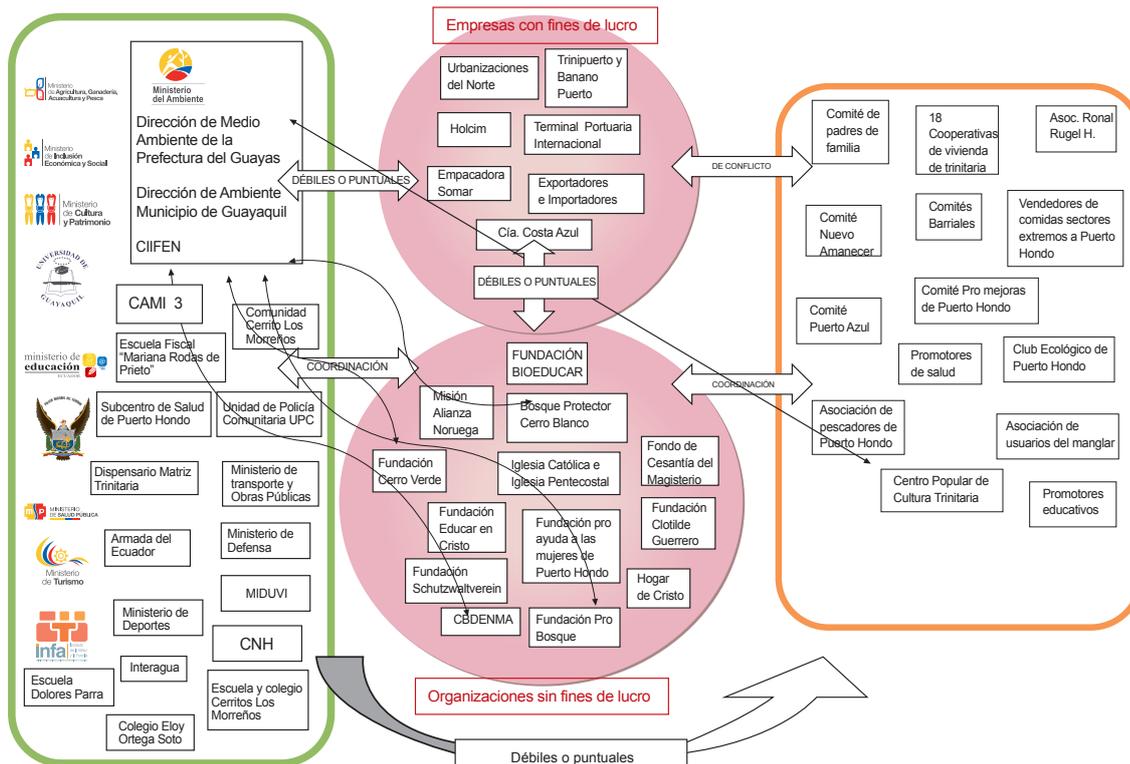


Figura 25: Ejemplo de Mapeo de actores: Caso de Estudio 1 Reserva de Producción Faunística El Salado

CIIFEN, 2012

c. Desafíos de la estimación de la vulnerabilidad y el riesgo y retos pendientes

Partiendo de los análisis de vulnerabilidad, el trabajo con los actores y los esfuerzos de coordinación, dos cuestiones muy comunes que surgen son:

¿Cómo desarrollar estrategias tangibles y sostenibles a largo plazo desde sectores con capacidades limitadas? y

¿Cómo comunicar a los gobiernos la problemática para que puedan desarrollarse planes de acción óptimos?

A continuación, los desafíos pendientes y algunas reflexiones

- El cambio climático exagera los problemas derivados del escaso ordenamiento territorial, la gestión de riesgo y el manejo ambiental, afectando finalmente el desarrollo. Es recomendable diseñar una estrategia

de adaptación al cambio climático que incluya, de forma específica y práctica, los ejes del desarrollo sostenible y el fortalecimiento de la gestión de riesgo al clima presente.

- Las autoridades y el personal técnico de los distintos entes involucrados, como instituciones académicas, necesitan caracterizar y entender los efectos del cambio climático en sus ciudades o áreas vecinas, así como dar seguimiento a la evolución de la vulnerabilidad y su íntima relación al crecimiento no ordenado y sin planificación.
- Frente a la realidad del cambio climático debe contarse con instrumentos de políticas públicas y planificación de mediano y corto plazo, que prevalezcan a los ciclos políticos de los periodos de gobierno.
- Una gestión en torno al cambio climático demanda de la **participación de múltiples actores** y del liderazgo

162 Gestión de Riesgo y Cambio Climático <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> (último acceso marzo de 2017)

político de las autoridades locales. En muchos casos no se cuenta con una asignación presupuestaria adecuada, por lo que debe ser un esfuerzo multisectorial liderado por las autoridades correspondientes y con alternativas en el caso de no contar con asignaciones presupuestarias.

- Los distintos entes político-administrativos requieren **agruparse o asociarse para compartir recursos de información, técnicos** en la medida de lo posible, **y proyectos de interés común**. En Latinoamérica esta tarea puede apoyarse en mecanismos técnicos intergubernamentales existentes en la región y sus políticas sectoriales comunitarias.

- Los **Planes de Adaptación** deben tener una métrica basada en **indicadores de gestión** verificables y contar con veedurías ciudadanas, entre otros instrumentos y mecanismos de participación social.

- Las **unidades de gestión ambiental**¹⁶² de las distintas entidades político-administrativas necesitan ser capacitadas, no solo en la implementación de proyectos, sino en toda su gestión; desde su diseño y elaboración hasta su monitoreo y seguimiento, así como en estrategias de financiamiento.

- Las **iniciativas locales** deben **involucrar** a todos los **actores**, desde su formulación, afinamiento, implementación, monitoreo y seguimiento.

- Las autoridades locales deben apoyarse en la **juventud**, las mujeres, entre otros subgrupos de las mismas comunidades, como los agentes de cambio para construir **resiliencia**, conciencia ambiental y líderes presentes y futuros de la comunidad.

- Se debe promover y fomentar una

buena gobernanza a través de **alianzas estratégicas**, la aplicación de innovación tecnológica y el acceso a información entre los gobiernos locales y municipales con el sector privado, las universidades y otros centros académicos científicos, los medios de comunicación, las ONGs y la población en general.

- Las regiones, ciudades y pueblos necesitan **repensar** sus **patrones de desarrollo** y de calidad de vida para fomentar la conservación de ecosistemas funcionales que provean sus servicios agua y aire puro, espacios verdes y recreativos y que cuenten con zonas de amortiguamiento con zonificación y normas para el cumplimiento de usos de suelo apropiados.

d. Vinculación de análisis de vulnerabilidad con la planificación territorial

En el caso que los impactos superen el límite de la capacidad natural de respuesta / adaptación a las amenazas externas, y ante los probables impactos futuros, **las medidas a desarrollarse deberán ser planificadas multisectorialmente, a través de medidas o políticas públicas específicas.**

Con base en los resultados obtenidos de los estudios de vulnerabilidad frente a la variabilidad climática y el cambio climático se pueden establecer **prioridades geográficas y sectoriales** de intervención dentro de las estrategias de adaptación, favoreciendo los factores que incrementen la capacidad adaptativa y logrando un equilibrio entre las actividades económicas de los distintos

¹⁶³ Contribución a metas seleccionadas del ODS 13 Acción por el clima: 1. "Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países"; 2. "Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales"; 3. "Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional en relación con la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana". (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/0>)

¹⁶⁴ Contribución a la meta seleccionada del ODS 17 Alianza para el logro de los objetivos: "Promover el desarrollo de tecnologías ecológicamente racionales y su transferencia, divulgación y difusión a los países en desarrollo en condiciones favorables, incluso en condiciones concesionarias y preferenciales, por mutuo acuerdo" (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/globalpartnerships/>)

sectores sociales y económicos, el hábitat y las actividades sociales que se demandan.

Muchas de estas medidas deben **encomendarse** a los **gobiernos** en sus distintas escalas, pero la construcción de la resiliencia debe integrar a los actores, incrementar sus capacidades de respuesta y gestionar el territorio para reducir la vulnerabilidad mientras se fomenta el desarrollo.

e. Vinculación de análisis de vulnerabilidad con las estrategias de adaptación al cambio climático

Los análisis de vulnerabilidad permiten identificar los factores que desde lo social, económico, ambiental o la gobernanza, contribuyen a construir la vulnerabilidad. Las estrategias de adaptación deben conjugar acciones que reduzcan esta condición de la forma más eficiente, sin limitar las posibilidades del desarrollo sostenible y maximizando los factores de gobernanza que incrementen la capacidad adaptativa. Los indicadores que se obtienen de los análisis de vulnerabilidad pueden con ciertos ajustes o combinaciones convertirse en indicadores de las acciones de adaptación y apoyar su manejo a mediano y largo plazo.

6. Los retos pendientes y los próximos pasos

El Plan Estratégico del CIIFEN considera las líneas de acción de los recientes acuerdos globales de directa relevancia para el cumplimiento de nuestra misión:

1. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Agenda 2030), acordados en septiembre de 2015 por los Estados Miembros de las Naciones Unidas: las actividades del CIIFEN se enmarcan en

contribuir a las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)¹⁶³ y ODS 17.¹⁶⁴

2. El nuevo Marco de Sendai para la reducción de riesgos de desastres, acordado en abril de 2015: el compromiso del CIIFEN considera, igualmente, las prioridades 1 y 2 del marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.¹⁶⁵

3. El Acuerdo de París¹⁶⁶ sobre cambio climático aprobado por la Conferencia de las Partes en diciembre de 2015: el CIIFEN contribuirá al fortalecimiento de los sistemas de información climática en apoyo a la gestión de riesgo.

4. El Plan de Operaciones y Movilización de Recursos del Marco Global de los Servicios Climáticos¹⁶⁷ aprobado en octubre de 2016: el CIIFEN contribuye directamente a la prioridad 2 y 3 de su Plan de Operaciones.

5. La nueva agenda urbana adoptada en la Conferencia Internacional ONU-Hábitat III¹⁶⁸ (Quito – Ecuador, octubre de 2016): el CIIFEN aportará a incrementar la resiliencia de las ciudades frente al cambio climático.

En términos más específicos, la estrategia del CIIFEN demarca claras líneas de trabajo en los próximos años a fin de contribuir con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 13: Acción por el clima, fortaleciendo la resiliencia y capacidad adaptativa, así como la Prioridad 1 del Marco de Sendai: Comprender el riesgo de desastres. Es crítico dentro de las líneas de acción del CIIFEN, el fortalecimiento de la gestión de la información y, en este contexto, impulsar la integración del monitoreo y predicción de la amenaza climática con la del riesgo de desastres de origen hidroclimático en distintas escalas temporales y espaciales. Esto implica continuar mejorando nuestra comprensión, análisis y representación de la vulnerabilidad, la exposición e impactos en

165 Prioridad 1: Comprender el riesgo de desastres; Prioridad 2: Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo. (ver <https://www.unisdr.org/files/43291-spanishsendaiframeforadisasterri.pdf>)

166 Ver https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf

167 Ver http://www.wmo.int/gfcs/sites/default/files/implementation-plan/GFCS-IMPLEMENTATION-PLAN-%2014211_es.pdf

168 <http://habitat3.org/wp-content/uploads/A-CONF-226-L-3-Spanish.pdf>

diversos entornos territoriales en beneficio de las instituciones nacionales y locales de Latinoamérica y El Caribe.

Por otro lado, es necesario enfatizar la cooperación regional apoyando las plataformas para la reducción de riesgo de desastres y los foros climáticos nacionales, y fortalecer el rol de los Centros Regionales del Clima (CRC) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para contribuir con el cumplimiento de la Prioridad 2 del Marco de Sendai: Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres, el marco del Acuerdo de París y el plan de operaciones del Marco Global de Servicios Climáticos. Este trabajo, en redes, requiere vigorizarse en temas específicos que van desde lo científico a lo sectorial, cubriendo aspectos como los servicios climáticos prioritarios (reducción de riesgos de desastres, agricultura-seguridad alimentaria y recursos hídricos).

Los servicios climáticos orientados a la gestión de riesgo y adaptación demandan la consolidación del CIIFEN como Centro Regional del Clima, lo que implica, priorizar nuestra agenda científica desde una perspectiva estratégica que permita enfrentar los retos actuales del desarrollo, la prevención de desastres y contribuir con la adaptación al cambio climático.

De la estimación de la vulnerabilidad a la estimación de impactos

En el CIIFEN hemos dado pasos importantes para aproximarse a la comprensión de la vulnerabilidad frente a la variabilidad y el cambio climático. Este aprendizaje ha permitido integrar conocimiento científico, los saberes locales y las herramientas tecnológicas que permitan procesar piezas complejas de información. Esto ha implicado también explorar soluciones amigables, de código abierto y de acceso sin restricciones a mapas e información geoespacial que permita a los usuarios finales acceder a la información con facilidad, adoptar las metodologías sugeridas, perfeccionarlas o ajustarlas a sus necesidades en el territorio. Sin embargo, el CIIFEN está consciente de

que el reto de facilitar o simplificar al máximo las herramientas para el acceso y uso de la información que apoye la toma de decisiones, no significa de ninguna manera simplificar la complejidad de aproximarse a dimensionar y representar, espacialmente, la vulnerabilidad. Los contenidos de esta publicación evidencian la profundidad de la problemática que se trata de entender, analizar y mapear, a la vez que se presenta todos los componentes biofísicos, sociales, económicos, ambientales y de gobernanza que se procura integrar en unidades de análisis que permitan ver el territorio cual si fuese una tomografía en la que se pueden descubrir patrones o indicaciones para inferir la dinámica de los elementos que construyen vulnerabilidad más allá de la exposición.

Nada más peligroso que pretender simplificar el problema de los análisis de vulnerabilidad a una aplicación de tecnologías SIG, o una simple álgebra de mapas. Se necesita promover el uso de estas aproximaciones, pero por sobre todo, es fundamental contar con análisis serios, científicamente robustos que apoyen la toma de decisiones. Eso implica un gigantesco esfuerzo en los años venideros para **fortalecer capacidades teniendo como prioridad a los técnicos de los gobiernos locales, los planificadores del territorio y, por supuesto, los equipos de las entidades nacionales y sectoriales vinculadas con la gestión del riesgo** en los países de la región. Esto significa también para el CIIFEN movilizar recursos y apoyos para constituir una **red regional de expertos en vulnerabilidad climática** a partir de varias jornadas intensivas de capacitación, mediante talleres regionales, nacionales, webinars y, posteriormente, brindar apoyo mutuo a través de la tecnología para que más y más técnicos de la región puedan desarrollar en sus países, ciudades o comunidades, análisis de vulnerabilidad objetivos y sólidos que les permitan orientar mejor las decisiones en su respectivos niveles. Sistematizar todo el aprendizaje basado en la experiencia ha sido un primer paso, el siguiente durante los

próximos años será difundirlo y expandir esta red de expertos cubriendo todos los países de la región con la mayor cantidad de miembros.

Entonces, uno de los siguientes pasos y retos pendientes es consolidar en América Latina, esta **red regional de expertos en vulnerabilidad climática** que puedan, sobre la base de la experiencia, seguir profundizando su comprensión y, a su vez, asimilar los conocimientos expuestos en esta publicación para ponerlos en práctica a través de las herramientas disponibles en su diario quehacer institucional.

En el Plan Estratégico del CIIFEN 2017-2019 se ha contemplado lo que sería el siguiente paso en la necesidad de fortalecer la interacción ciencia-política en el ámbito de la gestión de riesgo climático: el prototipo de una herramienta que permita el **pronóstico basado en impactos**. Se ha iniciado en 2018 el trabajo de investigación y desarrollo, conjunto, por parte del equipo de servicios climáticos y de servicios geoespaciales. Se espera que, con la experiencia adquirida en los sistemas de información de vulnerabilidad, los elementos expuestos con alta resolución, gracias a la información satelital disponible, y la predicción climática que produce el CIIFEN, operacionalmente, a escala regional y los Servicios Meteorológicos, a nivel nacional, permita cumplir con este objetivo en los años venideros.

Como consecuencia de todo el trabajo realizado previamente, el CIIFEN podrá ofrecer en el futuro inmediato, una significativa contribución global en lo relacionado con la **formulación de indicadores robustos que permitan la medición de los avances hacia la consecución de las metas del Marco de Sendai** a nivel global, regional y nacional. Esto es posible, actualmente, gracias al conocimiento acumulado de las bases de datos disponibles en todo el mundo y, muy especialmente, en Latinoamérica y El Caribe, el aprendizaje que se ha tenido al confrontar indicadores de vulnerabilidad, exposición y capacidad de respuesta con los saberes locales e ir, poco a poco, diseñando indicadores robustos para desechar los más débiles o susceptibles a volverse inconsistentes con el tiempo.

¡Gracias! A todos los gobiernos, cooperantes, instituciones, autoridades, comunidades locales, científicos, expertos, medios de comunicación y público en general que han confiado en el CIIFEN. Tenemos frente a nosotros nuevos desafíos, un clima cambiante, cada vez menos predecible sumado al incremento de la vulnerabilidad y los requerimientos de apoyo en Latinoamérica y el mundo en desarrollo. Como en toda su historia, el CIIFEN seguirá haciendo camino al andar, por un mundo más resiliente y sostenible.

Bibliografía

Álvarez S., M. Bazurco, M. Burmester, C. González & P. Escobar (2004). Comunas y comunidades con sistemas de albarradas. Descripciones etnográficas Tomo 1.

Batjes, N.H. (2011): Global distribution of soils phosphorus retention potential. Wageningen. Report, World Soil Information (with dataset), ISRIC.

Birkmann, J., O. Cardona, M. Carreño, A. Barbat, M. Pelling, S. Schneiderbauer, S. Kienberger, M. Keiler, D. Alexander, and P. Zeil (2013): Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural Hazards*, 67(2), 193-211

Bradley, R.S., M. Vuille, H. Diaz, and W. Vergara (2006): Threats to water supplies in the tropical Andes. *Science*, 312, 1755-1756

Buytaert, W., R. Céleri,, B. De Bièvre,, F. Cisneros, , G. Wyseure., J. Deckers, y R. Hofstede (2006): Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews* 79:53-72.

Cavallaro. S., B.F. Nicosia, & P.J. Fontanero (2010): La cartografía ambiental como base para los estudios de planificación ecológica del territorio. *Rev. Asoc. Geol. Argent.* vol.66 no.4 Buenos Aires. P 481.

CIIFEN, INAMHI e INOCAR (2007): Información climática de amenazas hidrometeorológicas en las provincias costeras del Ecuador. Pp 24.

CIIFEN (2011): Estudio de vulnerabilidad frente al cambio climático de la RPF manglares el salado. USAID costas y bosques sostenibles. USAID-CIIFEN. Pp 111.

CIIFEN (2012): Manual de Buenas Prácticas para adaptación al Cambio Climático en zona costera. USAID – CIIFEN Pp 74

CIIFEN (2012b): Implementación de un sistema de información de vulnerabilidad sectorial de la provincia del Guayas frente al cambio y la variabilidad climática. Estrategia provincial de Cambio Climático. CIIFEN-Prefectura Guayas. Pp 166.

CIIFEN (2012c): Integración de los Criterios de Cambio Climático en la Conservación del Patrimonio Natural del Distrito Metropolitano de Quito. Pp 417.

CIIFEN. (2012d). Fase I: Diagnóstico. Vulnerabilidad social, económica y ambiental de la provincia del Guayas. Informe Técnico. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas. Dirección de Medio Ambiente. Guayaquil, Ecuador.

CIIFEN, (2014). Análisis de Vulnerabilidad Socio-Económica y Ambiental frente al Cambio Climático en la Cordillera Costera-Ecuador. Proyecto Enfrentando el cambio climático en la Cordillera Costera, Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, Guayaquil, Ecuador. Pp 74.

CIIFEN (2014b). Metodología para la Estimación de Vulnerabilidad en Ecuador, Perú y Bolivia. Proyecto Información de cambio climático y biodiversidad para el fomento de políticas públicas de conservación y adaptación en la región de los Andes Tropicales, p 1-45.

CIIFEN (2015): Propuesta de Plan de Cambio Climático para el Gobierno Autónomo Descentralizado provincial de Loja. MAE-ENCC-CIIFEN. 97 pp.

CIIFEN (2015b): Diseño, Implementación y Validación del Sistema de Alerta Temprana (SAT) frente a los efectos adversos del Cambio Climático en la Seguridad Alimentaria en la cuenca del Río Jubones, en Ecuador. FORECCSA – PMA- CIIFEN. Pp 161.

CIIFEN, (2015c): Fincas agroecológicas y recuperación de riberas con criterios de adaptación al cambio climático. Proyecto Enfrentando el cambio climático en la Cordillera Costera. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, Guayaquil, Ecuador. Pp 20.

CIIFEN (2016): Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Cuenca Amazónica. OTCA-CIIFEN-GEF. Pp 112.

CIIFEN (2017): Implementación de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) en las cuencas binacionales Suches-Titicaca y Catamayo-Chira. Programa Regional Andino para el Fortalecimiento de los Servicios Meteorológicos, Hidrológicos, Climáticos y el Desarrollo (PRASDES), Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia (MAEF). Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, Guayaquil, Ecuador.

CIIFEN (2017b): Implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante inundaciones en el distrito municipal de Querecotillo (cuenca Catamayo-Chira). PRASDES-CIIFEN. 44 pp.

CIIFEN (2017c): Implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante inundaciones en la parroquia de Zapotillo (cuenca Catamayo-Chira). PRASDES-CIIFEN. 44pp.

CIIFEN (2017d): Implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante inundaciones

en el distrito municipal de Salitral (Cuenca Catamayo-Chira). 44 pp.

CIIFEN (2017e): Implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante inundaciones en el municipio de Escoma (cuenca Suches-Titicaca). PRASDES-CIIFEN. 44 pp.

Cuesta, F., M. Bustamante, M.T. Becerra, J. Postigo, J. Peralvo. (Eds.) (2012): Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales. CONDESAN, SGCAN, Lima.

De Bièvre, B., M. Bustamante, W. Buytaert, F. Murtinho, M.T. Armijos. (2012): Síntesis de los impactos de los efectos del cambio climático en los recursos hídricos en los Andes Tropicales y las estrategias de adaptación desarrolladas por los pobladores. En: Cuesta, F., Bustamante, M., Becerra, M.T., Postigo, J., Peralvo, J. (Eds.). Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales. CONDESAN, SGCAN, Lima. Pp. 37-57.

De Haan, S. y H. Járez, (2010): Land use and potato genetic resources in Huancavelica, Central Peru. *Journal of Land Use Sciences* 5(3):179- 195. DOI 10.1080/1747423X.2010.500681.

Ebregt Arthur & De Greve Pol. (2000): Buffer zones and their management -Policy and Best Practices for terrestrial ecosystems in developing countries. International Agricultural Centre. National Reference Centre for Nature Management (EC-LNV). International Agricultural Centre (IAC). Wageningen, the Netherlands.

EIRD/ONU (2004): Vivir con el Riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres. Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. Naciones Unidas.

FAO (2007): Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, IUSS Grupo de Trabajo WRB, Roma.

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Gaistardo, C., Rojas, E., Vargas, R. (2014): Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxembourg.

Hannah L, M. Ikegami, D.G. Hole , C. Seo, S.H.M. Butchart et al. (2013): Global Climate Change Adaptation Priorities for Biodiversity and Food Security. *PLoS ONE* 8(8): e72590. doi:10.1371

IPCC (2007): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. M. Parry, O. Canziani, J. Palutikof, P. van der Linden, C. Hanson. Cambridge University Press.

IPCC (2012): *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)], New York, NY, USA.

IPCC (2012b): *Resumen para responsables de políticas en el Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*. Nueva York, Estados Unidos de América.

IPCC (2014): *Emergent Risks and Key Vulnerabilities*. IPCC WGII AR5 Chapter 19. Final Draft. Ed. Mike Mrklacich & Sergey Semenov. Pp 107. En; http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap19_FINAL.pdf

IPCC (2014): *Emergent Risks and Key Vulnerabilities*. IPCC WGII AR5 Chapter 18. *Adaptive Capacity and its Determinants 18.5.1. Vulnerability and Adaptive Capacity* Final Draft. Ed. Mike Mrklacich & Sergey Semenov. Pp 107 En; <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=650> (Último acceso Febrero 2017)

IPCC (2014): *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas*. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, Pp 34.

IPCC (2014b): *Emergent Risks and Key Vulnerabilities*. IPCC WGII AR5 Chapter 19. Final Draft. Ed. Mike Mrklacich & Sergey Semenov. Pp 107 (P. 39) En; http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap19_FGDall.pdf

Josse C., F. Cuesta, G. Navarro, V. Barrena, E. Cabrera, E. Chacón-Moreno, W. Ferreira, M. Peralvo, J. Saito y A. Tovar (2009): *Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro*. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo 43 Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTAUNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima. Pp: 96.

Lamelas Gracia, M.T (2009): *Esquema metodológico para la toma de decisiones sobre el uso sostenible del suelo: Aplicación a la localización de suelo industrial*. GeoFocus (Artículos), nº 9, p. 28-66. ISSN: 1578- 5157. En: http://geofocus.rediris.es/2009/Articulo2_2009.pdf.

Luttmann. A. (2012): *Gaps in the ecological network: Regional case study from Saxony*.

TransEcoNet – Transnational Ecological Networks.

MAE & PNUD (2009): Estudio de la vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos en el sector de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Paute, Jubones, Catamayo, Chone, Portoviejo y Babahoyo. Resumen de resultados.

McKee, T. B., N.J. Doesken & J. Kleist (1993): The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California. American Meteorological Society, Boston.

Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca. y J. Kent (2000): Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.

Navarro, G. (2011): Clasificación de la vegetación de Bolivia. Centro de Ecología. Difusión. Fundación Simón Patiño. Santa Cruz, Bolivia.

Pfafstetter, O. (1989): Classificação de bacias hidrográficas. Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Obras de Saneamento.

Pickett, S. T., & J. Thompspon (1978): PATCH DYNAMICS AND THE DESIGN OF NATURE RESERVES. *Biol. Conserv.* (13) (1978)--© Applied Science Publishers Ltd, England. Pp. 27-37.

PNUD (2014): Informe sobre Desarrollo Humano 2014. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Nueva York, Estados Unidos. Obtenido de <http://hdr.undp.org/es/content/el-%C3%ADndice-de-desarrollo-humano-idh>

Rojas. J. C. (2010): Caracterización Hidrogeológica de la Cuenca del Río Valdivia. -ESPOL.

Shuttleworth, S., G. Rowe, D. Lowe, L. Sherwell & J. Radley. (2010): Stratford-on-Avon District Ecological and Geological Assessment. Planning Policy. Ecological and Geological Study – Main Towns and Villages. En: <https://www.stratford.gov.uk/files/seealsodocs/11268/Stratford%20on%20Avon%20District%20Ecological%20and%20Geological%20Assessment%20-%202009-10.pdf>

Saad, P., T. Miller, C. Martínez & M. Holz (2008): Juventud y bono demográfico en Iberoamérica. Organización Iberoamericana de Juventud (OIJ), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.

Saaty, T.L. (1990): How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 48: 9–26

SENPLADES (2010): Agenda Zonal para el Buen Vivir. Propuestas de Desarrollo y Lineamientos para el Ordenamiento Territorial. Documento de trabajo. Zona de planificación 5.

Sierra, R. (1999): Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. EcoCiencia, Proyecto NEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito, Ecuador.

Steenmans C. & U. Pinborg. (2000): Anthropogenic Fragmentation of Potential Semi-natural and Natural Area. From Land Cover to Landscape Diveristy in the European Union. En: <http://ec.europa.eu/agriculture/publi/landscape/ch5.htm#5>

Turner WR, B.A.Bradley, L.D.Estes, D.G.Hole, M. Oppenheimert al. (2010): Climate change: helping nature survive the human response. *Conserv Lett* 3: 304-312. doi:10.1111/j.1755-263X.2010.00128.x.

UN (2016): Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres. OIEWGTema 19. Desarrollo sostenible: reducción del riesgo de desastres. Asamblea General de las Naciones Unidas. Pp 11-25. En: http://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportspanish.pdf (Último acceso agosto 2017)

UNEP (2013): Research Priorities on Vulnerability, Impacts and Adaptation. Responding to the Climate Change Challenge. PROVIA –UNEP-UNESCO-WMO. ISBN: 978-92-807-3317-4. Pp 52 (P. 22)

UNISDR (2008): Albergues en escuelas, ¿cuándo? ¿cómo?, ¿por qué?. Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastre. UNISDR. UNICEF. DIPECHO. En: <http://preventionweb.net/go/32180> (Último acceso mayo 2017)

UNISDR (2009): Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres. Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Disponible en:
http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

UNISDR (2015): Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres –UNISDR.-.
http://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf (Último acceso marzo 2017)

Velástegui. A. (2010): Análisis Geoespacial y Estadístico Preliminar de la Actividad Minera en los Páramos del Ecuador. Memoria Técnica. Proyecto Páramo Andino PPA-EcoCiencia. Ed. Patricio Mena EcoCiencia.

Xuebin Zhang and Yang Feng en: Climate Research Division. Programa para calcular índices climáticos mediante análisis estadístico y control de calidad de los datos (QC).

Páginas Web:

- FAO: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/> (Última consulta marzo de 2017)
- UN: http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/15_Spanish_Why_it_Matters.pdf (Última consulta marzo de 2017)
- <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> (último acceso marzo de 2017)
- MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador. Censo avícola y porcícola (2006) & Usos de suelo y cobertura de tierra (2008)
- <http://bigpicture.unfccc.int/#content-the-paris-agreemen> (Última consulta marzo de 2017)
- INEC 2010: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/> (Última consulta mayo de 2017)
- IPCC: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-TS_FINAL.pdf (Último acceso febrero 2017)
- IPCC: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml (Última visita mayo de 2015)
- SIISE 2012: Sistema de Indicadores Sociales del Ecuador, En;
- <http://www.siise.gob.ec/siiseweb/siiseweb.html?sistema=1#>
- CLIRSEN 2008: Cartografía temática variada sobre la República del Ecuador.
- Diario Hoy de Quito. El Niño y el cambio climático: los escenarios son dantescos. Publicado el Domingo, 08 junio 2014.
- Disponible en:
- <http://www.ecuadorenvivo.com/sociedad/190-sociedad/16290-el-nino-y-el-cambio-climatico-los-escenarios-son-dantescos-diario-hoy-de-quito.html#.WMgPfW81-Cg>
- DesInventar: <http://www.desinventar.org> (Último acceso abril 2017)

Índice de Figuras y tablas

Figuras:

- *Figura 1: Ejemplo de esquema metodológico a la hora de analizar la vulnerabilidad frente al cambio climático. Fuente: Wilches, G. (2006)*
- *Figura 2: Ejemplo de composición de coberturas con distinta información temática que nutra el análisis final. Elaboración CIIFEN. Fuente: ArcGIS*
- *Figura 3: Esquema ejemplo básico de las distintas fases principales a seguir en la metodología de análisis de vulnerabilidades genérica. Fuente: CIIFEN.*
- *Figura 4: Diagrama de los pasos a seguir en la asignación de indicadores biofísicos a límites administrativos.*
- *Figura 5: Localización de la RPFMS en el Golfo de Guayaquil – Ecuador.*
- *Figura 6. Nivel del mar y tendencia en el mareógrafo de Puerto Marítimo de Guayaquil. Fuente: CIIFEN (2013)*
- *Figura 7: Área de estudio en la Reserva de Producción Faunística de los Manglares del Salado y delimitación de las zonas urbanas colindantes. Fuente: CIIFEN (2013)*
- *Figura 8: RPFMS y esteros asociados al mismo.*
- *Figura 9: Localización de amenazas antrópicas en la RPFMS.*
- *Figura 10: Análisis de tendencias climáticas mostradas por estación; de arriba abajo y de izquierda a derecha; Lluvia anual, lluvias intensas, días lluviosos consecutivos y días secos consecutivos. Fuente: CIIFEN (2014)*
- *Figura 11: Localización del área de estudio en la Cordillera Costera del Ecuador. Fuente: CIIFEN (2014)*
- *Figura 12: Medidas de adaptación adoptadas en la Cordillera Costera del Ecuador tras el análisis, recuperación de riberas y fincas agroecológicas. Fuente: CIIFEN (2015c)*
- *Figura 13: Conjunto de las medidas de adaptación acogidas en la Cordillera Costera tras el análisis. Fuente: CIIFEN (2015c)*
- *Figura 14: Recurrencia de fenómenos extremos en la región amazónica por tipologías del conjunto de los países. Fuente: CIIFEN (2016).*
- *Figura 15: Localización del área de estudio. Cuenca amazónica. Fuente: CIIFEN (2016).*
- *Figura 16: Serie de tiempo de Agua Precipitable. Período Julio-Noviembre. Datos promedio: 1.41°N,-2.82°S,-89.93°W,-79.87°W. Fuente: CIIFEN (2014)*
- *Figura 17: Límite del área de estudio (a), considerado por sus límites para el análisis del componente socioeconómico a nivel parroquial (b) y ambiental a nivel de microcuencas (c) dentro de la República del Ecuador. Fuente: CIIFEN (2012b)*
- *Figura 18: Resultados de las proyecciones climáticas de precipitación (superior) y temperaturas (inferior) de los tres países del estudio (Ecuador, Perú y Bolivia), a partir de modelación físico-estadística. Proyección 2020-2040 a partir de la serie 1980-2000. Fuente: CIIFEN (2014b)*
- *Figura 19: Área de estudio con los ecosistemas de puna y páramo en la región altoandina. Fuente: CIIFEN (2014b)*
- *Figura 20: Resultado del análisis de vulnerabilidad de los ecosistemas altoandinos. Fuente: CIIFEN (2014b)*
- *Figura 21: Mapa de riesgos de inundaciones validado entre las comunidades aledañas al río Suches, y el equipo técnico. Fuente: CIIFEN (2017e)*
- *Figura 22: Mapa de riesgos de inundaciones validado entre la Unidad de Gestión de Riesgos (UGR), el equipo técnico, el gobierno de la parroquia de Zapotillo y la comunidad. Fuente: CIIFEN (2017c)*
- *Figura 23: Mapa de riesgos de inundaciones validado entre INDECI, el equipo técnico y la comunidad.*

Fuente: CIIFEN (2017d)

- **Figura 24:** Mapa de riesgo de inundaciones validado por comunidad, INDECI, y el equipo técnico.

Fuente: CIIFEN (2017)

- **Figura 25:** Mapeo de actores en el proyecto ejemplo del Caso de estudio 1. Fuente: CIIFEN (2012)

Tablas:

- **Tabla 1:** Factores orientativos para caracterizar las capacidades adaptativas de la población. Fuente: Asian Disaster Preparedness Center (ADPC).

- **Tabla 2:** Factores que ayudan a caracterizar las capacidades adaptativas de la gobernanza. Fuente: Asian Disaster Preparedness Center (ADPC).

- **Tabla 3:** Modelos globales del CMIP5 utilizados junto a los dos modelos regionales con los que se aplica en downscaling.

- **Tabla 4:** Ejemplo valoración de indicadores concretos. *Dicha apreciación debe adecuarse a la realidad de lo que se pretende analizar frente a la amenaza, y debe ser consensuado en cualquier caso con el equipo y actores.

- **Tabla 5:** Ejemplo de diferentes categorías de la variable desagüe, adecuándose a su presentación por países, de acuerdo al detalle que se maneja a nivel censal.

- **Tabla 6:** Ejemplo de valoración inversa de un mismo indicador para representar por una parte capacidad adaptativa y por otra susceptibilidad según corresponda.

- **Tabla 7:** Ejemplo de indicadores dentro del indicador Susceptibilidad por acceso a servicios básicos y tipo de estimación en cada uno de ellos.

- **Tabla 8:** Ejemplo de indicadores de la susceptibilidad por actividades económicas de la población y tipo de estimación en cada uno de ellos.

- **Tabla 9:** Categorización, valoración y normalización de distintos indicadores del indicador de susceptibilidad a los servicios básicos. Fuente: Elaboración Propia.

- **Tabla 10:** Ejemplo de grupos y subgrupos y los resultados asociados a ellos dentro del análisis de vulnerabilidad. Fuente: Elaboración propia.

- **Tabla 11:** Índices climáticos de extremos vinculados a las amenazas climáticas tomadas en cuenta en la modelación de escenarios a futuro. Fuente: CIIFEN (2014b).

- **Tabla 12:** Ejemplo del cálculo de ponderaciones, en este caso de las variables de capacidades adaptativas, donde se categorizan los pesos específicos ponderados de cada variable o capacidad adaptativa. En la imagen superior (a) se comparan por pares la importancia de uno con respecto al otro y el (b) se exponen los pesos específicos con respecto a la unidad. Fuente: CIIFEN (2014b).

- **Tabla 13:** Indicadores empleados en el cálculo de la vulnerabilidad para Bolivia, Ecuador y Perú. Fuente: CIIFEN (2014b).



Escobedo #1204 y Av. 9 de Octubre. Edificio El Universo, 1er Piso
Telf.: (593 4) 2514770 / Fax: (593 4) 2514771

info-ciifen@ciifen.org - www.ciifen.org

