



**MARN**

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales



Al servicio  
de las personas  
y las naciones



# Evaluación de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en El Salvador

---

Informe sobre Vulnerabilidad y Adaptación

# Referencia No. 00085379/4609

Febrero, 2018

## **Evaluación de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en El Salvador – Área Metropolitana de San Salvador y el Corredor Seco Oriental**

### **Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)**

#### **Elaboración:**

*ESSA Technologies Ltd. y asociados*

Jimena Eyzaguirre, Gerente del Proyecto y Especialista en Adaptación al Cambio Climático

Lorena Grande, Especialista en Gestión Urbana

Marcia de Calderón, Especialista en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

Patricia de la Cueva, Especialista Ambiental

Ricardo Calle, Especialista en Aspectos Agropecuarios

Ryna Avila, Especialista en Aspectos Sociales

Tim Webb, Especialista en Evaluación de Riesgo y Reducción de Riesgo por Desastres

#### **Supervisión:**

Por el MARN: Ernesto Duran (Asesor en Gabinete Técnico)

Por el PNUD: Jennifer Reyes

#### **Actores consultados:**

Leonidas Perez (ACUGOLFO); Ever Mauricio Gomez y Alvaro Figueroa (Alcaldía de La Union); Rosario Morales y Marco Antonio Gonzalez (Alcaldía de San Salvador); Rafael Lino (Alcaldía de Santa Tecla); Cesar Salamanca y Ana Zeneyda Alvarado (Alcaldía de Soyapango); Zobeyda Valencia y Rosa Cristina Tejada Tobar (ANDA); Maria Elena Rivas (ASIBAHIA); Guillermo Vásquez Cromeyer (ASITECHI); Ramón Matamoros (Asociación de Cuencas Hidrográficas de El Salvador); Emperatriz Mayorga (Banco Agrícola); Haydee Rivas de Mendoza (BANDESAL); Jaime Tobar (Catholic Relief Services); Walter Chacon (CATIE); Eleazar E. Torres (CENTA); Victoria Mena y Francisco Vasquez (FISDL); Arturo Martinez (FOVIAL); Alejandra Membreño (FUNDASAL); Gino Francisco Caballero, Carlos Coto y Mercedes Rodriguez (Hábitat para la Humanidad El Salvador); María de la Paz Benavides (Instituto Salvadoreño para el Desarrollo de la Mujer); Ahmed Menjivar, Andres Cruz and Rosa Elena Pérez de Villeda (ISDEM); Bernardo Romero, Luis Torres, Mario E. Lobo Mejía y Mirian Yamileth Lara (MAG); Ana Leydi Zelaya (MANORASAM); Carlos Aguilar Molina, Celina Kattan, Julia Maria Perez Mora, Luis Garcia, Luis Menjivar, Mauricio Grande, Sol Muñoz, Sonia del Carmen Baires y Yanna Banessa Morales (MARN); Maria del Carmen González Samayoa (MIJIBOA); Maria Soledad Martinez de Carranza y Rebecca Torres Chico (MINEC); Herbert A. Armas y Elizabeth Arévalo (MINED); Bessy Melara, Juan Carlos Mercado y Sarinelsi Gabriela Quinteros (MINSAL), Violeta Aguilar de Consolin (MOP – DACGER); Cesar Córdova, Claribel Tejada, Lourdes Elizabeth Guevara y Luz de Maria Ramírez Genovéz (MOP – VMT); Edna Valle y Jonathan Alexis Menéndez (MOP-VMVDU); Yolanda Bichara, Celina Cruz, Alexander Chávez, Ingrid Alfaro Lopez y Karla Miranda (OPAMSS); Maritza Molina(OPLAGEST Nonualcos); Alcira Alemán de Iglesias (OPLAGEST San Miguel); Andrés Eduardo Guardado (OPLAGEST Usulután); Alex Valle, (Proteccion Civil); Aníbal Hernandez y Jacqueline Galdámez (Red de Desarrollo Territorial); y, Jacqueline Ivette Cativos (UCA).

## Índice

1.	Introducción.....	4
1.1	Marco del Proyecto.....	4
1.2	Objetivos del Proyecto y Alcance.....	4
2.	Antecedentes.....	6
2.1.	Cambio Climático en El Salvador.....	6
2.2.	Estudios de Vulnerabilidad Climática.....	7
2.3.	Iniciativas de Adaptación en Marcha.....	11
3.	Metodología.....	15
3.1.	Enfoque General del Proyecto.....	15
3.2.	Evaluación de la Vulnerabilidad Climática.....	16
3.3.	Adaptación Anticipada y Planificada al Cambio Climático.....	32
3.4.	Análisis de Incertidumbre.....	38
4.	Vulnerabilidad climática en el AMSS.....	40
4.1	Aumento de la temperatura y riesgos asociados para la población urbana.....	40
4.2	Aumento de la precipitación extrema y riesgos asociados a inundaciones y deslizamientos....	53
4.3	Cambios en la precipitación anual y posibles riesgos para los recursos hídricos subterráneos.	64
5.	Vulnerabilidad climática en el Corredor Seco Oriental.....	76
5.1	Cambios en la precipitación y temperatura anuales y efectos sobre los granos básicos y la seguridad alimentaria.....	76
5.2	Aumento de la precipitación máxima y sus efectos sobre la erosión de suelos y daños en infraestructura.....	89
6.	Líneas Temáticas y Acciones Concretas para la Adaptación Anticipada y Planificada.....	103
6.1	Sistema de Alerta Temprana para Riesgos por Olas de Calor.....	104
6.2	Sistemas de Drenaje Pluvial Sostenibles (SuDS, por sus siglas en inglés).....	108
6.3	Infraestructura Verde en Ámbitos Urbanos, Peri-urbanos y Rurales.....	118
6.4.	Edificación Sostenible.....	123
6.5.	Evaluar el Efecto del Cambio Climático y Actualización de las Curvas IDF del AMSS.....	127
6.6.	Monitoreo y Reporte Sobre Niveles de Acuífero y Disponibilidad de Agua.....	131
6.7.	Fortalecimiento de Unidades Ambientales Municipales.....	135
6.8.	Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia (SCALL).....	138
6.9.	Mejora de Áreas de Recarga Hídrica.....	142
6.10.	Escalonamiento y Replica de Programas de Conservación y Restauración de Suelos y Bosques para Mejorar la Productividad Agronómica.....	147
6.11.	Diversificación de Cultivos y Siembra de Materiales Adaptados al Clima Futuro.....	151
6.12.	Sistemas de Producción Agrícola Resilientes Mediante Cadenas de Valor.....	153
6.13.	Fortalecimiento Curricular Sobre Manejo Agronómico, Forestal y Cambio Climático en Programas Académicos y Técnico / Vocacionales.....	156
7.	Glosario.....	159
	Apéndice 1: Factores de Vulnerabilidad.....	160

Apéndice 2: Opciones de adaptación consideradas .....	166
Bibliografía .....	168

## 1. Introducción

### 1.1 Marco del Proyecto

En seguimiento a la implementación del Programa de Fortalecimiento de Capacidades para Afrontar y Reducir los Riesgos del Cambio Climático, y dando cumplimiento a lo establecido en artículo 64-D de la Ley del Medio Ambiente y lo previsto en las acciones contempladas en el Plan Nacional de Cambio Climático (PNCC), el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) está implementando un subprograma de capacitación para viabilizar el cumplimiento de los compromisos asumidos por el país en materia de contribuciones al Acuerdo de París.

En vista que la formación permanente de profesionales en distintos sectores es determinante para contribuir con la reducción de vulnerabilidad y las pérdidas y daños provocados por eventos asociados al cambio climático, el MARN, con apoyo financiero del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), está impulsando una serie de consultorías para fortalecer la información, herramientas disponibles como también la capacidad instalada para usarlos. Entre estas consultorías se destaca el proyecto *Evaluación de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en El Salvador*.

Aunque el concepto vulnerabilidad se caracteriza por una pluralidad de definiciones y enfoques, en el contexto de cambio climático la definición brindada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) se ha convertido en una referencia internacional para los análisis de vulnerabilidad. Según el IPCC la vulnerabilidad climática puede ser medida cuantitativamente o caracterizada cualitativamente en función “al carácter, magnitud y rapidez de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación (Parry et al., 2007).”

### 1.2 Objetivos del Proyecto y Alcance

#### 1.2.1. Objetivos

Ejecutado por expertas/os de la sociedad ESSA Technologies Ltd. ([www.essa.com](http://www.essa.com)), este proyecto tiene como objetivo general desarrollar una evaluación de la vulnerabilidad climática actual y futura en sistemas naturales y humanos urbanos y rurales para, sobre esa base, generar una propuesta científicamente fundamentada de lineamientos estratégicos y acciones concretas que favorezcan la adaptación anticipada y planificada al cambio climático en los sistemas particularmente seleccionados como en el ámbito nacional de El Salvador.

El proyecto cuenta con los siguientes objetivos específicos:

- Elaborar estudio de evaluación de la vulnerabilidad climática del **Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)** e identificar y priorizar medidas de adaptación del entorno urbano ante eventos adversos del cambio climático.
- Elaborar estudio de evaluación de la vulnerabilidad climática e identificar medidas de adaptación para el **Corredor Seco Oriental de El Salvador**, con énfasis en la diversificación productiva en el contexto de los impactos observados y esperados del cambio climático.
- Desarrollar **estrategia de transferencia de capacidades y gestión de conocimiento** para mejorar e incrementar la comprensión de las evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación con entidades públicas y actores clave de ambos territorios sujetos de estudio.

Las evaluaciones de vulnerabilidad climática constituyen una herramienta fundamental para la planificación y el aumento de la resiliencia en cualquier sector (Mallari, 2015). Dados los parámetros del proyecto en cuanto a tiempo disponible para su ejecución y presupuestos vale la pena recalcar el propósito de los estudios de vulnerabilidad climática en el contexto que nos ocupa. Primero, de entender mejor las causas de la vulnerabilidad climática en ambos territorios. Segundo, de apoyar la identificación de medidas y estrategias de adaptación en base a las vulnerabilidades estudiadas. Y,

finalmente, los resultados de los estudios sirven para comparar niveles de vulnerabilidad al cambio climático dentro de los dos territorios e identificar áreas críticas para la adaptación.

### 1.2.2. Alcance

Si bien los términos de referencia para la consultoría delimitaban el alcance de la evaluación de la vulnerabilidad climática a dos territorios salvadoreños que desde ya están experimentando impactos de la variabilidad climática, para cada uno de los mismos fijamos un alcance geográfico, temporal y unidad de análisis (en ambos casos el análisis se realiza a nivel municipal) en función a las amenazas climáticas estudiadas y la información fácilmente disponible. La tabla siguiente resume el alcance de las evaluaciones de vulnerabilidad climática. La justificación del mismo se encuentra en la [Sección 3.2](#).

**Tabla 1: Alcance de los estudios de vulnerabilidad**

Amenaza climática	Alcance geográfico	Alcance temporal
- Aumento de la temperatura y riesgos asociados para la población urbana	AMSS (14 municipios)	- Vulnerabilidad actual - Vulnerabilidad futura a medio (2021-2050) y largo (2071-2100) plazo
- Aumento de la precipitación máxima y riesgos asociados de inundación y deslizamientos		
- Cambios en la precipitación anual y efectos en la disponibilidad de agua subterránea		
- Cambios en la precipitación y temperatura anual y posibles efectos en los cultivos y seguridad alimentaria	Corredor Seco Oriental (36 municipios)	- Vulnerabilidad actual - Vulnerabilidad futura a medio (2021-2050) y largo (2071-2100) plazo
- Intensificación de los eventos de precipitación extrema que aumenten el riesgo de erosión y degradación de suelos		

### 1.2.3. Estructura del Informe

El resto del informe consiste en cuatro secciones.

[Sección 2](#) brinda antecedentes al proyecto, incluyendo referencias a estudios que se han realizado en El Salvador para entender la vulnerabilidad climática actual de sectores o territorios del país.

[Sección 3](#) describe la metodología adoptada por el equipo consultor de ESSA para la evaluación de la vulnerabilidad climática de los dos territorios y para la priorización participativa de estrategias y medidas de adaptación. Es importante destacar que un informe sobre nuestros esfuerzos para transferir capacidades y gestionar conocimientos se entregará al MARN como producto aparte.

Las [Secciones 4 y 5](#) presentan los resultados del análisis de vulnerabilidad para los dos territorios, tanto la caracterización de la línea de base (vulnerabilidad actual) como la potencial vulnerabilidad al clima futuro.

Usando los resultados de este análisis como insumo, la [Sección 6](#) brinda recomendaciones sobre estrategias y medidas de adaptación que se deberían implementar a corto, mediano y largo plazo para hacer frente a los impactos de cambio climático, tanto los observados como los previstos. Esta sección concluye con un marco de indicadores preliminar para darle seguimiento a la implementación de dichas acciones.

## 2. Antecedentes

### 2.1. Cambio Climático en El Salvador

Según el IPCC, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) y cambios en usos de suelos asociadas a las actividades humanas están ocasionando cambios en clima de la Tierra. A nivel mundial, variaciones en las temperaturas y precipitaciones están trayendo consigo cambios en sistemas físicos y biológicos que continuarán, posiblemente de manera acelerada, durante las próximas décadas y quizá varios siglos (Stocker et al., 2013). El Salvador también está experimentando variaciones climáticas, incluyendo aumento de temperaturas, alteraciones en la precipitación y la intensificación de fenómenos extremos (MARN, 2013). El cambio climático, con sus efectos graduales y agudos, exacerba la vulnerabilidad de los territorios del país, presentando riesgos a la agricultura, los medios de vida, la salud humana, la infraestructura, la generación de energía, los ecosistemas y la actividad económica.

#### Clima actual

La Tabla 2 resume las principales variaciones climáticas observadas para El Salvador. Cambios graduales y la intensificación de fenómenos extremos – combinados con procesos de urbanización acelerada, impermeabilización de suelos, la proliferación de asentamientos humanos sin planificación y la deforestación – presentan retos importantes para el AMSS. Mientras que para el Corredor Seco, cambios graduales y la intensificación de fenómenos extremos – combinados con patrones de mal uso de la tierra e inadecuadas prácticas agrícolas, expansión de la frontera agrícola sin regulación, proliferación de asentamientos humanos sin planificación y la deforestación – son las inquietudes centrales (CCAFS et al. 2014).

Tabla 2: Variaciones climáticas observadas

	Motores climáticos	Impactos
Temperatura	Incremento de la temperatura promedio anual en el país en más de 1.3 grados centígrados en las últimas seis décadas	Los cultivos principales están llegando a sus límites de capacidad por el cambio en las temperaturas  Propagación de plagas y enfermedades en los cultivos (p.ej., la Roya - <i>Hemileia vastatrix</i> )
	Mayores días y noches más cálidos, implicado a su vez menos noches frescas (1961-2003)*	Propagación de plagas y vectores de enfermedades  Cambio en la incidencia de enfermedades crónicas (respiratorias, renales)
Precipitación	Fuerte variación inter-anual/decenal de la precipitación, que va desde 1.274mm a 2.310mm entre 1950 y 2006	Alteración de los ciclos agrícolas (periodos de cosecha y siembra), inseguridad alimentaria de muchas familias pobres
	Reducción de precipitación media anual en un 3,6% en las últimas tres décadas	Reducción en el caudal de los ríos en gran parte del país relativo a promedios históricos
	Cambios en la distribución temporal y espacial lluvias, incluyendo lluvias prolongadas de alta intensidad	Erosión de suelos en zonas medias y altas y arrastre de sedimentos afectan el ambiente de las cuencas hidrográficas de la región
Fenómenos extremos	Aumento en la frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos (de uno por década en los años 1960 hasta ocho a principios de los años 2000), superando registros históricos de lluvia acumulada	Daños en la red vial, deslizamientos en la red de carreteras y caminos, puentes dañados y colapsados, viviendas destruidas y dañadas  Muertes y lesiones
	Cambios en la trayectoria y número de sistemas ciclónicos originados en el Océano Pacífico y Atlántico	Pérdidas de cultivos agrícolas e impactos sociales relacionados

### Cambios climáticos previstos

A nivel nacional se prevé que la tendencia de calentamiento continúe así también como la tendencia de reducción en la precipitación media, aunque con mayor incerteza. El quinto informe de evaluación del IPCC analiza las proyecciones climáticas para la región de América Central y del Sur, de los cuales para El Salvador aplican los mencionados en la siguiente tabla, así también como algunos impactos potenciales y consideraciones de adaptación.

**Tabla 3: Variaciones climáticas previstas, impactos potenciales y consideraciones de adaptación**

Motores climáticos	Impactos potenciales	Consideraciones de adaptación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendencia de calentamiento</li> <li>- Tendencia de desecación (# de días secos consecutivos)</li> <li>- Aumento en la duración e intensidad de sequías</li> <li>- Aumento en lluvias extremas</li> <li>- Eventos de El Niño más frecuentes</li> <li>- Reducción en la disponibilidad de recursos hídricos</li> </ul>	Asociados al recurso hídrico y fenómenos meteorológicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inundaciones</li> <li>- Deslizamientos detonados por precipitación extrema</li> <li>- Procesos erosivos</li> <li>- Déficit hídrico, agotamiento de acuíferos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestión integrada de los recursos hídricos</li> <li>- Gestión de inundaciones urbanas y rurales (incluida la infraestructura, Sistemas de Alerta Temprana, mejores predicciones meteorológicas y de la escorrentía y control de enfermedades infecciosas)</li> <li>- Gestión de la sequía</li> <li>- Blindaje climático de la infraestructura, combinación de medidas estructurales y no-estructurales (verdes)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendencia de calentamiento y aumento de temperaturas extremas</li> <li>- Aumento en la duración e intensidad de sequías</li> <li>- Aumento en lluvias extremas</li> <li>- Fertilización con dióxido de carbono</li> </ul>	Cambios en las zonas aptas para el cultivo, menor producción de alimentos y calidad alimentaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de nuevas variedades de cultivos más adaptados al cambio climático (temperatura y sequía)</li> <li>- Compensación de los impactos de la menor calidad alimentaria en la salud humana y animal</li> <li>- Compensación de los impactos económicos del cambio de uso del suelo</li> <li>- Fortalecimiento de los sistemas y prácticas derivados de los conocimientos ancestrales</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendencia de calentamiento y aumento de temperaturas extremas</li> <li>- Cambios en los patrones de precipitación media y extrema</li> </ul>	Difusión de las enfermedades transmitidas por vectores Deterioro de la calidad de salud de la población Menor rendimiento escolar y productividad laboral por las olas de calor Aumento de la demanda de agua y energía (aire acondicionado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana para el control y mitigación de enfermedades basado en fuentes climáticas o de otro tipo pertinentes. Hay muchos factores que inducen una mayor vulnerabilidad</li> <li>- Programas de educación preventiva</li> <li>- Establecimiento de programas para ampliar los servicios básicos de salud pública</li> </ul>

Fuentes: IPCC (2014); Stocker et al., (2013); Seneviratne et al. (2012); Chou et al. (2014); CEPAL (2011); Abajo et al., (2017)

### 2.2. Estudios de Vulnerabilidad Climática

En El Salvador, la mayoría de estudios de vulnerabilidad realizados hasta la fecha consideran el análisis de vulnerabilidad dentro del esquema de gestión del riesgo. Un trabajo de sistematización de estudios

de vulnerabilidad en El Salvador (Fuentes, 2012) resalta al estado / la calidad de infraestructura, la degradación ambiental y condiciones socio-económicas como los tres componentes que determinan las posibilidades de una población determinada a sufrir daños y enfrentar los riesgos.

Es de diferenciar la definición de vulnerabilidad en la gestión de riesgos, dónde se define como las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza (sea esta climática o no). El concepto de “susceptibilidad al daño” es equivalente al concepto de “sensibilidad” al cambio climático y una diferencia sustancial es la dimensión de la amenaza. Para cambio climático la amenaza está orientada solo a fenómenos asociados al clima, en cambio la amenaza para la gestión del riesgo de desastres abarcan las geológicas, hidrometeorológicas, biológicas, tecnológicas y antrópicas.

Existen estudios o esfuerzos globales y regionales que analizan o han analizado la vulnerabilidad de El Salvador frente a amenazas climáticas. En ese contexto, El Salvador ha sido caracterizado como el país más vulnerable al riesgo climático del mundo (MARN, 2013) y ha sido incluido consistentemente entre los países más vulnerables del mundo de acuerdo al Índice de Riesgo Climático Global elaborado anualmente por *German Watch* (Kreft et al. 2017). Aun cuando El Salvador emite una fracción casi desdeñable de los gases de efecto invernadero (GEI) del planeta, ya que sólo aporta el 0.04% de las emisiones globales (MARN, 2013), es uno de los países más expuestos a las consecuencias del cambio climático, al igual que el resto de Centroamérica.

A nivel nacional existen pocos estudios que han evaluado la vulnerabilidad al *cambio climático* (ver Tabla 1). Por ejemplo, el trabajo de Cabrera y Amaya (2012) evaluó a nivel municipal la vulnerabilidad socioeconómica ante el cambio climático mediante el cálculo de un índice de vulnerabilidad socioeconómica (IVS) y un índice de riesgo manifiesto municipal (IRM), insumos principales para la identificación de los municipios más vulnerables a nivel nacional. Según este estudio, 115 de los 262 municipios del país se encuentran en situación de vulnerabilidad socioeconómica media, alta y extrema. En esos municipios habita el 63.3% de la población del país; el 9.2% de ella se encuentra en situación de vulnerabilidad socioeconómica extrema, concentrada principalmente en los departamentos de San Vicente y San Miguel (MARN, 2015), este último forma parte del Corredor Seco oriental. En un estudio de vulnerabilidad usando un enfoque participativo, Bouroncle et al. (2015) estimó que la capacidad de la población para adaptarse a los efectos del cambio climático en la agricultura es principalmente baja en el Corredor Seco. Se considera que cuanto más dependiente es la población rural de los ingresos económicos provenientes de la agricultura, será más sensible a los efectos del cambio climático.

Recientemente se han desarrollado una serie de informes técnicos sobre los efectos del cambio climático en el AMSS, como parte del proyecto *Planificación para el incremento de la temperatura debido al cambio climático en el Área Metropolitana de San Salvador*. En concreto uno de estos estudios técnicos (Abajo et al., 2017) consistió en un análisis de la vulnerabilidad socioeconómica frente al aumento de la temperatura en los municipios del AMSS. En el ámbito del Corredor Seco, cabe destacar el plan de CENTA (2017) que pretende aumentar la capacidad de recuperación de los medios de vida de los pequeños productores frente a la sequía en municipios del Corredor Seco oriental. El plan incluye una reseña general sobre la vulnerabilidad de los municipios ante amenazas agroclimáticas. Según el MARN, entre los territorios que presentan mayor vulnerabilidad destacan el Corredor Seco oriental y el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS). Este proyecto, pues, aporta a un análisis actualizado y centrado en dos territorios altamente vulnerables.

Tabla 4: Estudios sobre vulnerabilidad, riesgo y cambio climático en El Salvador, Centroamérica y Latinoamérica

Estudio	Créditos	Año	Descripción	Enfoque (1=vulnerabilidad al cambio climático o amenazas climáticas; 2=riesgo de desastre o daños y pérdidas)
Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de los pobladores rurales de la planicie costera central de El Salvador	GEF-PNUD	2007	Desarrolla una estrategia de adaptación al cambio climático, sobre la base de una evaluación integrada de los factores que determinan la vulnerabilidad climática actual y bajo condiciones futuras de cambio climático, en el territorio ubicado en la planicie costera central de El Salvador, entre los municipios de Zacatecoluca, Tecoluca y Jiquilisco.	1
Informe de daños a la infraestructura pública, vulnerabilidades y costos por la depresión tropical 12E	Ministerio de Obras Públicas, DACGER	2011	Documento relevante para conocer los efectos de los fenómenos hidrometeorológicos en algunos municipios del Corredor Seco; presenta información sobre el recuento de daños, estableciendo la relación de los mismos con las vulnerabilidades observadas, las cuales propician el agravamiento del desastre y su costo en vidas humanas e infraestructura pública. Utiliza una metodología para estimar los costos resultantes de estos eventos.	2
Vulnerabilidad Socioeconómica ante el Cambio Climático en El Salvador	Oscar Cabrera Pablo Amaya Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural- (RIMISP)	2012	El informe detalla la teoría detrás del cálculo del Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica (IVS) y del Índice Municipal de Riesgo Manifiesto (IRM), insumos principales del estudio e incluye la identificación de los municipios más vulnerables a nivel nacional.	1
Integrated tsunami vulnerability and risk assessment: application to the coastal area of El Salvador	Natural Hazards and Earth System Sciences; varios autores.	2013	Se determina la vulnerabilidad a tsunamis y una evaluación del riesgo en las zonas costeras de El Salvador, utilizando una metodología aplicada a la complejidad y variabilidad de dicho territorio, con un enfoque integral para cubrir todo el proceso relacionado con el riesgo, desde su evaluación, vulnerabilidad y hasta la gestión, entre otros aspectos.	2
El Informe Nacional sobre Gestión Integral	Equipo de trabajo de varias instituciones	2013	Utiliza una herramienta integrada desarrollada por UNISDR que combina la —Matriz Regional de Indicadores de Capacidad de Primera Respuesta de las Estructuras Municipales ante Desastres de Origen Socio-Natural   (VII Plan	2

Estudio	Créditos	Año	Descripción	Enfoque (1=vulnerabilidad al cambio climático o amenazas climáticas; 2=riesgo de desastre o daños y pérdidas)
del Riesgo de Desastres de El Salvador- 2013			de Acción DIPECHO Centroamérica) y el —Instrumento de Auto-evaluación para los Gobiernos Locales   (LG SAT o MAH Local de la Campaña Global —Desarrollando ciudades Resilientes  , UNISDR).	
Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe	Banco de Desarrollo de América Latina	2014	Evalúa la vulnerabilidad de las poblaciones humanas a eventos y cambios relacionados con el clima extremo durante los próximos treinta años en los principales parámetros climáticos, utilizando el Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (IVCC).	1

### 2.3. Iniciativas de Adaptación en Marcha

Como país signatario de la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) El Salvador ha adquirido compromisos de mitigación y adaptación al cambio climático. La Ley de Medio Ambiente (1998) tuvo una reforma en el 2012, incorporando un capítulo para abordar la adaptación desde la política nacional de medio ambiente y mandata a elaborar el Plan Nacional de Cambio Climático, el cual fue realizado y lanzado oficialmente a partir del 2015, con una proyección de 5 años de trabajo (MARN, 2015). Los objetivos y metas nacionales sobre cambio climático en general también se reflejan en la Contribución Determinada de la Intención Nacional de El Salvador (MARN, 2015a).

En los últimos años la adaptación al cambio climático ha quedado plasmada como una preocupación de desarrollo nacional y quehacer nacional y local. A falta de instrumentos legales enfocados en el cambio climático el respaldo legal para la adaptación planificada del sector público está enmarcado en la Ley del Medio Ambiente (LMA Art.4, 64-A, 64-C), el mismo que llama a las instancias de gobierno adoptar *“las regulaciones necesarias para estudiar, investigar, prevenir, planificar y responder de manera urgente, adecuada, coordinada y sostenida a los impactos negativos del cambio climático.”* El Plan Quinquenal de Desarrollo (2014-2019) establece en su Objetivo 7 la ejecución de acciones que permitan al país transitar hacia una economía y sociedad ambientalmente sostenible y resilientes a los efectos del cambio climático.

A nivel Institucional, en el 2010, el Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano (MOTVDU) crea la Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo (DACGER), orientada a elaborar estudios técnicos y de investigación orientados al Blindaje de la Infraestructura ante los fenómenos climáticos extremos. A nivel institucional también destaca la iniciativa del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) con la creación de su Política de Cambio Climático para el sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola, así como su Plan Nacional de Cambio Climático y Gestión de Riesgos Agroclimáticos orientado al mismo sector.

En El Salvador aún son relativamente pocas las iniciativas cuyo objetivo central es reducir la vulnerabilidad ante los efectos previstos del cambio climático. Sin embargo, existen varios instrumentos políticos y de planificación que buscan aumentar la resiliencia del entorno natural y medio construido o que integran la acción frente al cambio climático y la gestión de riesgo como un eje temático o línea de acción. Estos instrumentos, a su vez, orientan y organizan el accionar de actores a varias escalas de implementación para que incorporen el abordaje del cambio climático. Por ejemplo, ha habido algunas iniciativas de adaptación desde la planificación municipal con la intención de proyectar reforestación en zonas degradadas, desde el enfoque de la gestión de riesgo de desastres y la planificación estratégica del municipio.

Instrumento (fecha de publicación)	Institución / organización rectora	Abordaje de adaptación al cambio climático
Política Nacional de Vivienda y Hábitat (2015)	Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU)	La gestión ambiental y adaptación al cambio climático es uno de cuatro ejes transversales. Entre otras acciones, la política invoca a que las instituciones competentes estimulen el desarrollo de iniciativas habitacionales orientadas a la gestión ambiental sostenible; aumenten sus capacidades para abordar la adaptación al cambio climático en su trabajo; mejoren el hábitat de asentamientos degradados o precarios; e, impulsen vivienda elevada y en altura en zonas susceptibles a inundación.
Plan Nacional de Igualdad 2016-2020 (2016)	ISDEMU	La transversalización de la perspectiva de género en políticas, programas y estrategias en el ámbito de medio ambiente, cambio climático y gestión de riesgos es uno de 9 objetivos estratégicos.
Política Forestal de El Salvador 2016-2036 (2016)	Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)	Reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos y ecosistemas del país, ante los impactos del cambio climático es uno de ocho ejes de política y un tema transversal. Se contemplan como acciones que aporten a la resiliencia climática la restauración de ecosistemas y paisajes y la implementación de obras y prácticas en manejo de suelos, agua, bosque y sistemas agroforestales, que contribuyan a la seguridad alimentaria y producción de agua.
Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador (2016)	MARN (MAG, ANDA)	Instrumento de gestión, de implementación gradual, para garantizar la sostenibilidad del recurso agua, ordenando sus usos y la conservación del entorno natural. El diagnóstico y plan de acción considero tres horizontes de planificación y un escenario de cambio climático. Se trabaja sobre 4 ejes priorizados: aprovechamiento sostenible, gobernanza, calidad de agua y riesgos por fenómenos extremos.
Política de Cambio Climático para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola (2017)	MAG	Tiene como objetivo general contribuir a la adaptación del sector agropecuario, forestal, pesquero y acuícola, potenciando su sostenibilidad y competitividad, reduciendo su vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático con inclusión y equidad de género. Sus ejes estratégicos son el manejo sostenible del suelo y agua; el manejo del riesgo agroclimático; gestión de conocimientos; gestión de la cooperación hacia la implementación; y, modernización del MAG
Plan Nacional de Cambio Climático y Gestión de Riesgos Agroclimáticos para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola (2017)	MAG	Incluye 5 objetivos estratégicos y 65 acciones específicas organizadas en 7 secciones (6 subsectores y una línea de acción enfocada en el fortalecimiento institucional) con una fuerte orientación hacia la mejora de las capacidades institucionales para enfrentar el cambio climático y la gestión de riesgos agroclimáticos.
Plan Agropecuario en Municipios del Corredor Seco, Región Oriental (2017)	MAG y CENTA	Tiene como misión reducir la vulnerabilidad climática y aumentar la resiliencia de las poblaciones rurales y municipios del Corredor Seco, asegurando una mejor calidad de vida y una mayor seguridad alimentaria y nutricional. Cuenta con 6 ejes estratégicos que abordan el fortalecimiento institucional y local, el manejo integral de microcuencas, la investigación participativa y transferencia de conocimientos, la difusión de experiencias, el financiamiento y la armonización de políticas y planes.

Instrumento (fecha de publicación)	Institución / organización rectora	Abordaje de adaptación al cambio climático
Política de Cambio Climático para el Sector de la Obra Pública, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano 2018-2036 (2018)	MOPTVDU	Un instrumento destinado a fortalecer la institucionalidad del Ministerio en temas de cambio climático en lo que concierne la obra pública, de transporte, vivienda y desarrollo urbano así también para mejorar la coordinación a nivel nacional. Incluye 6 líneas estratégicas y aborda la adaptación al cambio climático haciendo un llamado al blindaje de la infraestructura y la planificación territorial y urbana.
Plan Nacional de Contingencia ante Sequia (2018)	Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres (DGPC)	Parte de la estrategia de respuesta operativa incluye la conformación de una comisión técnica interinstitucional de salud para, entre otros objetivos, poner en marcha acciones de adaptación a los efectos de la sequía. En particular se contempla intervenciones educativas y de comunicación para sensibilizar a la población y los tomadores de decisiones sobre la importancia de la gestión ambiental y la adaptación al cambio climático.

**Tabla 5: Ejemplos de políticas y planes nacionales e institucionales que apoyan a la adaptación anticipada ante el cambio climático**

A nivel de territorio, el abordaje de adaptación al cambio climático y resiliencia está estrechamente ligado a los procesos de planificación y desarrollo.

La Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS) está desarrollando actualmente un plan inicial de adaptación al cambio climático para la región metropolitana. La OPAMSS también ha desarrollado recientemente (2016) el Esquema Director del Área Metropolitana de San Salvador, como instrumento de regulación del uso del suelo y ordenamiento de las actividades en esta región. Este Esquema Director incluye un diagnóstico biofísico del territorio y una serie de propuestas en forma de clasificación del suelo, tratamientos urbanísticos y lineamientos de desarrollo urbano sostenible. Se está trabajando en la elaboración y difusión de instrumentos voluntarios para promover el urbanismo y las prácticas de edificación sostenibles. Tomando como base criterios bioclimáticos en la vivienda en El Salvador y buenas prácticas de México, Colombia y Brasil, la guía *Hábitats Urbanos Sostenible (HAUS)* brinda recomendaciones para fomentar la construcción sostenible en el AMSS por parte de proyectistas. Además, la OPAMSS ha desarrollado un manual de diseño urbano para difusión con universidades (p.ej., facultades de arquitectura), el mismo que incluye una recopilación de reglamentos y artículos aplicables a la adaptación al cambio climático y la accesibilidad universal a la vivienda.

En cuanto a iniciativas de desarrollo en la región del Corredor Seco oriental, cabe mencionar el *Plan Maestro de desarrollo sostenible e inclusivo para la región oriental de El Salvador 2015-2025*, que es el instrumento de política pública más importante para ese territorio. Este documento se desarrolló en base a un diagnóstico de la problemática y vulnerabilidad ambiental de este territorio. También el MARN ha emprendido varias iniciativas para enfrentar desde un abordaje holístico los desafíos de vulnerabilidad que plantea el Corredor Seco. Uno de los esfuerzos pioneros en esa línea lo constituye el *Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía* (2003), al cual han seguido varias otras políticas y acciones enmarcadas dentro de la *Política Nacional del Medio Ambiente*, la *Estrategia Nacional del Medio Ambiente* y el *Plan Nacional de Cambio Climático*. Estas acciones incluyen el fortalecimiento de la observación sistemática del clima a través de la instalación de radares meteorológicos, estaciones agro-meteorológicas conjuntas MARN/MAG, el monitoreo por sequía, los puntos de calor (sistema de alerta para incendios forestales), programas de restauración y reforestación de ecosistemas críticos, etc. En ese sentido, se reconoce al *Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes* (PREP) como un esfuerzo emblemático de adaptación a la variabilidad climática en El Salvador, el mismo que incluye a dos zonas del Corredor Seco oriental entre sus áreas de intervención prioritarias. Bajo el marco de implementación de la estrategia institucional del Fondo de la Iniciativa para las Américas (FIAES 2015-2020), se están desarrollando planes de desarrollo local sostenibles (p.ej., Funsalprodese, 2016) con enfoque de adaptación al cambio climático de los medios de vida. Como un fondo que invierte en la restauración de áreas naturales de importancia ambiental, el que FIAES cuente con mitigación y adaptación al cambio climático como un eje transversal que aporta a la integración de consideraciones climáticas en el quehacer territorial.

A nivel de proyecto cabe resaltar los esfuerzos del MAG, CENTA y organizaciones no gubernamentales en el Corredor Seco. El proyecto *Fortalecimiento de la Agricultura Familiar Aplicando Tecnologías Sostenibles ante el Cambio Climático en El Salvador*, actualmente en su fase de cierre, intervino en 32 municipios del oriente enfocados en las prácticas y obras de conservación de suelos, obras de captación de agua y pequeños sistemas de riego, reforestación y fortalecimiento de capacidades productivas (p.ej., almacenamiento de semillas, producción frutícola y hortícola). Entre ONGs, se destacan los esfuerzos de Catholic Relief Services (CRS) para promover la adopción prácticas de agricultura y ganadería sostenible, trabajar la restauración de suelos, paisajes productivos y capacidad de recarga hídrica en zonas de agricultura de secano, en consonancia con las prácticas avanzadas por el PREP.

### 3. Metodología

#### 3.1. Enfoque General del Proyecto

En los últimos años se han desarrollado varias guías y lineamientos para facilitar la adaptación anticipada y planificada al cambio climático. La mayoría de estos enfoques se basan en un marco de seis pasos (Figura 1): (1) establecer el contexto; (2) evaluar la vulnerabilidad climática actual; (3) desarrollar y aplicar escenarios futuros; (4) evaluar la vulnerabilidad climática futura; (5) desarrollar opciones de adaptación; (6) implementar e integrar medidas de adaptación. En algunos casos se agrega un paso adicional: el monitoreo de resultados ambientales, sociales y económicos. Este proyecto ha abordado los pasos 1 a 5.

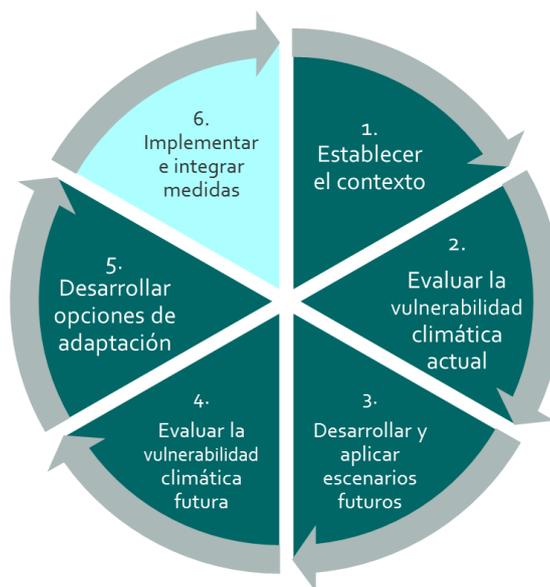


Figura 1: Proceso para la adaptación anticipada y planificada al cambio climático

Entender el concepto de vulnerabilidad climática y cómo se aplica en concreto en las evaluaciones de vulnerabilidad es esencial. La evaluación de la vulnerabilidad se ha abordado en este estudio considerando la definición del IPCC (2007) y los tres componentes principales que contribuyen a la vulnerabilidad de un territorio:

- La **exposición** o grado en que un sistema está expuesto a una variación en el clima (por ejemplo, al aumento de temperatura);
- La **sensibilidad** o grado en que un sistema puede verse afectado (positiva o negativamente) por los cambios en el clima;
- La **capacidad adaptativa** o el conjunto de recursos disponibles en los sistemas humanos o naturales para enfrentar las pérdidas y aprovechar las eventuales oportunidades que surjan con el cambio climático.

La interacción entre los tres componentes de vulnerabilidad climática, y por tanto la conceptualización de la misma, se ha abordado de distintas formas. El abordaje del IPCC, inclusive, ha ido evolucionado a fin de integrar conceptos de gestión de riesgos y reconocer la diferencia entre vulnerabilidad contextual y vulnerabilidad como resultado de un análisis (Field et al., 2014). La Figura 2 resume la relación de los componentes de la vulnerabilidad climática.

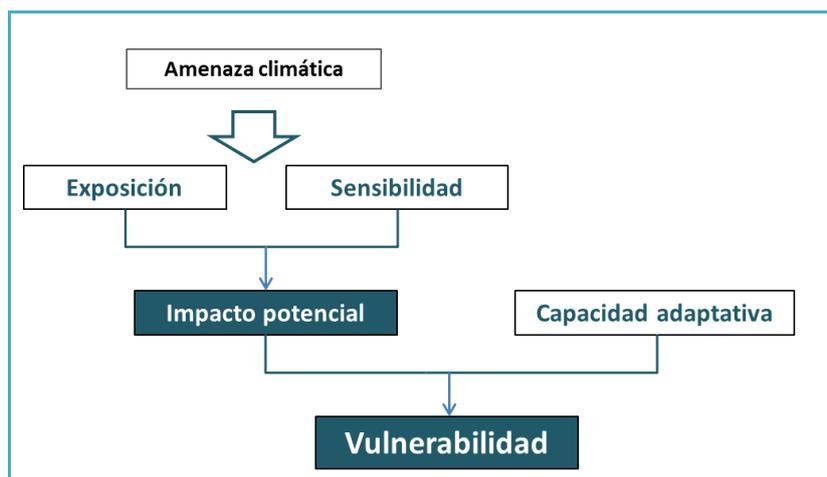


Figura 2: Vulnerabilidad climática (Adaptado de Marshall et al. 2010)

Considerando una amenaza climática concreta (por ejemplo, aumento de las precipitaciones máximas), se puede entender que la exposición (por ejemplo, proximidad a zonas inundables) y la sensibilidad (características de la infraestructura o el tipo de construcción) determinarán el impacto potencial asociado a dicha amenaza, impacto que puede ser modulado dependiendo de la capacidad adaptativa del sistema considerado (por ejemplo, capacidad de las estructuras de drenaje o existencia de un plan de emergencia para las inundaciones). Independientemente del marco seleccionado para el análisis de la vulnerabilidad, este debe ser apropiadamente comunicado y aplicado de forma consistente en las distintas fases del estudio.

### 3.2. Evaluación de la Vulnerabilidad Climática

El abordaje empleado en este proyecto para evaluar la vulnerabilidad de cada territorio al cambio climático se caracteriza por la utilización de indicadores y un conjunto de métodos cualitativos (desarrollo de cadenas de impacto) y cuantitativos (evaluación de indicadores) que analiza e integra los tres componentes de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) para las amenazas climáticas más relevantes. Secuencialmente (Figura 3), se partió de una conceptualización de los sistemas bajo estudio mediante la creación de cadenas de impacto, seguido por la selección de indicadores y recopilación de la información necesaria para el análisis. A continuación, los indicadores se estandarizaron y se integraron en el marco de análisis, en el que se asignan pesos tanto a los indicadores como a los componentes de la vulnerabilidad para su integración en un Índice de Vulnerabilidad (IV) por amenaza. Este IV se calcula tanto para la vulnerabilidad actual (condiciones climáticas actuales) como para la futura (proyecciones climáticas).

Tanto la evaluación de los distintos componentes (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) como de la vulnerabilidad se ha realizado a nivel municipal. Esto es debido a que es la menor escala a la que se identificó los datos e información suficiente para realizar el análisis. No obstante, y en la medida de lo posible, el análisis de vulnerabilidad climática a nivel municipal se ha complementado con observaciones y el conocimiento a nivel sub-municipal del equipo de consultores. Estas consideraciones a menor escala se han incluido en la discusión de los resultados para cada amenaza (ver Secciones 4 y 5).

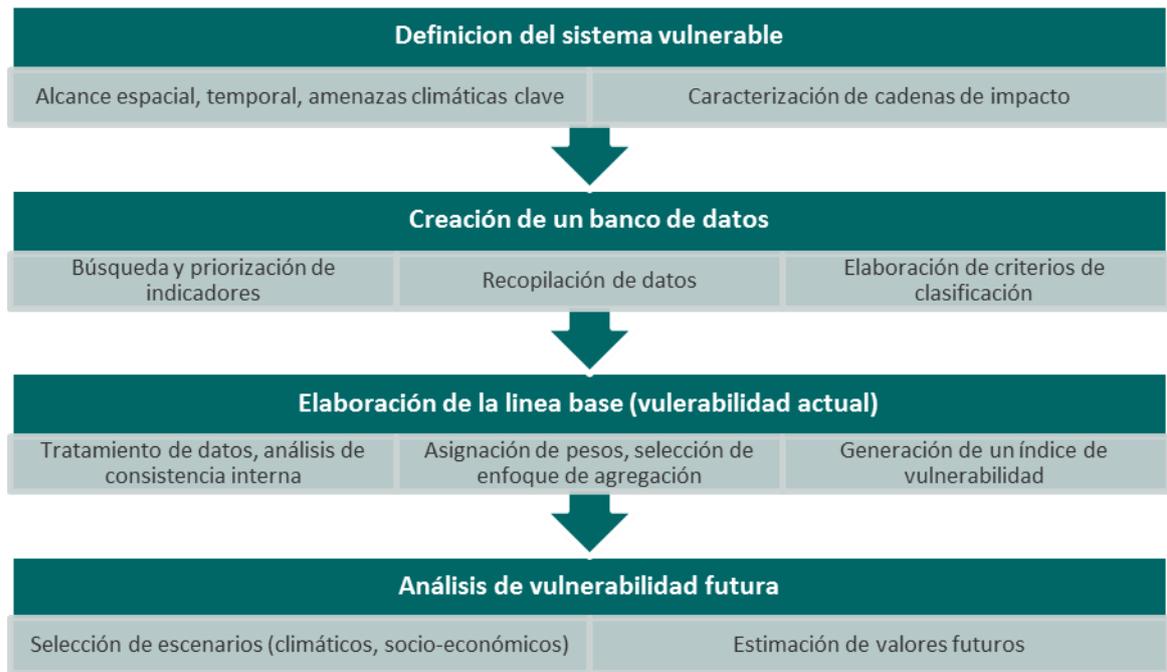


Figura 3: Secuencia para el análisis de la vulnerabilidad

### 3.2.1. Alcance de la Evaluación de Vulnerabilidad

El **Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)**, que abarca un total de 14 municipios, concentra el 27.2% de la población total del país (COAMSS - OPAMSS, 2013) con una densidad de población media de 2,903 habitantes por km<sup>2</sup>. El AMSS ocupa una extensión territorial de 610 km<sup>2</sup>, lo que supone el 3% de la superficie total del país (COAMSS-OPAMSS, 2016). El 70% de la inversión pública y privada se da en la zona, por lo tanto es la región con mayor actividad económica, política, financiera y cultural del país.

En un contexto de expansión del área urbana y dadas las características geológicas y edafológicas presentes en el AMSS, se determinó que el análisis de vulnerabilidad para este territorio se centraría en las siguientes amenazas climáticas:

- Aumento de la temperatura y riesgos asociados para la población urbana (TEMP)
- Aumento de la precipitación extrema y riesgos asociados a inundaciones y deslizamientos (PREP)
- Cambios en la precipitación anual y posibles riesgos para los recursos hídricos subterráneos (HID)

La unidad espacial de análisis para este territorio es el municipio, dado que las estadísticas socio económicas se encuentran agrupadas a nivel departamental y municipal. Se ha valorado la vulnerabilidad para los 14 municipios que componen el AMSS: Antiguo Cuscatlán, Santa Tecla, Apopa, Ayutuxtepeque, Cuscatancingo, Delgado, Ilopango, Mejicanos, Nejapa, San Marcos, San Martín, San Salvador, Soyapango y Tonacatepeque.

Toda la región del **Corredor Seco** Centroamericano está afectada por fenómenos cíclicos de sequía severa y alta. Las sequías se asocian con procesos de degradación ambiental, como la degradación de suelos y la desertificación, que combinados con condiciones climáticas adversas hacen del Corredor Seco una de las zonas de mayor vulnerabilidad ambiental en toda la región. Alrededor del 50% de la población económicamente activa del Corredor Seco se dedica a la agricultura (Bouroncle et al., 2015). En su mayor parte se trata de pequeños y medianos agricultores pobres en situación de desigualdad

social y con una fuerte dependencia de los ingresos derivados de la agricultura y una capacidad adaptativa de la población rural de esta región baja.

Tomando en cuenta este contexto socio-ambiental, así como las zonas, priorizadas por MARN, la información disponible, el análisis de vulnerabilidad en el Corredor Seco se ha centrado en las siguientes amenazas:

- Cambios en la precipitación anual que lleven a una intensificación de los fenómenos de sequía, que a su vez afecten la producción de granos básicos y de la seguridad alimentaria (SEG)
- Intensificación de los eventos de precipitación extrema que aumenten el riesgo de erosión y degradación de suelos (ERO)

El alcance geográfico para este territorio incluye los contornos del Golfo de Fonseca (Departamento de La Unión), norte del departamento de Morazán, la zona costera de los departamentos de Usulután, San Miguel y La Unión, así como municipios orientales que no están incluidos en las zonas anteriores pero que presentan un grado de sequía severo (FAO, 2012)<sup>i</sup>. Los 36 municipios incluidos en el análisis son los siguientes:

- Contornos del Golfo de Fonseca (Departamento de La Unión): Pasaquina, La Unión, Conchagua, El Carmen, San Alejo y Meanguera del Golfo.
- Norte del Departamento de Morazán: San Simón, Gualococti, Osicala, Delicias de Concepción, Yoloaiquin, Chilanga, Sensembra, Yamabal, Guatajiagua, San Carlos, El Divisadero, Joco, Sociedad, Lolotiquillo y San Francisco Gotera.
- Zona costera de los departamentos de Usulután, San Miguel y La Unión: Intipucá, Chirilagua, Jucuarán, El Tránsito, Concepción Batres, Usulután, San Dionisio, Puerto El Triunfo y Jiquilisco.
- Municipios del Corredor Seco Oriental actualmente afectados por un grado de sequía severo: San José (La Unión), Bolívar (La Unión), Yucuaiquín (La Unión), Uluazapa (San Miguel), Comacarán (San Miguel) y Yayantique (La Unión).

En cuanto a la **dimensión temporal** del análisis de vulnerabilidad, se han considerado los promedios de dos periodos para la vulnerabilidad futura, de acuerdo con los escenarios climáticos desarrollados para la Tercera Comunicación Nacional de El Salvador, que está en proceso de elaboración:

- Periodo 2021-2050, que representaría un horizonte de planificación para la adaptación de medio plazo.
- Periodo 2071-2100, que representaría un horizonte de planificación para la adaptación de largo plazo.

Para ambos periodos se consideran las proyecciones para el escenario de más bajas emisiones (RCP 2.6) y más altas emisiones (RCP 8.5).

### 3.2.2. Conceptualización del Sistema Usando Cadenas de Impacto

Para definir los mecanismos de vulnerabilidad e identificar qué componentes se ven afectados en cada territorio por las amenazas climáticas seleccionadas utilizamos **diagramas causa-efecto** o **mecanismos de impacto**. Estos diagramas son representaciones esquemáticas de cadenas de impactos que ilustran las relaciones entre los factores detonantes de un impacto (en este caso el cambio en una variable climática determinada) y los componentes del sistema que se está analizando, que pueden ser ambientales, sociales o económicos.





factores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación para los riesgos de inundaciones y deslizamientos.

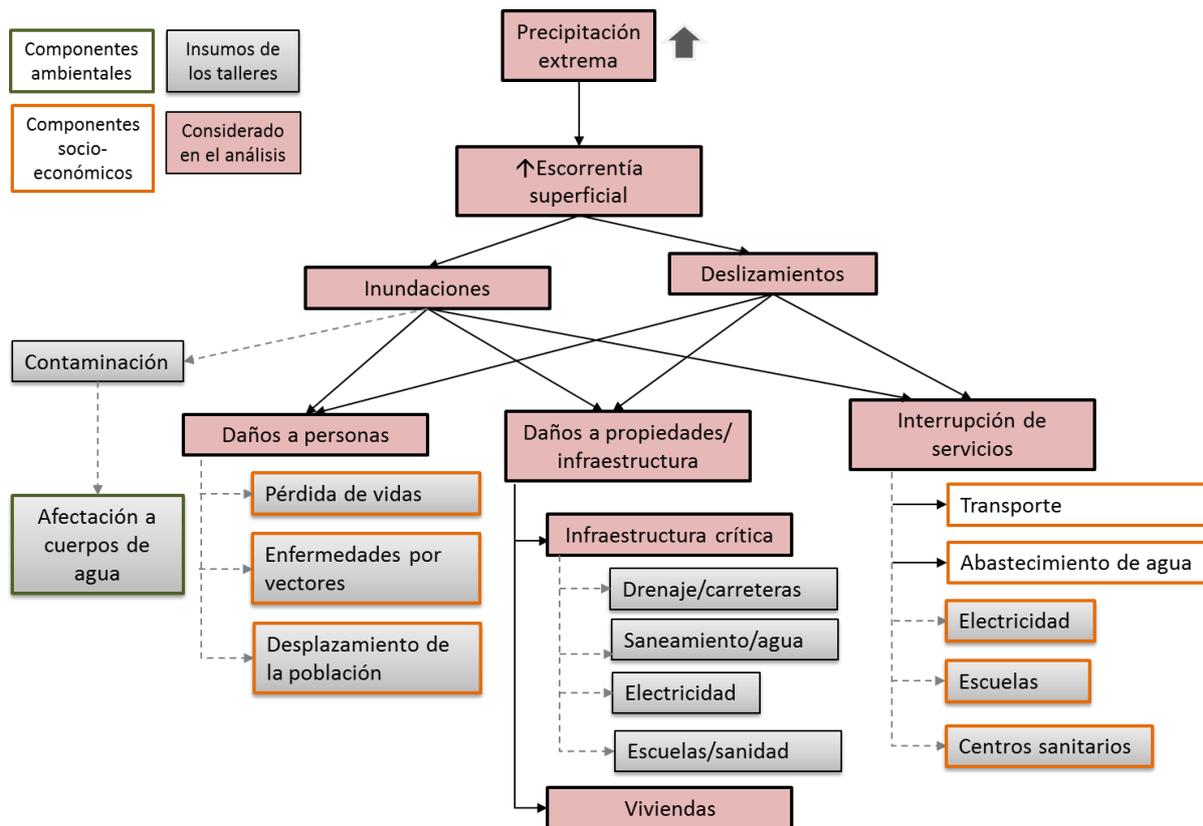


Figura 7: Cadena de impactos asociados al aumento de las precipitaciones extremas (PREP) en el AMSS

En cuanto a la dotación de recursos hídricos en el AMSS, se estima que un 41.7% del abastecimiento de la región se da a partir del acuífero de San Salvador (ANSA, 2016), el cual fluye bajo el AMSS. El resto del agua proviene del Sistema Zona Norte, otro sistema de aprovechamiento de agua subterránea localizado en el acuífero Opico Quezaltepeque en la subcuenca del Río Sucio; y de la Planta Potabilizadora Las Pavas, la cual consiste de una represa para tratar agua del río Lempa. De acuerdo al (MARN, 2016) la recarga acuífera de la zona varía entre 151 - 600 mm/año. El aumento de la demanda propiciado por el crecimiento del AMSS y una disminución potencial de la precipitación anual en la zona comprometen y afectan a la recarga de los acuíferos y a la disponibilidad de agua subterránea para la población.

Además, la expansión del área urbana también reduce las zonas permeables y por lo tanto impacta en la recarga de agua subterránea, flujo base de ríos y manantiales.

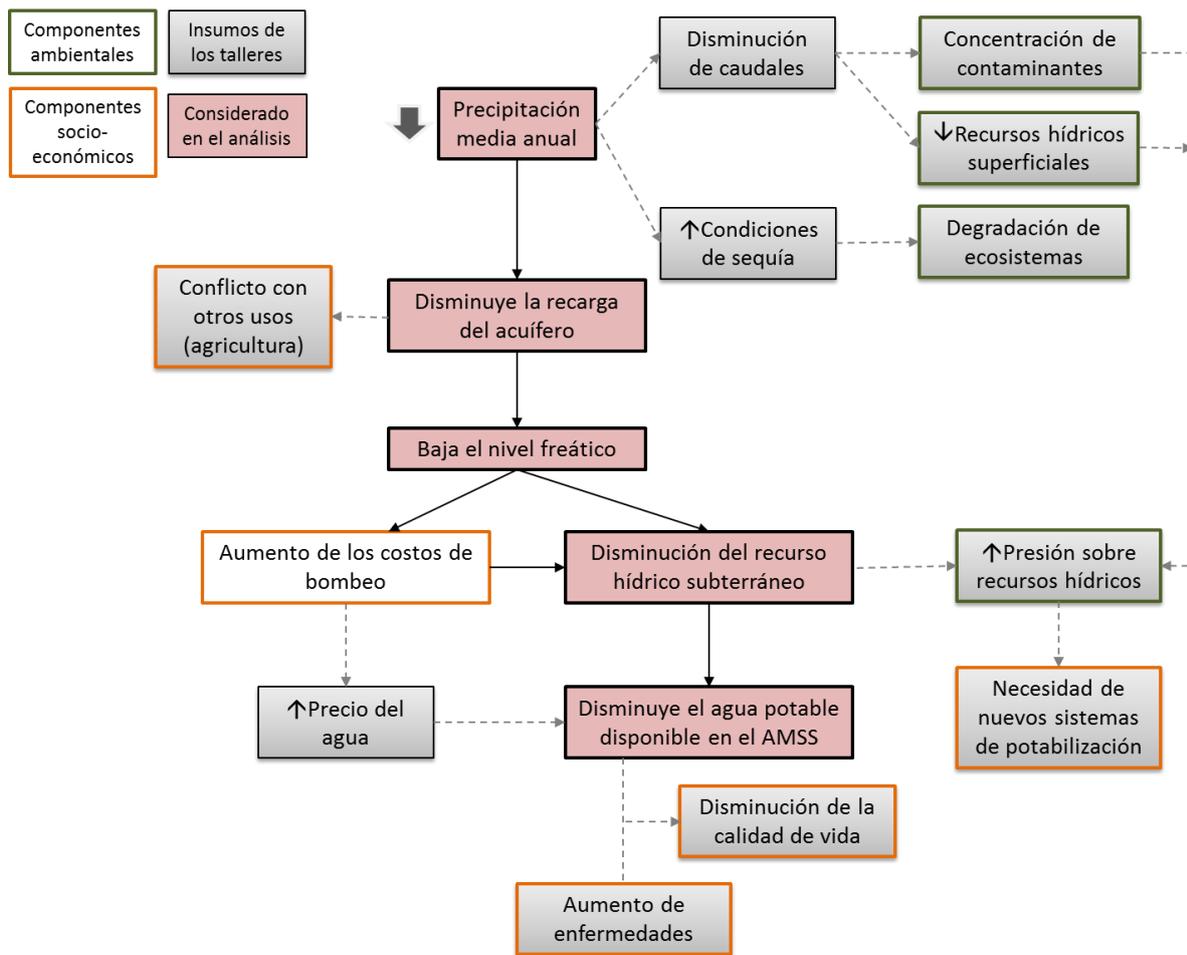
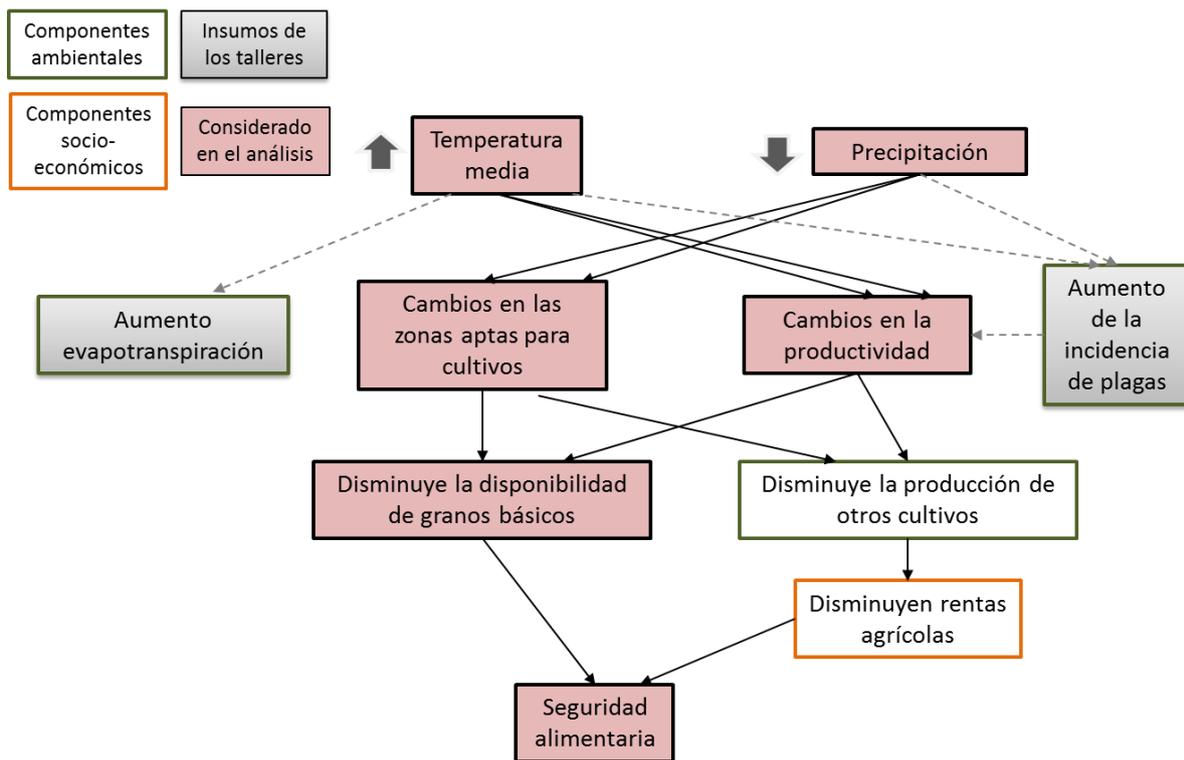


Figura 8: Cadena de impactos asociados a cambios en la precipitación anual y presión sobre el suministro de agua proveniente de recursos hídricos subterráneos (HID) en el AMSS

### Corredor Seco

Recurrentemente, la zona oriental del país muestra un área afectada significativamente por sequía fuerte, período seco con más de 15 días consecutivos. Los cambios en la productividad de los cultivos como consecuencia de las modificaciones en las variables climáticas, tienen repercusiones a nivel social, siendo una de ellas la inseguridad alimentaria. En la medida que se reducen las producciones de granos básicos, hay una marcada reducción de empleo y un incremento de precios, situación que incrementa los niveles de pobreza e insatisfacción de las necesidades básicas. Los cambios negativos en la dieta alimenticia, también inciden fuertemente en los niveles de mortalidad, morbilidad y esperanza de vida de la población. Se entiende la seguridad alimentaria como la disponibilidad adecuada, oportuna y suficiente de los alimentos que conforman la dieta básica (Aguilar, *sin fecha*). En El Salvador el maíz, arroz y frijol constituyen la dieta básica de la población y por lo tanto, la fuente principal de proteínas y calorías, aportando más del 50% de la ingesta calórica diaria per cápita, especialmente en el área rural.

La producción de maíz y frijol es realizada principalmente por pequeños productores, en el marco de una economía de subsistencia, cuya prioridad es cubrir las necesidades alimenticias del grupo familiar, y con los excedentes, generar ingresos para cubrir otros requerimientos familiares.



**Figura 9: Cadena de impactos asociados a cambios en la precipitación y temperatura media anual y los posibles riesgos para los cultivos y la seguridad alimentaria (SEG) en el Corredor Seco Oriental**

Las sequías recurrentes que ocurren en la zona oriental del país se asocian con procesos de degradación ambiental que, combinados con condiciones climáticas adversas, incrementan su recurrencia y sequedad y hacen del Corredor Seco una de las zonas de mayor vulnerabilidad ambiental en toda la región.

Estos procesos pueden intensificarse por los efectos del cambio climático y amplificar el deterioro ambiental debido al mal uso de la tierra e inadecuadas prácticas agrícolas, expansión de la frontera agrícola sin regulación, proliferación de asentamientos humanos sin planificación, alta vulnerabilidad de los pequeños productores de granos básicos y una falta de ordenamiento territorial. Uno de los mecanismos clave de degradación en la zona son los procesos erosivos desencadenados por lluvias extremas, que conducen a la pérdida de suelo y el posible daño a cultivos e infraestructura.

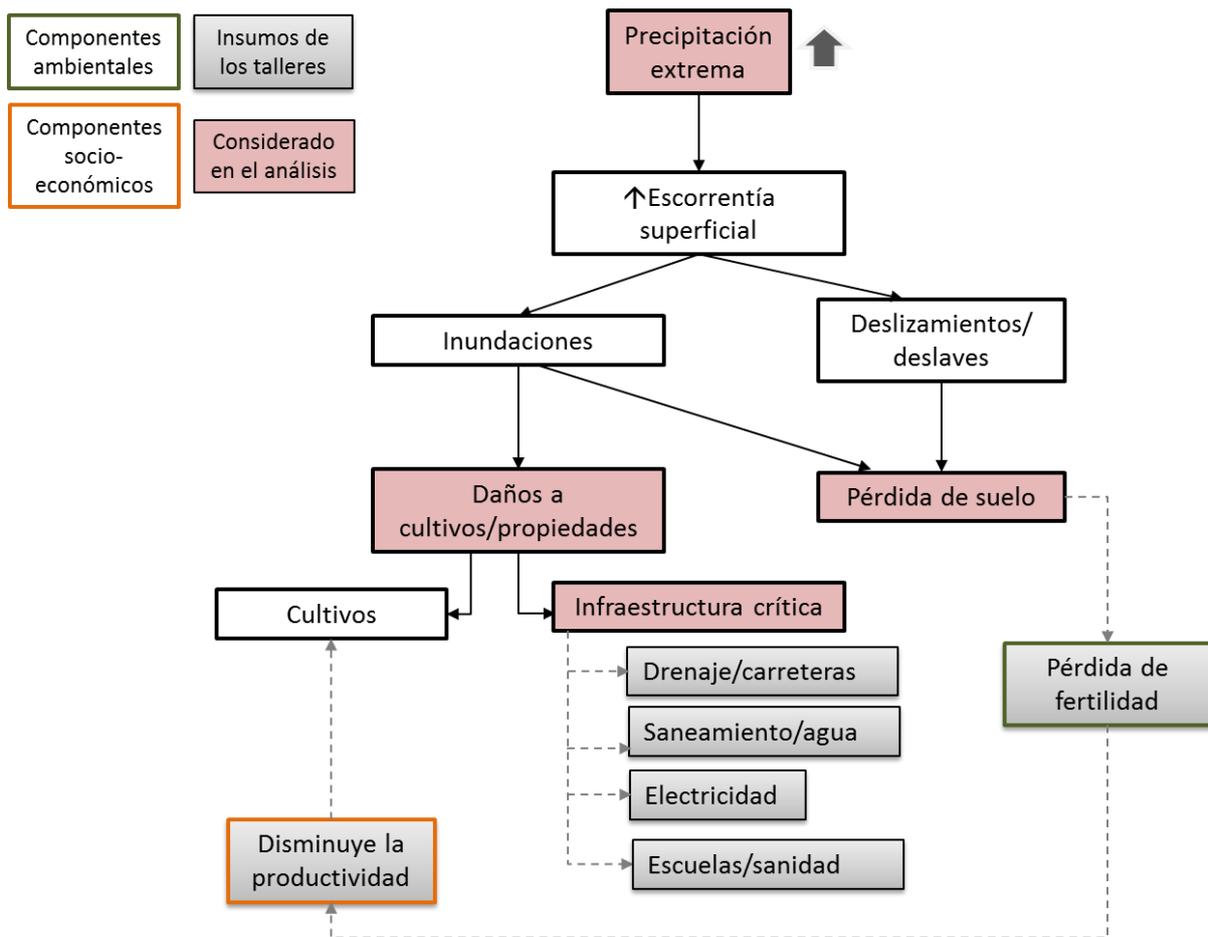


Figura 10: Cadena de impactos asociados al aumento de las precipitaciones extremas y la intensificación de procesos erosivos (ERO) en el Corredor Seco Oriental

### 3.2.3. Selección de Indicadores, Datos y Fuentes de información

El análisis de la vulnerabilidad basado en un enfoque de indicadores requiere que se identifiquen indicadores para cada una de las dimensiones estudiadas de la vulnerabilidad (Figura 11); amenazas climáticas, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

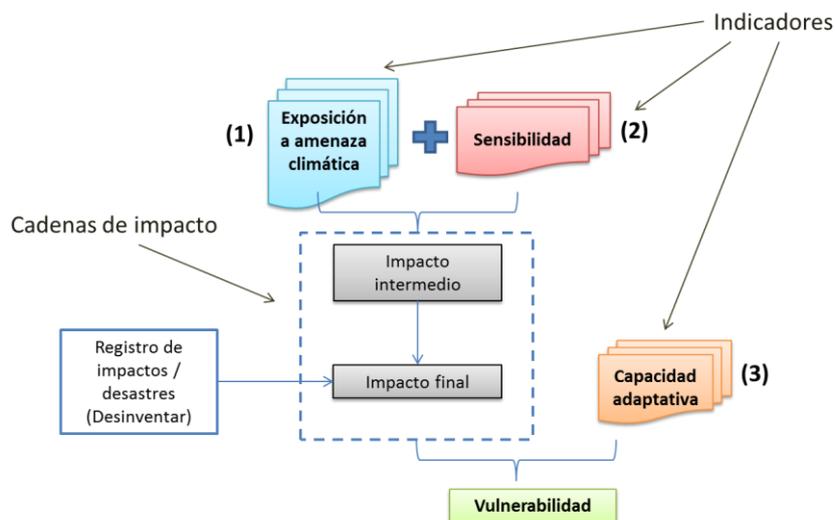


Figura 11: Marco conceptual para el análisis de la vulnerabilidad y utilización de indicadores

Para la selección de indicadores se consideraron dos aspectos principales: los indicadores utilizados en otros estudios para amenazas y territorios similares (Abajo et al. 2017, Bouroncle et al. 2015, Kumar et al. 2016) y la calidad y relevancia de la información disponible. La Tabla 6 resume los indicadores utilizados en este estudio; comprenden indicadores utilizados en estudios anteriores e indicadores desarrollados por el equipo consultor en base a la información disponible.

**Tabla 6: Indicadores seleccionados para el análisis de vulnerabilidad**

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
<b>Exposición</b>			
<b>Número de días con un Índice de Calor &gt; 125 (Nivel IV de riesgo según NOAA)</b>	En base a valores diarios de temperatura y humedad relativa, este indicador identifica los días por año con alta probabilidad de insolación, golpe de calor.	TEMP/aumento de la temperatura máxima	Línea base: Serie de datos del Observatorio Ambiental (2005-2012) para la estación telemétrica UES de San Salvador Clima futuro: Datos de CATHALAC (2017), informe preparado para la Tercera Comunicación Nacional de El Salvador, promedio de anomalías mensuales de temperaturas máximas y humedad relativa para escenarios RCP2.6 y 8.5 a dos horizontes temporales
<b>Número de días con precipitación superior a 50 mm</b>	Este umbral de precipitación se considera que puede desencadenar inundaciones, y efectos asociados de erosión, en el AMSS (Fernández-Lavado 2010). El indicador considera el número de días por año que se excedería este umbral.	PREP/aumento de las precipitaciones extremas y ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Línea base: Datos DACGER (2013) de precipitación diaria (2002-2011) para las estaciones S-10 (Ilopango) y U-11, U-14 y Z-2 (Corredor Seco) Clima futuro: Datos para El Salvador del portal de cambio climático del Banco Mundial. Indicador cambio en el número de días con precipitación >50mm para escenarios RCP2.6 y 8.5 a dos horizontes temporales
<b>Precipitación anual</b>	Aporte para la recarga del acuífero, informa sobre condiciones de sequía así como del agua disponible para los cultivos (mínimo 600 mm para granos básicos)	HID/cambios en la precipitación anual y SEG/cambios climáticos y seguridad alimentaria	Línea base del estudio de CATHALAC; serie de precipitaciones mensuales para el periodo 1961-1990 para la estación de Ilopango (S-10). Series de datos (1986-2015) del Observatorio Ambiental para las estaciones N-02, U-06 y Z-02
<b>Temperatura media anual</b>	Este parámetro informa sobre las condiciones de temperatura predominante para los cultivos (máximo 30° C para granos básicos)	SEG/cambios climáticos y seguridad alimentaria	Series de datos (1986-2015) del Observatorio Ambiental para las estaciones N-02, U-06 y Z-02
<b>Sensibilidad</b>			
<b>% de tejido urbano en zonas calentamiento medio y alto en el municipio</b>	Este indicador espacial identifica zonas urbanas localizadas en las zonas de calentamiento elevado según el mapa de clima urbano desarrollado por Abajo et al. 2017.	TEMP/aumento de la temperatura máxima	Análisis de la Isla de Calor y Mapa de Clima Urbano en AMSS. Proyecto: Planificación para el incremento de la temperatura debido al cambio climático en el Área Metropolitana de San Salvador, Febrero 2017
<b>% de tejido urbano en zonas inundables</b>	Este indicador espacial identifica zonas urbanas en riesgo de inundación, de	PREP/aumento de las precipitaciones extremas	Mapa de inundaciones según datos históricos (MARN)

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
	acuerdo al mapa de inundación nacional		
<b>% de tejido urbano en zonas de deslizamientos</b>	Este indicador espacial identifica zonas urbanas que se solapan con zonas en riesgo de deslizamientos	PREP/aumento de las precipitaciones extremas	Mapa de riesgo de deslizamientos (MARN)
<b>% suministro de agua procedente de pozos</b>	Porcentaje de hogares en el municipio que obtienen el agua potable a partir de pozos y, por tanto, dependen de los recursos hídricos subterráneos.	HID/cambios en la precipitación anual	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
<b>% superficie agrícola dedicada a granos básicos</b>	Identifica la dependencia de la agricultura del municipio de estos cultivos, que son clave para la seguridad alimentaria	SEG/cambios climáticos y seguridad alimentaria	Mapa de usos del suelo (MARN)
<b>% superficie agrícola en clases IV-VIII</b>	Porcentaje de la superficie agrícola del municipio que se encuentra en suelos con clase agrologica superior a la clase IV; indicativo de limitaciones significativas para la agricultura y de riesgo de erosión	ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Mapa de clases agrológicas (MARN-MAG)
<b>Tasa de dependencia</b>	La dependencia total corresponde a la relación entre la suma de los grupos de población menor de 15 años y mayor de 64 años de edad sobre la población de 15 a 64 años de edad de un municipio	TEMP, PREP, SEG	DIGESTYC (2007)
<b>Estado nutricional de escolares de primer grado</b>	Es la proporción (porcentaje) de niñas y niños que asisten al primer grado de educación básica que al ser evaluados con el índice talla/edad (T/E), se encuentran abajo de - 2 desviaciones estándar (DE), clasificándose como desnutrición crónica o retardo del crecimiento.	SEG/cambios en precipitación/temperatura y riesgos para la producción de granos básicos	Datos municipales del Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional (2016)
<b>% viviendas en NO buen estado</b>	Identifica viviendas con condiciones de confort deficientes y más susceptibles a los efectos de un aumento de la temperatura	TEMP/aumento de la temperatura máxima	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
<b>% hogares afectados por tormenta, lluvias</b>	Porcentaje de hogares del municipio que reportan haber sido afectados por lluvias; indicativo de la	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, ERO/intensificación	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
	sensibilidad de las viviendas a estos eventos climáticos	de procesos erosivos en el Corredor Seco	
<b>% tejido urbano que se considera precario</b>	Porcentaje de la superficie urbana que se considera corresponde a asentamientos precarios y es, por tanto, más sensible a eventos climáticos	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, TEMP/aumento de la temperatura máxima	Mapa de usos del suelo (MARN)
<b>% Población en situación de pobreza</b>	Refleja las condiciones de pobreza del municipio, mediante el porcentaje de hogares con pobreza severa y relativa respecto al total de los hogares	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, TEMP/aumento de la temperatura máxima, SEG/seguridad alimentaria	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
<b>% Población menor de 3 años</b>	Grupo vulnerable a los efectos de un aumento de temperatura	TEMP/aumento de la temperatura máxima	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
<b>Presencia/número de infraestructura crítica en zonas expuestas a inundaciones, deslizamientos o zonas con pendiente &gt; 30%</b>	Identifica infraestructura crítica (escuelas, centros de salud, subestaciones eléctricas, elementos de abastecimiento y tratamiento de las aguas) en zonas expuestas a riesgos climáticos	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Mapas de inundaciones, riesgo de deslizamientos y rango de pendientes (MARN)
<b>% Hogares afectados por sequía</b>	Porcentaje de hogares del municipio que reportan haber sido afectados por la sequía; indicativo de la sensibilidad de las viviendas a estos eventos climáticos	HID/cambios en la precipitación anual, SEG/seguridad alimentaria	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
<b># de habitantes por pozo</b>	El promedio municipal del número de habitantes abastecidos por pozo indica el grado de dependencia de la población de las aguas subterráneas	HID/cambios en la precipitación anual	Información espacial con la localización de los pozos (ANDA) y número total de habitantes por municipio (Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2016, DIGESTYC)
<b>% nuevas conexiones de agua</b>	Porcentaje de nuevas conexiones a fuentes de agua, que indican una demanda creciente o escasez de agua en el municipio	HID/cambios en la precipitación anual	Boletín Informativo del ANDA (2015) para los municipios del AMSS
<b>Grado de urbanización del municipio</b>	Porcentaje de la superficie del municipio con tejido urbano continuo, lo que indica altos niveles de impermeabilización y susceptibilidad a inundaciones, potencial de alteración de microclimas	TEMP/aumento de la temperatura máxima, PREP/aumento de las precipitaciones extremas	Mapa de usos del suelo (MARN)

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
<b>% población afectada por corte de servicio</b>	Informa sobre la población que sufre de cortes de servicio de agua potable respecto al total de la población del municipio. Identifica fallos en el sistema de abastecimiento que se podrían agravar con el cambio climático	HID/cambios en la precipitación anual	Datos (para el año 2016) facilitados directamente por ANDA
<b>% pequeños productores</b>	Porcentaje de pequeños productores respecto al total de productores agrícolas. Identifica la importancia de este tipo de productor, más afectado por los impactos climáticos	SEG/seguridad alimentaria	IV Censo agropecuario (2007)
<b>% pequeños productores femeninos</b>	Informa sobre el porcentaje de productores agrícolas que se corresponden con mujeres	SEG/seguridad alimentaria	IV Censo agropecuario (2007)
<b>% productores dedicados a granos básicos</b>	Identifica la importancia de este grupo de productores, generalmente de pequeño tamaño y en condiciones de pobreza	SEG/seguridad alimentaria	IV Censo agropecuario (2007)
<b>% Municipio con &gt;30% de pendiente</b>	Porcentaje de la superficie del municipio en riesgo de erosión	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Mapa de rango de pendientes (MARN)
<b>Capacidad adaptativa</b>			
<b>% hogares con acceso a agua y/o electricidad</b>	Porcentaje de hogares con dotación de servicios de agua y/o electricidad, lo que les puede ayudar a paliar algunos efectos climáticos	TEMP/aumento de la temperatura máxima, HID/cambios en la precipitación anual	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
<b>% hogares con internet</b>	Indicador que informa sobre la capacidad de acceso a la información y de comunicación en caso de alertas, emergencias	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
<b>% de población alfabetizada</b>	Información general sobre el nivel de educación y capacitación de la población	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, TEMP/aumento de	Datos CONASAN (2007)

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
		la temperatura máxima	
<b>% vegetación natural y cuerpos de agua en el municipio</b>	Porcentaje de la superficie municipal compuesta por vegetación natural y cuerpos de agua. Estas superficies pueden ejercer un efecto positivo regulando el microclima	HID/cambios en la precipitación anual	Mapa de usos del suelo (MARN)
<b>% áreas verdes en la municipalidad</b>	Proporción de áreas verdes que pueden ejercer un efecto positivo regulando el microclima y moderando el aumento de las temperaturas	TEMP/aumento de la temperatura máxima	Mapas de rango de pendientes (MARN)
<b># de albergues por el número de habitantes</b>	Disponibilidad de infraestructura para acoger a los ciudadanos en caso de emergencias climáticas	TEMP/aumento de la temperatura máxima, PREP/aumento de las precipitaciones extremas	Protección Civil, planes de mitigación de riesgos
<b># pozos de monitoreo del nivel freático</b>	Monitoreo de condiciones del acuífero es parte de un sistema de alerta temprana	HID/cambios en la precipitación anual	Información de ANDA
<b>% área de recarga en zona no urbanizada</b>	Capacidad de infiltración	HID/cambios en la precipitación anual	Mapa de recarga del acuífero del Acelhuate (OPAMSS) y mapa de uso del suelo (MARN)
<b>% tejido urbano discontinuo y zonas verdes</b>	Capacidad de atenuar el efecto de temperaturas extremas	TEMP/aumento de la temperatura máxima	Mapa de uso del suelo (MARN)
<b>% productores con equipo de riego</b>	Capacidad técnica de contrarrestar los efectos de la sequía	SEG/seguridad alimentaria	IV Censo agropecuario (2007)
<b>% productores con equipo de almacenamiento de agua</b>	Capacidad de almacenar agua	SEG/seguridad alimentaria	IV Censo agropecuario (2007)
<b>% productores con bomba achicadora</b>	Capacidad para desalojar agua de los cultivos en caso de inundación, precipitación extrema	ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	IV Censo agropecuario (2007)
<b>% hogares que son miembros de una cooperativa</b>	Capacidad de organización, acceso a recursos colectivos, etc.	SEG/seguridad alimentaria, ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
<b>% hogares con producción de patio para consumo</b>	Capacidad de producir alimentos para autoabastecimiento	SEG/seguridad alimentaria	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
<b>% hogares que reciben paquete agrícola</b>	Porcentaje de hogares que reciben apoyo en forma de semillas y otros insumos	SEG/seguridad alimentaria, ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)47

### 3.2.4. Integración de Indicadores y Evaluación de la Vulnerabilidad

Las evaluaciones de vulnerabilidad basadas en indicadores generalmente apuntan a la caracterización de los procesos que configuran la vulnerabilidad en el sistema bajo análisis. El enfoque habitual es evaluar estos aspectos/indicadores inicialmente por separado y combinarlos luego en índices agregados o sintéticos de vulnerabilidad (Tapia et al. 2017).

**Antes de proceder al cálculo de la vulnerabilidad para cada amenaza los valores de los indicadores se estandarizaron entre 0 y 1 utilizando como método el establecimiento de rangos críticos** (Kumar et al. 2016); es decir, valores mínimos y máximos para cada indicador que establecen un rango a partir del que se puede realizar la estandarización. En la medida de lo posible, estos rangos se han establecido en base a umbrales o niveles críticos definidos en la literatura. Si no se han encontrado valores de referencia en la literatura, estos rangos críticos se han establecido en base al rango de valores obtenido para cada municipio y al juicio de los consultores en cuanto a umbrales razonables para cada variable/indicador. En los casos en que esta información no existe, se han estimado los rangos en función del rango real obtenido para el indicador (por ejemplo, el porcentaje de cobertura de la red sanitaria varía para los municipios estudiados entre el 20 y el 80%), estableciendo el máximo para valores que se espera supondrían un cambio/efecto sustancial en el sistema de ser superados.

Existen distintos métodos para la agregación de indicadores (Nelitz et al. 2013). La elección del método más adecuado depende, en gran parte, de la calidad y cantidad de información disponible para los indicadores seleccionados. Para este análisis se ha evaluado la vulnerabilidad como un índice de vulnerabilidad estandarizado, con valores entre 0 y 1, que resulta de la suma ponderada de los tres componentes que intervienen en la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa):

$$IV = \frac{\sum E_i + \sum S_i + (1 - \sum CA_i)}{3}$$

Dónde:

- $E_i$  = Indicadores de exposición
- $S_i$  = Indicadores de sensibilidad
- $CA_i$  = Indicadores de capacidad adaptativa

La suma de los indicadores considerados para la evaluación de cada componente (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) varía entre 0 y 1 y se han asignado pesos específicos a cada indicador normalizado para captar este rango de valores.

En los casos en que la vulnerabilidad se estima nula, ya sea porque no hay exposición o porque la sensibilidad del sistema es nula para la amenaza estudiada, estos municipios se han excluido del análisis.

El ajuste de los pesos de cada componente de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa), así como los pesos para los indicadores de cada componente, se ha realizado de forma iterativa, comparando los resultados del IV con información disponible sobre las amenazas estudiadas, así como en base al juicio experto y conocimiento que los miembros del equipo tienen sobre los municipios estudiados (Debortoli et al. 2017).

Los resultados de vulnerabilidad obtenidos se han categorizado de acuerdo a sus percentiles 0.25, 0.50 y 0.75 con el objetivo de asignar clases o grados de vulnerabilidad a cada municipio: muy alta (valor de IV > percentil 0.75), alta (valor de IV > percentil 0.5), moderada (valor de IV > percentil 0.25) y baja (valor de IV < percentil 0.25). Estas clases de vulnerabilidad se representan en los mapas incluidos en las [Secciones 4 y 5](#).

Por ejemplo, en el caso de la vulnerabilidad asociada al aumento de precipitaciones extremas y los riesgos asociados de inundación y deslizamientos, los resultados del IV para cada municipio se contrastaron con los registros de desastres y pérdidas (del 1960 al 2015 para los municipios del AMSS) asociados a estos tipos de amenaza y compilados en la base de datos [Desinventar](#).

La vulnerabilidad futura para cada amenaza se evalúa considerando la exposición futura en función de las proyecciones climáticas para cada escenario considerado (2021-2050: RCP 2.6 y 8.5, 2071-2100: RCP 2.6 y 8.5). Cabe señalar que, dado el gran grado de incertidumbre, no se han considerado escenarios futuros para la sensibilidad y la capacidad adaptativa; si no que se considera como afectaría el clima futuro a las condiciones socio-económicas y ambientales actuales.

### 3.3. Adaptación Anticipada y Planificada al Cambio Climático

El abordaje empleado en este proyecto para priorizar medidas y estrategias de adaptación para cada territorio al cambio climático se caracteriza por un proceso de evaluación participativo y multi-criterio de las opciones de adaptación (NC State Extension, nd; Hernandez et al. 2017; Guillen Bolaños et al., 2016; Cox et al., 2013; RPA, 2004; Baca et al, 2014). Secuencialmente (A continuación, se revisaron documentos de política y planes rectores pertinentes a los dos territorios para definir objetivos y criterios para la adaptación planificada y la comparación entre estrategias y medidas (2). Se logró alguna validación de la relevancia de dichos objetivos y criterios gracias a la participación de 13 actores estratégicos en una encuesta en línea; en base a su retroalimentación adecuamos los objetivos y criterios y la asignación de pesos a los diferentes criterios. El proceso de evaluación de opciones de adaptación y comprensión de barreras y factores habilitantes para la implementación (3) se realizó mediante una serie de siete grupos focales (tres para el AMSS y cuatro para el Corredor Seco) y análisis del equipo consultor. Los resultados de los análisis de vulnerabilidad climática y de los pasos (1) y (2) fueron insumos importantes para los grupos focales. En la medida de lo posible hemos retomado las estrategias y medidas de adaptación propuestas en estudios recientes (p.ej., del estudio de temperaturas extremas en el AMSS), políticas, planes y lineamientos.

Como último paso se elaboraron recomendaciones sobre líneas temáticas y acciones de adaptación con gran potencial de implementación, así como un listado (no exhaustivo) de indicadores de adaptación para propiciar el monitoreo y la evaluación de las opciones que se implementen (4). La priorización de las acciones a recomendar partió de un análisis multi-criterio cualitativo, utilizando las siguientes matrices de evaluación para ponderar los aportes de una lista larga de acciones. Los resultados del análisis multi-criterio se revisaron y consensuaron al interno del equipo consultor.

**Tabla 7: Criterios aplicados a la ponderación de opciones de adaptación para el AMSS. Los valores en paréntesis son los pesos asignados a los objetivos y criterios, en base a la retroalimentación de actores.**

Objetivo	Criterio	Indicadores	Puntaje
1. Mejoramiento de la relación entre el medio ambiental natural y medio construido (0.3)	1.1 Mejoramiento y protección de microcuencas (0.5)	1.1.1 ↑ Cobertura vegetal (áreas verdes en zonas urbanas; área boscosa en zonas rurales)	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		1.1.2 ↓ Inundaciones locales por lluvias intensas	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		1.1.3 Mejoramiento del índice de seguridad hídrica	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
	1.2 Idoneidad del territorio	1.2.1 ↑ Coherencia del desarrollo territorial con condiciones geológicas	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta

Objetivo	Criterio	Indicadores	Puntaje
		1.2.2 Mejoramiento del confort térmico	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		1.2.3 ↓ / manejo de migración interna por eventos extremos	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
2. Prosperidad económica y social (0.2)	2.1 Equidad y distribución de beneficios (0.5)	2.1.1 ↑ entorno favorable para obras o acciones de mejora a nivel municipal	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		2.1.2 ↓ de segregación socio-espacial	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
	2.2 Riesgo socio-económico (0.5)	2.2.1 ↑ Capacidad local de resistir y recuperarse rápidamente de fenómenos climáticos extremos	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		2.2.2 ↑ Acceso a y uso de mecanismos de gestión de riesgo	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
3. Fortalecimiento de capacidades e institucionalidad (0.2)	3.1 Capacidad humana (0.5)	3.1.1 ↑ Educación de la población	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		3.1.2 ↑ Acceso a la información técnica y científica y promoción de su uso	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		3.1.3 ↑ Promoción de investigación & desarrollo tecnológico	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
	3.2 Institucionalidad (instituciones favorecen la adaptación y su aplicabilidad) (0.5)	3.2.1 ↑ Coherencia entre áreas de política y planificación (desarrollo territorial, vivienda, saneamiento, transporte, conservación y protección ambiental) para abordar la adaptación al cambio climático	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		3.2.2 ↑ Integración de consideraciones climáticas en procesos de desarrollo territorial	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
4. Implementabilidad (facilidad de llevar a cabo la medida teniendo en cuenta posibles barreras para su implementación) (0.3)	4.1 Facilidad de implementación (0.5)	4.1.1 Existencia de capacidad humana instalada	2=capacidad más que suficiente 1=alguna capacidad 0=deficiencias en capacidad
		4.1.2 Existencia de marco institucional / normativa que favorezcan la implementación	2=existencia de marcos relevantes 0=vacío institucional
	4.2 Financiamiento (0.5)	4.2.1 Disponibilidad de recursos financieros	2=se puede financiar mediante la reasignación de recursos existentes 1=potenciales fuentes identificadas 0=financiación incierta / nula

Objetivo	Criterio	Indicadores	Puntaje
		4.2.2 Relación costo: beneficio aceptable	2=Evidencia robusta de beneficio neto 1=Alguna evidencia de beneficio neto 0=Sin evidencia, costo alto

), se partió de la identificación de iniciativas de adaptación que se están llevando a cabo o se planean para los dos territorios, así como otras medidas de adaptación relevantes de la literatura regional e internacional, como también del juicio experto, y de la experiencia en regiones comparables para la elaboración de fichas de resumen de opciones de adaptación (1).

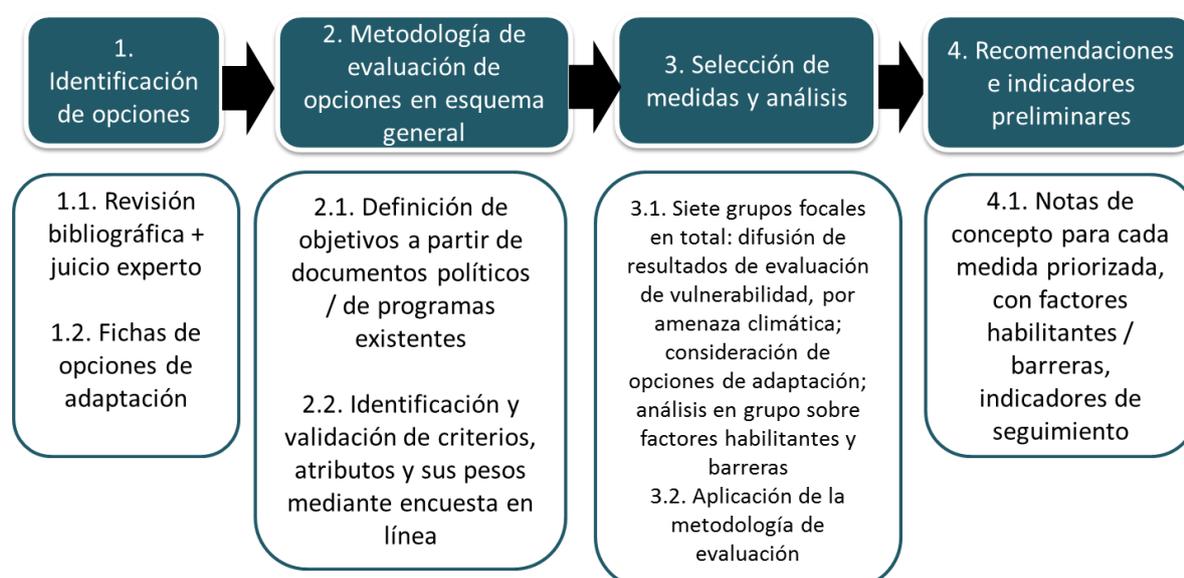


Figura 12: Secuencia para la priorización de estrategias y medidas de adaptación

En concordancia con las amenazas climáticas abordadas en el análisis de vulnerabilidad, nuestras investigaciones sobre opciones de adaptación se centraron en las siguientes temáticas:

- Producción agrícola (soluciones tecnológicas, conservación de suelos, soluciones institucionales, capacidades, diversificación)
- Seguridad alimentaria
- Manejo de paisaje, suelos, bosques
- Manejo de recursos hídricos en contexto rural y urbano
- Reducción de islas de calor / mejorar el confort térmico
- Reducción de la exposición humana al calor extremo
- Mejoramiento de sistemas de drenaje en contextos urbanos
- Mitigación de riesgo de inundaciones
- Mitigación de riesgo de deslizamientos
- Sistemas de alerta temprana

A continuación, se revisaron documentos de política y planes rectores pertinentes a los dos territorios para definir objetivos y criterios para la adaptación planificada y la comparación entre estrategias y medidas (2). Se logró alguna validación de la relevancia de dichos objetivos y criterios gracias a la participación de 13 actores estratégicos en una encuesta en línea; en base a su retroalimentación adecuamos los objetivos y criterios y la asignación de pesos a los diferentes criterios. El proceso de

evaluación de opciones de adaptación y comprensión de barreras y factores habilitantes para la implementación (3) se realizó mediante una serie de siete grupos focales (tres para el AMSS y cuatro para el Corredor Seco) y análisis del equipo consultor. Los resultados de los análisis de vulnerabilidad climática y de los pasos (1) y (2) fueron insumos importantes para los grupos focales. En la medida de lo posible hemos retomado las estrategias y medidas de adaptación propuestas en estudios recientes (p.ej., del estudio de temperaturas extremas en el AMSS), políticas, planes y lineamientos.

Como último paso se elaboraron recomendaciones sobre líneas temáticas y acciones de adaptación con gran potencial de implementación, así como un listado (no exhaustivo) de indicadores de adaptación para propiciar el monitoreo y la evaluación de las opciones que se implementen (4). La priorización de las acciones a recomendar partió de un análisis multi-criterio cualitativo, utilizando las siguientes matrices de evaluación para ponderar los aportes de una lista larga de acciones. Los resultados del análisis multi-criterio se revisaron y consensuaron al interno del equipo consultor.

**Tabla 7: Criterios aplicados a la ponderación de opciones de adaptación para el AMSS. Los valores en paréntesis son los pesos asignados a los objetivos y criterios, en base a la retroalimentación de actores.**

Objetivo	Criterio	Indicadores	Puntaje
1. Mejoramiento de la relación entre el medio ambiental natural y medio construido (0.3)	1.1 Mejoramiento y protección de microcuencas (0.5)	1.1.1 ↑ Cobertura vegetal (áreas verdes en zonas urbanas; área boscosa en zonas rurales)	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		1.1.2 ↓ Inundaciones locales por lluvias intensas	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		1.1.3 Mejoramiento del índice de seguridad hídrica	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
	1.2 Idoneidad del territorio para determinado uso (0.5)	1.2.1 ↑ Coherencia del desarrollo territorial con condiciones geológicas	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		1.2.2 Mejoramiento del confort térmico	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		1.2.3 ↓ / manejo de migración interna por eventos extremos	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
2. Prosperidad económica y social (0.2)	2.1 Equidad y distribución de beneficios (0.5)	2.1.1 ↑ entorno favorable para obras o acciones de mejora a nivel municipal	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		2.1.2 ↓ de segregación socio-espacial	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
	2.2 Riesgo socio-económico (0.5)	2.2.1 ↑ Capacidad local de resistir y recuperarse rápidamente de fenómenos climáticos extremos	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		2.2.2 ↑ Acceso a y uso de mecanismos de gestión de riesgo	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta

Objetivo	Criterio	Indicadores	Puntaje
3. Fortalecimiento de capacidades e institucionalidad (0.2)	3.1 Capacidad humana (0.5)	3.1.1 ↑ Educación de la población	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		3.1.2 ↑ Acceso a la información técnica y científica y promoción de su uso	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		3.1.3 ↑ Promoción de investigación & desarrollo tecnológico	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
	3.2 Institucionalidad (instituciones favorecen la adaptación y su aplicabilidad) (0.5)	3.2.1 ↑ Coherencia entre áreas de política y planificación (desarrollo territorial, vivienda, saneamiento, transporte, conservación y protección ambiental) para abordar la adaptación al cambio climático	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		3.2.2 ↑ Integración de consideraciones climáticas en procesos de desarrollo territorial	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
4. Implementabilidad (facilidad de llevar a cabo la medida teniendo en cuenta posibles barreras para su implementación) (0.3)	4.1 Facilidad de implementación (0.5)	4.1.1 Existencia de capacidad humana instalada	2=capacidad más que suficiente 1=alguna capacidad 0=deficiencias en capacidad
		4.1.2 Existencia de marco institucional / normativa que favorezcan la implementación	2=existencia de marcos relevantes 0=vacío institucional
	4.2 Financiamiento (0.5)	4.2.1 Disponibilidad de recursos financieros	2=se puede financiar mediante la reasignación de recursos existentes 1=potenciales fuentes identificadas 0=financiación incierta / nula
		4.2.2 Relación costo: beneficio aceptable	2=Evidencia robusta de beneficio neto 1=Alguna evidencia de beneficio neto 0=Sin evidencia, costo alto

Tabla 8: Criterios aplicados a la ponderación de opciones de adaptación para el Corredor Seco Oriental. Los valores en paréntesis son los pesos asignados a los objetivos y criterios, en base a la retroalimentación de actores.

Objetivo	Criterios	Indicadores	Puntaje
1. Mejoramiento del medio ambiente natural (0.22)	1.1 Conservación de la biodiversidad (0.3)	1.1.1 ↑ Calidad y extensión de ecosistemas nativos	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		1.1.2 ↑ calidad y extensión de ecosistemas críticos (manglares, bosques de galería, humedales, corredores biológicos)	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta

Objetivo	Criterios	Indicadores	Puntaje
	1.2 Mejoramiento y protección de suelos y cuencas (0.3)	1.2.1 ↓ de erosión y pérdida de suelo	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		1.2.2 Mejoramiento del índice de seguridad hídrica (seguridad en el abastecimiento/disponibilidad de recursos hídricos)	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
	1.3 Mitigación del cambio climático (0.3)	1.3.1 ↑ Captura de CO2 y fijación de carbono en el suelo y la vegetación	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
2. Prosperidad económica y social (0.20)	2.1 Equidad y distribución de beneficios (0.3)	2.1.1 Mejoramiento de medios de vida	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		2.1.2 ↑ oportunidades de empleo, aumento y diversificación de ingresos	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
	2.2 Competitividad de sectores productivos (0.3)	2.2.1 ↑ conectividad estable a mercados	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		2.2.2 ↑ diversificación de la producción agropecuaria	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		2.2.3 ↓/ evitar pérdidas a la actividad agropecuaria por fenómenos climáticos extremos	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
	2.3 Riesgo socio-económico (0.3)	2.2.4 ↑ Capacidad local de resistir y recuperarse rápidamente de fenómenos climáticos extremos	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		2.2.5 ↑ Acceso a y uso de mecanismos de gestión de riesgo	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
3. Salud y seguridad humana (0.21)	3.1 Seguridad alimentaria y nutricional (0.5)	3.1.1 Disponibilidad interna suficiente y estable de alimentos	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
	3.2 Protección ante desastres (0.5)	3.2.1 ↓ pérdidas de vidas humanas y número de damnificados por fenómenos climáticos extremos	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		3.2.2 Nivel de satisfacción de las necesidades vitales de alimentos y agua potable durante y después de fenómenos climáticos extremos	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
4. Fortalecimiento de capacidades e institucionalidad (0.20)	4.1 Capacidad humana (0.5)	4.1.1 ↑ Educación de la población, incluyendo sensibilización ambiental y en especial comunicación dirigida a grupos vulnerables	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		4.1.2 Fortalecimiento de levantamiento de datos, monitoreo, generación de proyecciones	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta

Objetivo	Criterios	Indicadores	Puntaje
	4.2 Institucionalidad (0.5)	4.1.3 ↑ Promoción de investigación, desarrollo tecnológico & servicios de extensión	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		4.2.1 ↑ Políticas, planes, programas con potencial de transformar al sector hacia la resiliencia climática	2=aporte significativo 1=aporte moderado 0=no aporta
		4.2.2. ↑ Capacidad de seguimiento a la aplicación del marco legal y normativo	2=capacidad más que suficiente 1=alguna capacidad 0=deficiencias en capacidad
5. Implementabilidad (facilidad de llevar a cabo la medida teniendo en cuenta posibles barreras para su implementación) (0.18)	4.1 Capacidad humana (0.5)	5.1.1 Aceptación social	2=demostrada localmente 1=experiencias nacionales, identificada con actores 0=sin probar / existe oposición
		5.1.2 Existencia de capacidad humana instalada	2=capacidad más que suficiente 1=alguna capacidad 0=deficiencias en capacidad
		5.1.3 Disponibilidad de recursos financieros	2=se puede financiar mediante la reasignación de recursos existentes 1=potenciales fuentes identificadas 0=financiación incierta / nula

### 3.4. Análisis de Incertidumbre

Cada paso de nuestra metodología puede introducir incertidumbre en los resultados. A continuación se describen las principales fuentes de incertidumbre asociadas a cinco etapas del proyecto y las implicancias sobre los resultados.

**Cadenas de impacto y priorización de impactos:** la selección de los impactos prioritarios, en la que se incluyó la retroalimentación de los participantes en los Talleres de Caracterización de la Vulnerabilidad, se ha realizado en base a la información disponible sobre el territorio y útil para el análisis. Puede que aspectos importantes de los mecanismos de vulnerabilidad en estos territorios no se hayan incluido por no disponerse de información suficiente en este momento.

**Creación de banco de datos:** La calidad de la información disponible para los indicadores es variable. Al combinar fuentes de información de distintos orígenes y fechas (por ejemplo, los datos socioeconómicos son puntuales, de un año, mientras que para los datos climáticos sí se dispone de series) no se puede establecer una línea base homogénea. La relación de los indicadores con la amenaza climática evaluada es, para algunos casos, indirecta; por ejemplo; el nivel de pobreza de los hogares informa de forma genérica sobre la posible sensibilidad de la población pero no establece una relación directa entre los riesgos de inundación, precipitación, etc.

**Vulnerabilidad actual:** No se dispone de información directa sobre los impactos evaluados (por ejemplo, casos de hospitalización por ola de calor) de forma que la validación parcial del enfoque de vulnerabilidad propuesto se ha realizado mediante información indirecta (registros de desastres de Desinventar, resultados de otros estudios, como el mapa de clima urbano de Abajo et al. 2017).

**Vulnerabilidad futura:** Nuestro enfoque asume una línea de base socioeconómica “estática”. Es decir, no se ha desarrollado escenarios socioeconómicos para la evaluación de la vulnerabilidad futura por no tener datos / fuentes de información para la derivación de dichos escenarios de una manera consistente y transparente para cada uno de los indicadores socioeconómicos. Otros estudios

comparables (p.ej., Debortoli et al., 2017) adoptan el mismo enfoque argumentando la importancia de aislar el aporte neto del clima en el cambio de vulnerabilidad. En todo caso, nuestros resultados probablemente representen una estimación conservadora de la vulnerabilidad climática futura. En el contexto de nuestro marco analítico, el principal factor de incertidumbre es el clima futuro o las proyecciones utilizadas para las variables climáticas y por ellos utilizamos un rango de escenarios de GEIs globales.

**Identificación y selección de medidas de adaptación:** La priorización de medidas de evaluación se basa en la ponderación de información sobre opciones de adaptación. El nivel de detalle de información disponible (costos, eficacia, viabilidad de implementación en el contexto salvadoreño) sobre las opciones de adaptación es variable y esta variación puede sesgar el desarrollo de la estrategia y plan de acción hacia enfoques incrementalistas o apegadas a los paradigmas existentes. Para mitigar este potencial sesgo nos esforzamos en captar tanto el *criterio experto (técnico-científico) local* de integrantes del equipo y de los/as participantes en nuestras actividades como los *valores diversos* que los mismos aportan.

## 4. Vulnerabilidad climática en el AMSS

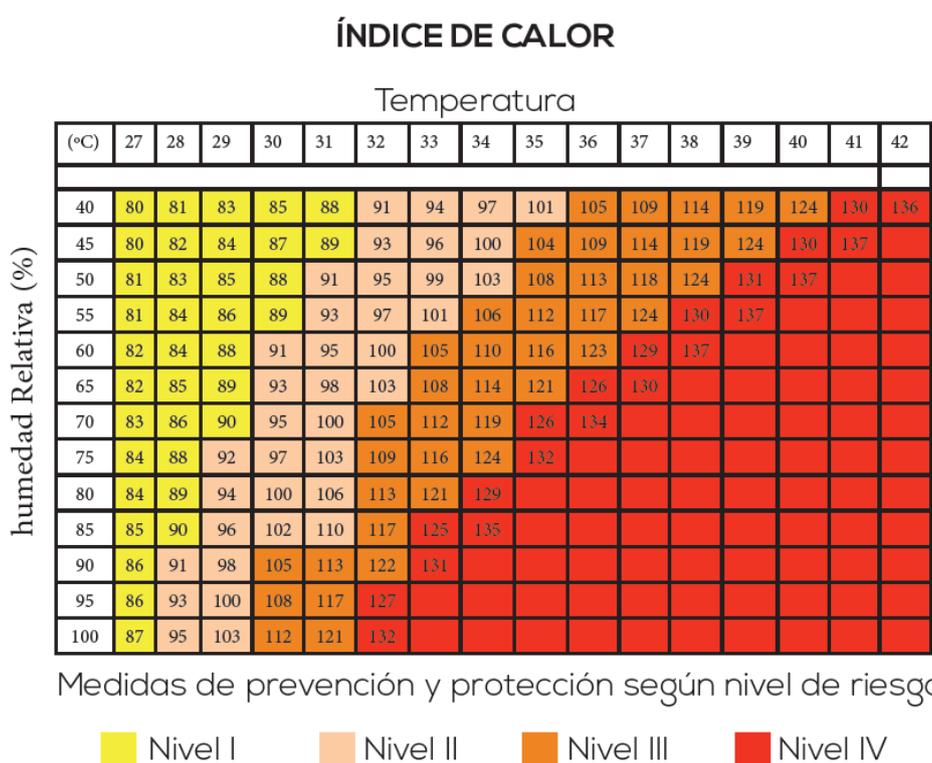
Esta sección presenta los resultados de los análisis de la vulnerabilidad actual y futura obtenidos para las tres amenazas en las que se enfoca el estudio de vulnerabilidad para el AMSS.

### 4.1 Aumento de la temperatura y riesgos asociados para la población urbana

Esta amenaza climática considera los efectos que un aumento de las temperaturas pudieran tener sobre la población urbana del AMSS.

#### 4.1.1 Exposición

Los datos climáticos históricos disponibles apuntan a un aumento de la temperatura máxima en el AMSS en el periodo que va del 1961 al 2015 (Abajo et al. 2017). Se pueden utilizar distintos índices climáticos para valorar el efecto del cambio en la temperatura sobre la población, como la temperatura máxima, la frecuencia de olas de calor, etc. Para este análisis se ha considerado el parámetro *Índice de Calor* (IC), que es la combinación de la temperatura en grados centígrados y la humedad relativa (%) en un solo valor (ver Figura 13). Esta métrica se utiliza para evaluar y cualificar la sensación térmica, tanto en el interior como en el exterior, y los niveles de riesgo asociados para la salud y bienestar de las personas. A partir del Nivel IV (valor del IC superior a 125), la probabilidad de que las personas expuestas a este nivel de calor sufran de insolación y golpes de calor es muy alta. Por tanto, se ha seleccionado como indicador (Tabla 9) de exposición para esta amenaza el número de días por año que se supera un valor de Índice de Calor de 125 (Nivel IV de riesgo).



Fuente: Adaptado Índice de Calor, OSHA.

Figura 13: Cálculo del Índice de Calor y el nivel de riesgo (Fuente: CSO 2015)

**Tabla 9: Indicador seleccionado para valorar la exposición al aumento de la temperatura en el AMSS**

Indicador	Tipo de datos	Preparación de la información	Rango crítico
<b>Número de días con Índice de Calor (IC) &gt; 125</b>	Serie diaria de temperatura máxima y humedad relativa para la estación telemétrica UES de San Salvador (serie 2005-2012)	Se han descartado los días sin registro de temperaturas y/o humedad relativa. Para la serie de datos final se ha calculado el índice de calor(Figura 13).	Mínimo: 0 Máximo: 91.25 días/año (25% del año se produciría esta condición de calor)

Para obtener la exposición futura, se ha agregado el delta de los valores de temperatura máxima y humedad relativa derivado de los escenarios climáticos de la Tercera Comunicación y se ha recalculado el número de días por año que se superaría un IC de 125. Se ha considerado un rango máximo de 91.25 días/año porque se considera que un Nivel IV de riesgo térmico sostenido durante más de un 25% del año resultaría en consecuencias graves para la salud y productividad de los habitantes del AMSS.

Según los escenarios climáticos desarrollados para la Tercer Comunicación Nacional (CATHALAC 2017), la temperatura máxima se incrementaría para los periodos 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios RCP. La humedad relativa presenta reducciones en los periodos 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios RCP. El resultado de estas proyecciones es que el Índice de Calor aumentará significativamente en los cuatro escenarios futuros, especialmente para RCP 8.5/2071-2100; escenario en el cual un aumento medio de 4 °C en las temperaturas máximas mensuales haría que una media de 149 días al año se excediera este umbral del índice de calor.

**Tabla 10: Número de días en los que se supera un valor de 125 del Índice de Calor para la línea base y los cuatro escenarios futuros**

AÑO	Línea base	2021-2050		2071-2100	
		RCP 2.6	RCP 8.5	RCP 2.6	RCP 8.5
2005	7.0	10.0	14.0	16.0	169.0
2007	4.0	7.0	11.0	11.0	137.0
2008	1.0	5.0	6.0	6.0	78.0
2009	2.0	15.0	24.0	33.0	199.0
2010	1.0	3.0	4.0	6.0	148.0
2011	0.0	4.0	6.0	6.0	138.0
2012	0.0	3.0	6.0	6.0	171.0
2013	0.0	0.0	1.0	1.0	142.0
2014	2.0	22.0	35.0	44.0	183.0
2015	0.0	7.0	10.0	10.0	147.0
2016	3.0	10.0	18.0	21.0	165.0
2017	1.0	23.0	27.0	28.0	112.0
<b>MEDIA</b>	<b>1.8</b>	<b>9.1</b>	<b>13.5</b>	<b>15.7</b>	<b>149.1</b>

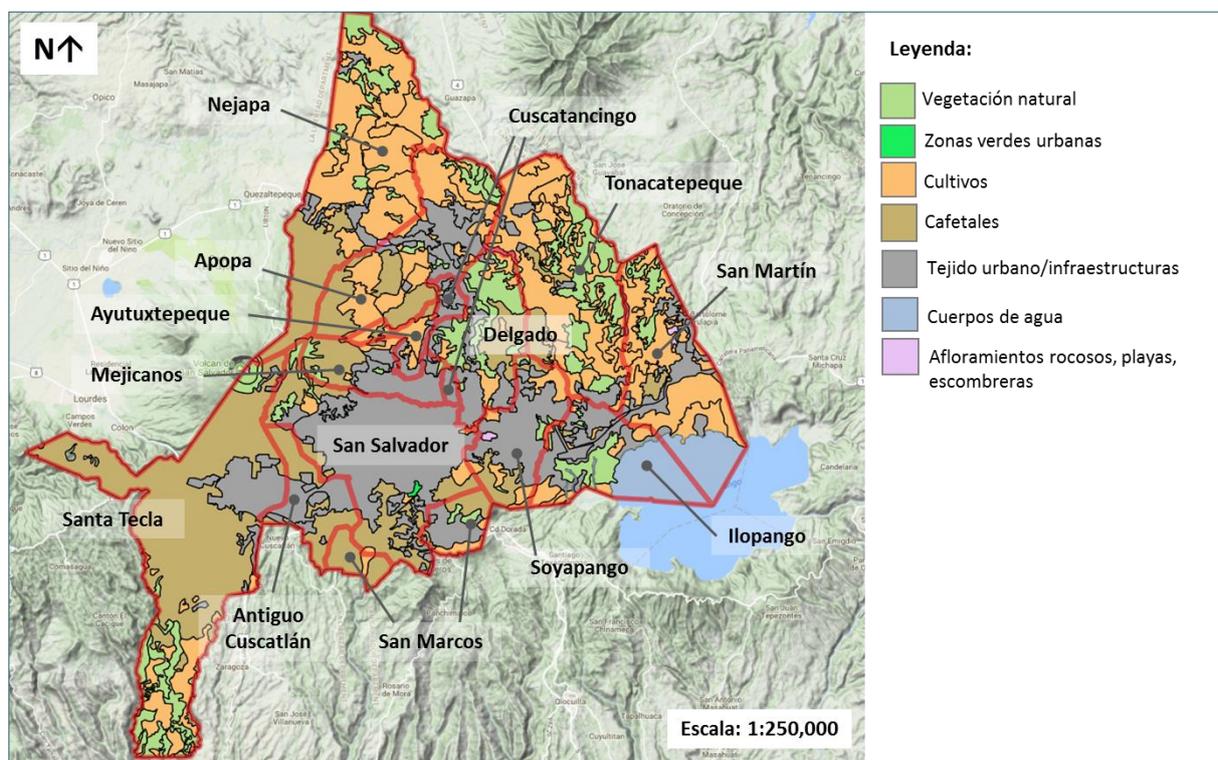
#### 4.1.2 Sensibilidad

La relación entre la salud de la población y la temperatura está determinada por un complejo número de variables económicas, sociales, culturales y sanitarias. El reciente análisis de vulnerabilidad a temperaturas extremas en el AMSS (Abajo et al. 2017) capta este enfoque multidimensional y utiliza una serie de indicadores, incluyendo factores socioeconómicos y ambientales, para caracterizar la sensibilidad a los extremos térmicos.

Siguiendo este enfoque, se ha caracterizado la sensibilidad al aumento de temperatura en el AMSS mediante una serie de indicadores que informan sobre las características del medio construido y los factores socioeconómicos sensibles a los cambios en la temperatura.

Una de las conclusiones del estudio antes mencionado (Abajo et al. 2017) es que la expansión del área urbana del AMSS, con la consecuente impermeabilización de la superficie y la densificación de la trama urbana, ha contribuido a aumentar la vulnerabilidad térmica de estos municipios. Cabe destacar que el departamento de San Salvador presenta un valor sumamente elevado (93.4%) de población urbana, con varios municipios prácticamente totalmente urbanizados: San Salvador, Cuscatancingo, Ilopango, Mejicanos, San Marcos y Soyapango (Censo Vivienda 2007). Estos factores de sensibilidad del medio construido se han captado mediante la utilización los indicadores señalados en la Tabla 11, incluyendo el grado de urbanización (o porcentaje de la superficie del municipio ocupado por trama urbana), la proporción del uso de suelo urbano que corresponde a asentamientos de tipo precario, etc.

La Figura 14 muestra el uso del suelo en el AMSS, de acuerdo a categorías generales (vegetación natural, tejido urbano, etc.). Se puede observar la concentración de la zona urbana en la parte central del AMSS.



**Figura 14: Usos del suelo en los municipios del AMSS**

Un 20.49% de Asentamientos Urbanos Precarios (AUP) del total nacional se ubican en el área metropolitana y en ellos vive un 36% de su población (OPAMSS 2016). Las condiciones de habitabilidad (asilamiento, servicios, materiales, etc.) de este tipo de viviendas son deficientes y se presumen más sensibles a cambios en la temperatura. Los rangos para la estandarización de estos indicadores se han seleccionado de acuerdo al rango de valores obtenido para los 14 municipios y en base a valores máximos estimados a partir de los cuales el impacto climático se agravaría considerablemente (por ejemplo, un municipio con más del 50% de su tejido urbano como precario).

Tabla 11: Indicadores seleccionados para valorar la sensibilidad al aumento de la temperatura en el AMSS

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
<b>Medio construido</b>			
<b>% Tejido urbano en zonas de calentamiento (0.2)</b>	Información espacial sobre las zonas de mayor calentamiento en el AMSS	Se ha estimado espacialmente el porcentaje de cada municipio que se localiza en zonas de calentamiento alto o moderado.	Mínimo: 0% Máximo: 40% del tejido urbano se sitúa en zonas de calentamiento
<b>% Viviendas en NO buen estado (0.05)</b>	Información censal proveniente de la encuesta de hogares realizada en 2015	Se ha calculado el porcentaje de viviendas dividiendo el número de viviendas consideradas en 'no' buen estado (de acuerdo a los criterios de la Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple, DIGESTYC 2015) por el número total de hogares de cada municipio.	Mínimo: 2% Máximo: 20%
<b>% Tejido urbano considerado precario (0.2)</b>	Información espacial sobre los usos del suelo urbano en el AMSS	Se ha calculado el porcentaje de la clase de suelo 'tejido urbano precario' sobre el total de suelo urbano (continuo, discontinuo y precario). Los valores se expresan como porcentajes.	Mínimo: 5% Máximo: 50%
<b>Grado de urbanización del municipio (0.2)</b>	Información espacial sobre los usos del suelo urbano en el AMSS	Este índice se ha calculado como el porcentaje de suelo urbano sobre el total del área del municipio	Mínimo: 5% Máximo: 50%
<b>Factores socioeconómicos y grupos vulnerables</b>			
<b>% Población en situación de dependencia (0.1)</b>	Dato (2007) a nivel municipal del porcentaje que la población en los grupos de edad >65 y <15 años representa sobre el segmento restante de la población.	Se utilizaron los porcentajes municipales directamente.	Mínimo: 30% Máximo: 60%
<b>% Población menor de 3 años (0.15)</b>	Información del censo/encuesta de hogares (EHPM 2015).	El número de individuos en este grupo de edad se dividió por el total de población para cada individuo.	Mínimo: 15% Máximo: 50%
<b>% Población en situación de pobreza (0.15)</b>	Información del censo/encuesta de hogares (EHPM 2015).	Se consideraron los hogares que reportaron pobreza relativa y severa y el número total de estos hogares se dividió por el total de hogares en el municipio para obtener los porcentajes.	Mínimo: 10% Máximo: 50%

Dada la información bastante limitada en cuanto a impactos de la temperatura en la salud de la población, los factores socioeconómicos seleccionados pretenden captar condiciones de pobreza, edad o dependencia indicativas de población más susceptible a riesgos climáticos y con menos recursos para enfrentarlos. La relación menos directa de estos indicadores con la amenaza estudiada se refleja en los pesos relativamente bajos que se han asignado a estos indicadores.

Los resultados del análisis de sensibilidad identifican municipios más sensibles al aumento de las temperaturas San Salvador, Soyapango y Cuscatancingo con una sensibilidad muy alta (ver Figura 16) y Apopa, Mejicanos, Delgado e Ilopango con una sensibilidad alta.

Todos estos municipios presentan un grado de urbanización elevado, pocos espacios verdes (Figura 15) y un porcentaje significativo de su tejido urbano en zonas de calentamiento moderado y alto. Además, Delgado y Cuscatancingo tienen un porcentaje significativo de su tejido urbano que se corresponde con asentamientos precarios, peor preparados para mantener el confort térmico en un clima más cálido.

Una característica de los asentamientos precarios es su informalidad, siendo un conglomerado de pequeños lotes en zonas que no eran urbanizables (como lo son las orillas de los ríos y quebradas secas de invierno y otros) y tomados no de manera legal. La mayoría de ellos por invasión y los primeros asentamientos del AMSS fueron refugios temporales de los pasados terremotos desde la década de los 60's y 70's, que con el tiempo nunca fueron desalojados y de manera informal se fueron generando los lotes y edificaciones precarias.

Este desorden, no ha permitido generar espacios con zonas verdes, controlar la calidad del inmueble y la ubicación del mismo, contribuyendo a tener el efecto de "isla de calor", lo que les hace ser más vulnerables al aumento de temperaturas, provocando aumento de enfermedades y otros problemas sociales de insalubridad y conflictos.

Influye también el porcentaje de reflexión de la radiación solar que tienen los materiales de las áreas urbanas que están impermeabilizadas por las calles, plazas, techos y fachadas orientes y ponientes de las edificaciones. El color de la edificación influye también en la temperatura de un edificio, siendo los tonos claros los que tienen menor capacidad para absorber el calor y los oscuros absorben más calor (VMVDU, 2016).

### Indicadores de sensibilidad al aumento de la temperatura

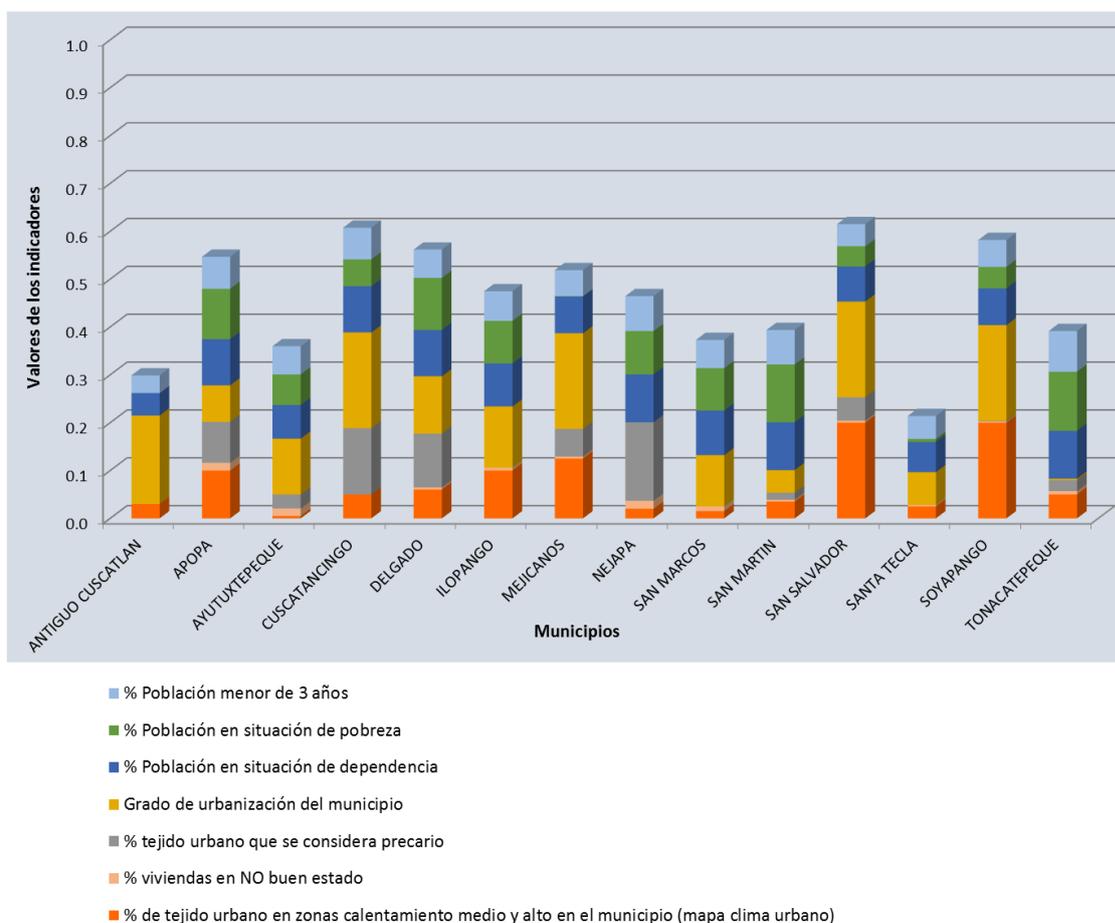


Figura 15: Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de sensibilidad al aumento de la temperatura

Por el contrario, los municipios con un índice de sensibilidad más bajo (Santa Tecla y Antigua Cuscatlán) presentan una menor exposición a zonas de calentamiento alto, posiblemente dada su localización en el extrarradio del AMSS, y además tendrían un perfil socioeconómico más favorable, con escaso o nulo desarrollo de viviendas precarias y valores de porcentaje de pobreza más bajos que los otros municipios del AMSS.

De alguna manera, ambos municipios poseen más área verde, lo que les hace ser menos vulnerables ante el aumento de temperaturas. En Antigua Cuscatlán, los lotes de una buena parte del municipio, son grandes y tienen jardín, así hay algunas zonas con área boscosa continua (parques y campus grandes de universidades, embajadas y otros). Al contrario de Santa Tecla, que su traza urbana representa, aproximadamente, el 20% del área del municipio, siendo zona rural el 80%.

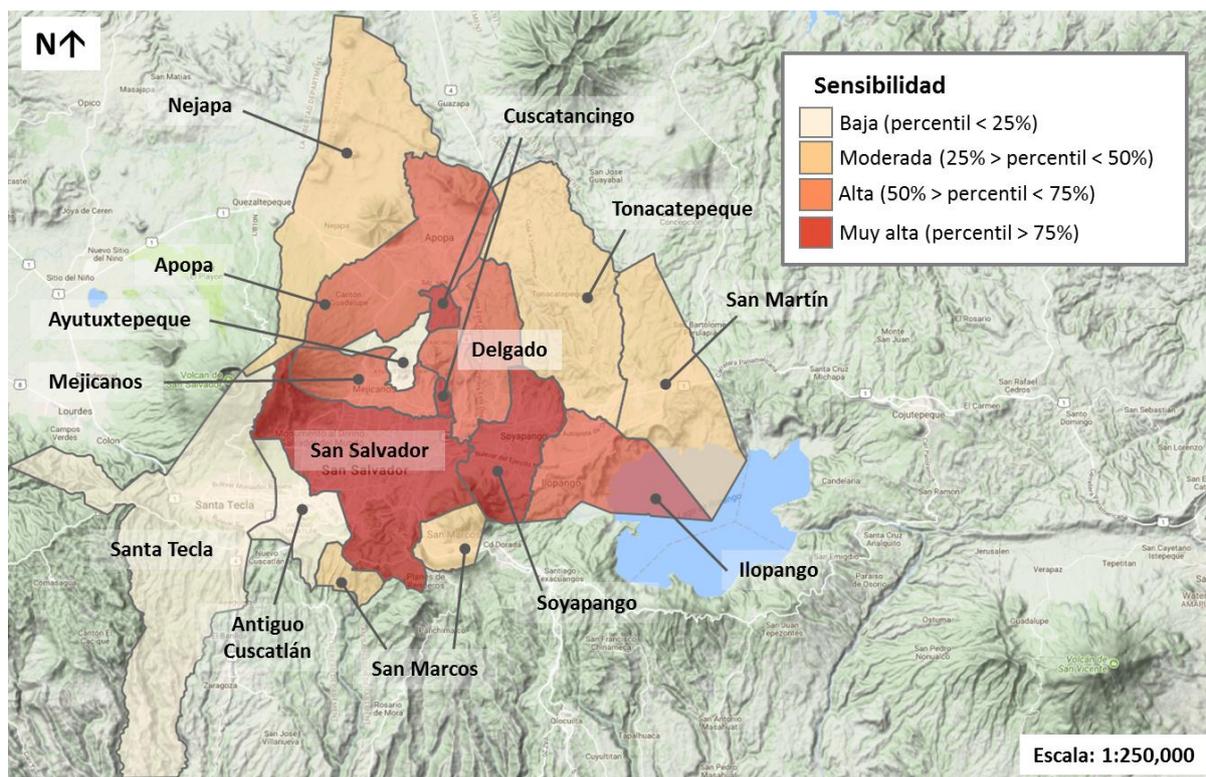


Figura 16: Mapa de sensibilidad al aumento de la temperatura en el AMSS

#### 4.1.3 Capacidad de adaptación

Los indicadores seleccionados para representar la capacidad adaptativa (Tabla 12) frente a esta amenaza se pueden agrupar en dos grupos: indicadores relacionados con el acceso a servicios y comunicación disponibles para la población y los indicadores relacionados con el medio natural que pueden tener un efecto regulador sobre la temperatura.

El proceso de urbanización implica reemplazar las superficies con vegetación, que proporcionan sombra, enfriamiento por evaporación y la captación e infiltración del agua de lluvia, con superficies impermeables. Los espacios verdes urbanos proporcionan áreas dentro del medio construido en las que estos procesos o servicios ecosistémicos pueden producirse (Gill et al. 2007). Para captar la capacidad adaptativa de estas zonas verdes dentro de la trama urbana y en el municipio se introdujeron los dos indicadores sobre el medio natural recogidos en la Tabla 12.

Tabla 12: Indicadores seleccionados para valorar la capacidad adaptativa frente al aumento de la temperatura en el AMSS

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
<b>Acceso a servicios y comunicación</b>			
<b>% Hogares con acceso a agua (0.2)</b>	Dato anual del censo de hogares (EHMP 2015).	Se ha calculado el porcentaje de los hogares que tienen acceso a agua en su vivienda sobre el total de hogares del municipio.	Mínimo: 30% Máximo: 90%
<b>% Hogares con acceso a electricidad (0.2)</b>	Dato anual del censo de hogares (EHMP 2015).	Se ha calculado el porcentaje de los hogares que tienen acceso a electricidad en su vivienda sobre el total de hogares del municipio.	Mínimo: 40% Máximo: 95%
<b>% Hogares con internet (0.05)</b>	Dato anual del censo de hogares (EHMP 2015).	Se ha calculado el porcentaje de los hogares que reportan acceso a internet sobre el total de hogares del municipio.	Mínimo: 10% Máximo: 50%
<b>Albergues/ número de habitantes (0.05)</b>	Datos de los planes de riesgo elaborados	Se ha dividido el número de albergues identificados para cada municipio por el total de habitantes.	Mínimo: 0.00004 Máximo: 0.0002

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
	por departamento (Protección Civil)		
<b>Medio natural</b>			
<b>% Tejido urbano discontinuo y zonas verdes<sup>1</sup> (0.25)</b>	Información espacial sobre los usos del suelo urbano en el AMSS	Se han calculado las áreas en estas clases (urbano discontinuo y área verde urbana) y se ha dividido por el total de superficie urbana en el municipio.	Mínimo: 5% Máximo: 40%
<b>% Vegetación natural y cuerpos de agua en el municipio (0.25)</b>	Información espacial sobre los usos del suelo en el AMSS	Se ha estimado la proporción de vegetación natural y cuerpos de agua sobre la superficie total del municipio.	Mínimo: 5% Máximo: 40%

(1) Tejido urbano discontinuo implica zonas urbanas de baja densificación, con una parte importante de espacios abiertos. Por zonas verdes se identifican en el mapa espacios con predominio de vegetación arbórea, englobando plazas, jardines públicos y parques urbanos.

La capacidad adaptativa para esta amenaza, según los indicadores seleccionados, es en general elevada (de 0.4 a 0.85). Los municipios con una mayor capacidad de adaptación (ver Figura 18), incluyendo Nejapa, San Martín, Antiguo Cuscatlán e Ilopango, comparten características comunes como una mayor proporción de vegetación natural y cuerpos de agua en el municipio, que actúan como reguladores del clima, y una configuración de la trama urbana menos densa.

La cobertura de acceso a agua y electricidad, factores que pueden paliar los efectos de las altas temperaturas en el interior de las viviendas, es en general elevada en toda el AMSS, por lo que se estima que estos indicadores no desempeñan un papel decisivo en la capacidad de adaptación.

Indicadores de capacidad adaptativa al aumento de la temperatura

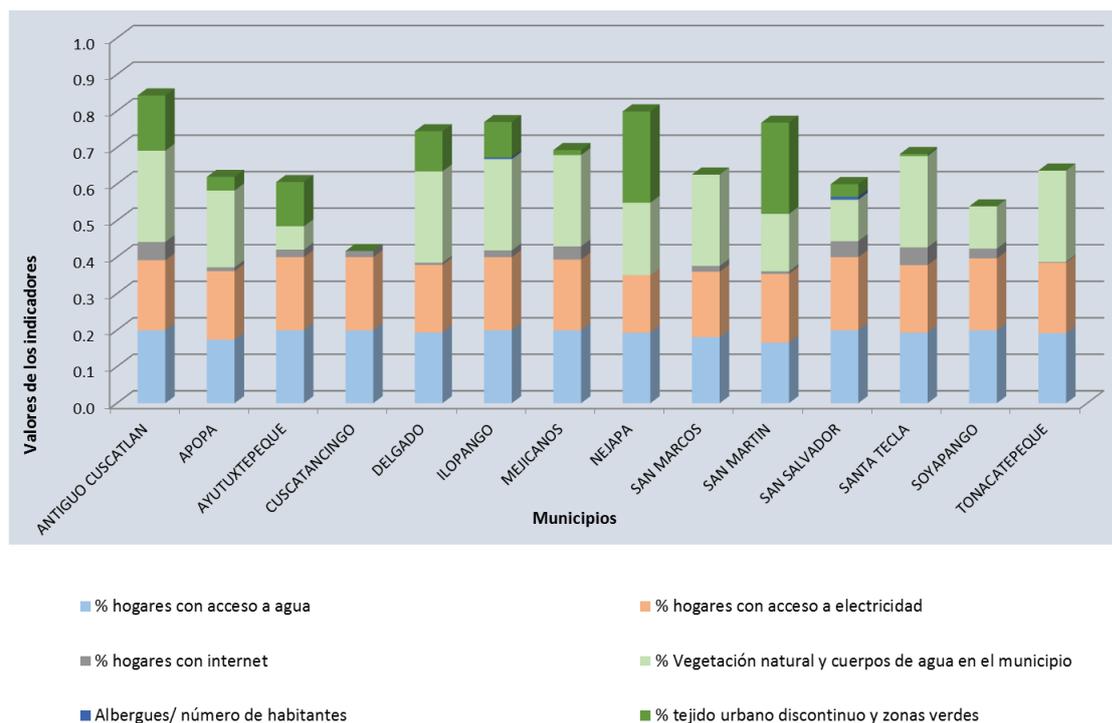


Figura 17: Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa al aumento de la temperatura

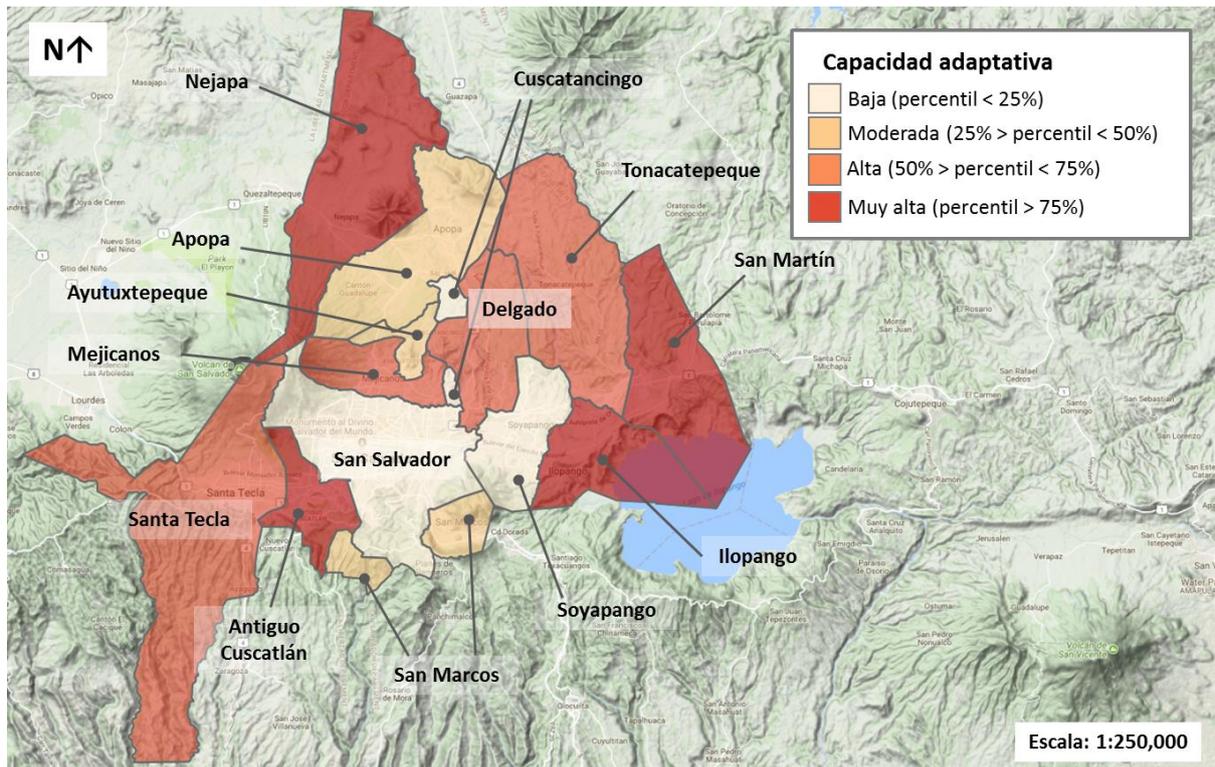


Figura 18: Mapa de capacidad adaptativa frente al aumento de la temperatura en el AMSS

Como se muestra en la Figura 18 los municipios con mayor capacidad adaptativa son Nejapa, San Martín y Antiguo Cuscatlán debido a que cuentan o están colindantes a una mayor proporción de vegetación natural y cuerpos de agua en el municipio, que actúan como reguladores del clima, y una configuración de la trama urbana menos densa y cuentan con buena cobertura de acceso a agua y electricidad.

#### 4.1.4 Índice de vulnerabilidad actual y futura

##### Resultados

El mapa de la Figura 19 muestra los resultados del índice de vulnerabilidad para la amenaza que supone el aumento de la temperatura. Los municipios más vulnerables son Cuscatancingo, San Salvador y Soyapango. El aumento de las temperaturas extremas para el escenario RCP 8.5 (2071-2100) es sustancial (del orden de 4 °C para cada mes) supondría un aumento notable de la vulnerabilidad para todos los municipios (Tabla 14 y Figura 20).

Tabla 13: Clasificación de los municipios del AMSS de acuerdo a su vulnerabilidad frente al aumento de la temperatura

Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad moderada
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antiguo Cuscatlán</li> <li>- Nejapa</li> <li>- San Martín</li> <li>- Santa Tecla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ayutuxtepeque</li> <li>- San Marcos</li> <li>- Tonacatepeque</li> </ul>
Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad muy alta
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apopa</li> <li>- Mejicanos</li> <li>- Delgado</li> <li>- Ilopango</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- San Salvador</li> <li>- Soyapango</li> <li>- Cuscatancingo</li> </ul>

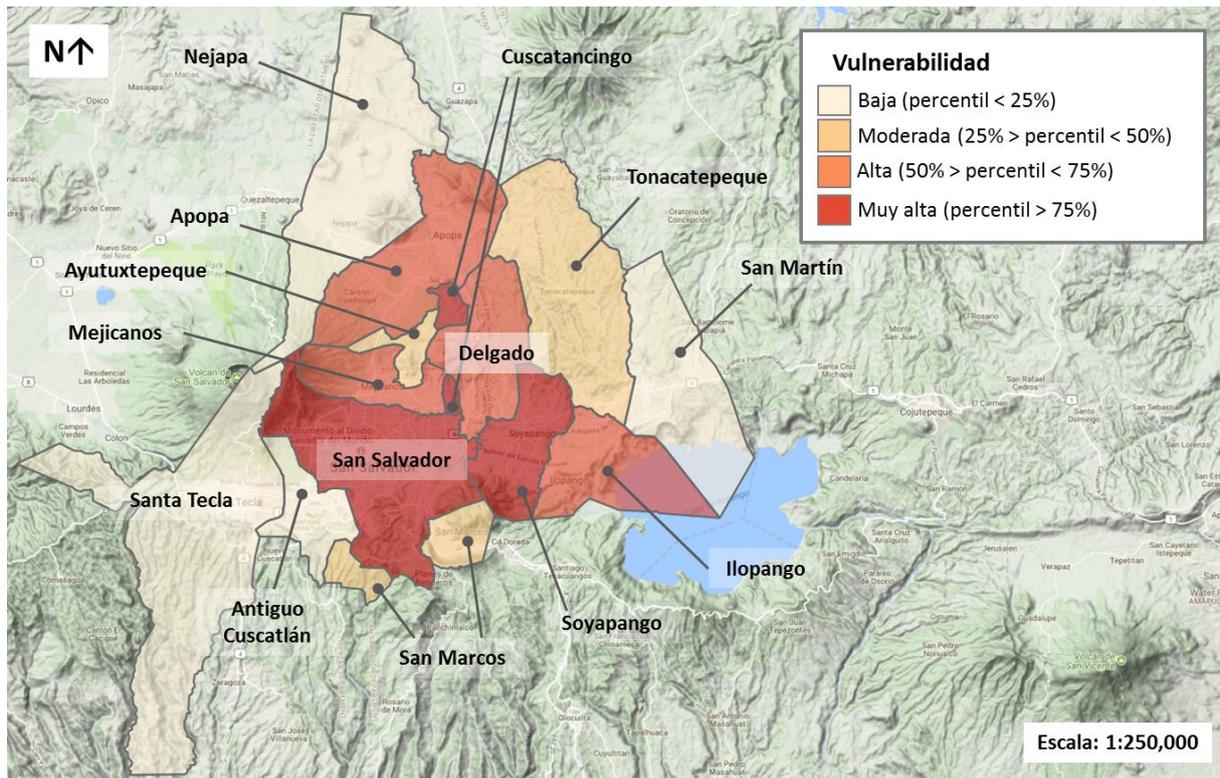


Figura 19: Mapa del grado de vulnerabilidad al aumento de la temperatura en el AMSS

Tabla 14: Resultados del análisis de vulnerabilidad para el aumento de temperatura en los municipios del AMSS

Municipio	Exposición					Sensibilidad ( $\Sigma S_i$ )	Capacidad adaptativa ( $1 - \Sigma CA_i$ )	Índice de Vulnerabilidad				
	Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 8.5)			Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 8.5)
ANTIGUO CUSCATLAN	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.299	0.16	0.171	0.197	0.213	0.221	0.497
APOPA	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.547	0.38	0.330	0.356	0.372	0.380	0.656
AYUTUXTEPEQUE	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.360	0.39	0.256	0.282	0.298	0.306	0.582
CUSCATANCINGO	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.607	0.58	0.406	0.432	0.448	0.456	0.732
DELGADO	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.562	0.26	0.305	0.331	0.347	0.355	0.631
ILOPANGO	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.475	0.23	0.263	0.289	0.305	0.313	0.589
MEJICANOS	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.519	0.31	0.300	0.326	0.342	0.350	0.626
NEJAPA	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.464	0.20	0.251	0.277	0.293	0.301	0.577
SAN MARCOS	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.373	0.37	0.256	0.282	0.298	0.306	0.582
SAN MARTIN	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.394	0.23	0.229	0.255	0.271	0.279	0.555
SAN SALVADOR	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.615	0.40	0.364	0.389	0.406	0.413	0.690
SANTA TECLA	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.214	0.32	0.176	0.202	0.218	0.226	0.502
SOYAPANGO	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.582	0.46	0.365	0.391	0.407	0.415	0.691
TONACATEPEQUE	0.02	0.10	0.15	0.17	1.00	0.392	0.36	0.261	0.287	0.303	0.311	0.587

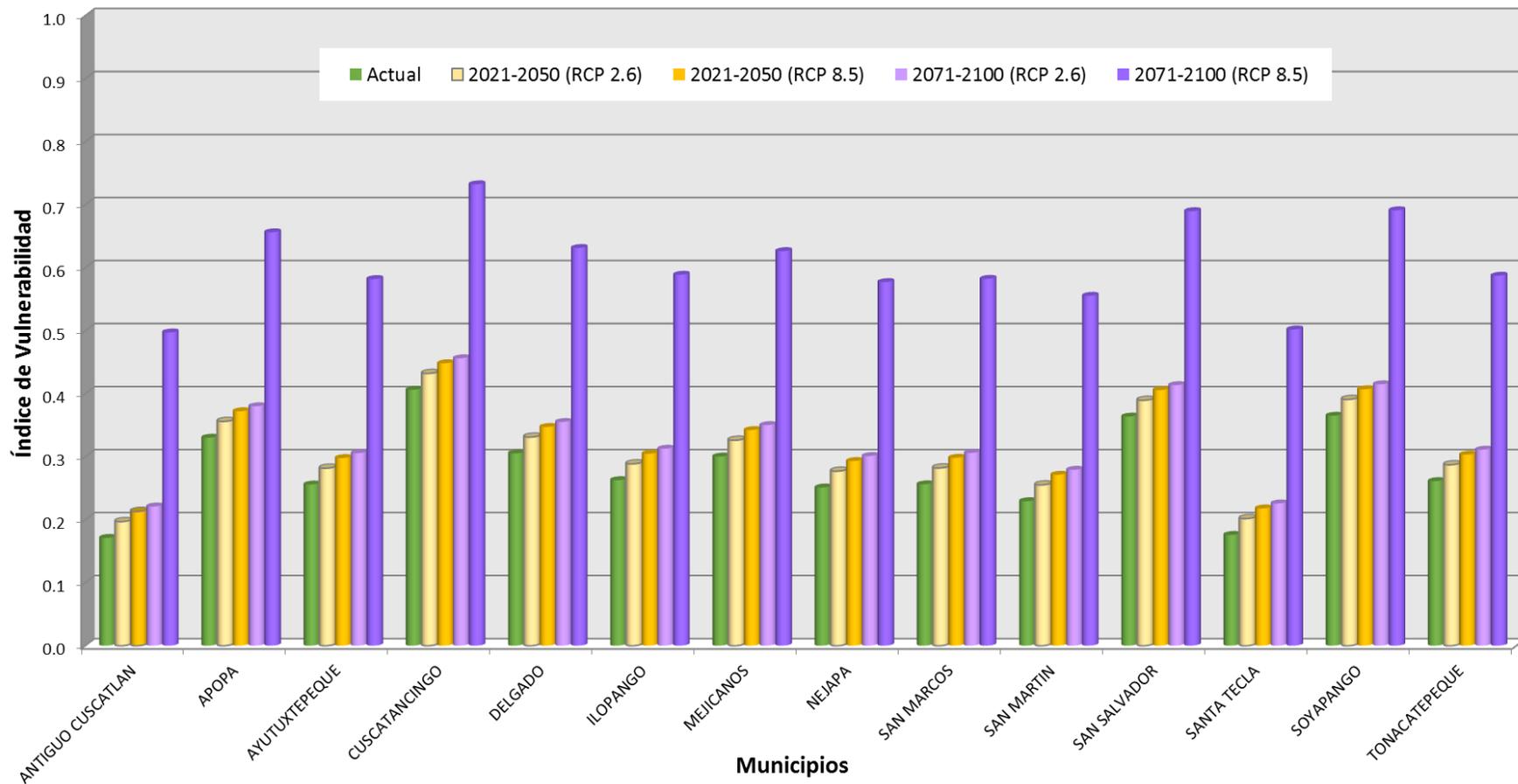


Figura 20: Comparativa de los resultados de los resultados de vulnerabilidad (actual y para los escenarios futuros) para el aumento de la temperatura en los 14 municipios del AMSS

## Discusión

Los municipios con una vulnerabilidad más alta (Cuscatancingo, San Salvador y Soyapango), presentan una exposición alta a esta amenaza al tener una fracción significativa de su tejido urbano en zonas expuestas a calor moderado y/o alto (islas de calor), según el mapa de clima urbano desarrollado por Abajo et al. 2017. Estos municipios se sitúan en la zona central del AMSS (Figura 21).

Los municipios con la vulnerabilidad más baja (Santa Tecla, Antiguo Cuscatlán) presentan, por el contrario, un área urbana más reducida respecto a la totalidad de superficie del municipio y/o esta área urbana no está situada en zonas de alto calor.

Las áreas de calentamiento medio y alto (Figura 21) del mapa de clima urbano se corresponden a zonas urbanas compactas, situadas a cotas bajas (en general por debajo de los 750 m), con escasa vegetación y que, en general, presentan unas condiciones de ventilación deficientes (Abajo et al. 2017). Esto hace que se genere una carga térmica en estas zonas que disminuye su confort térmico.

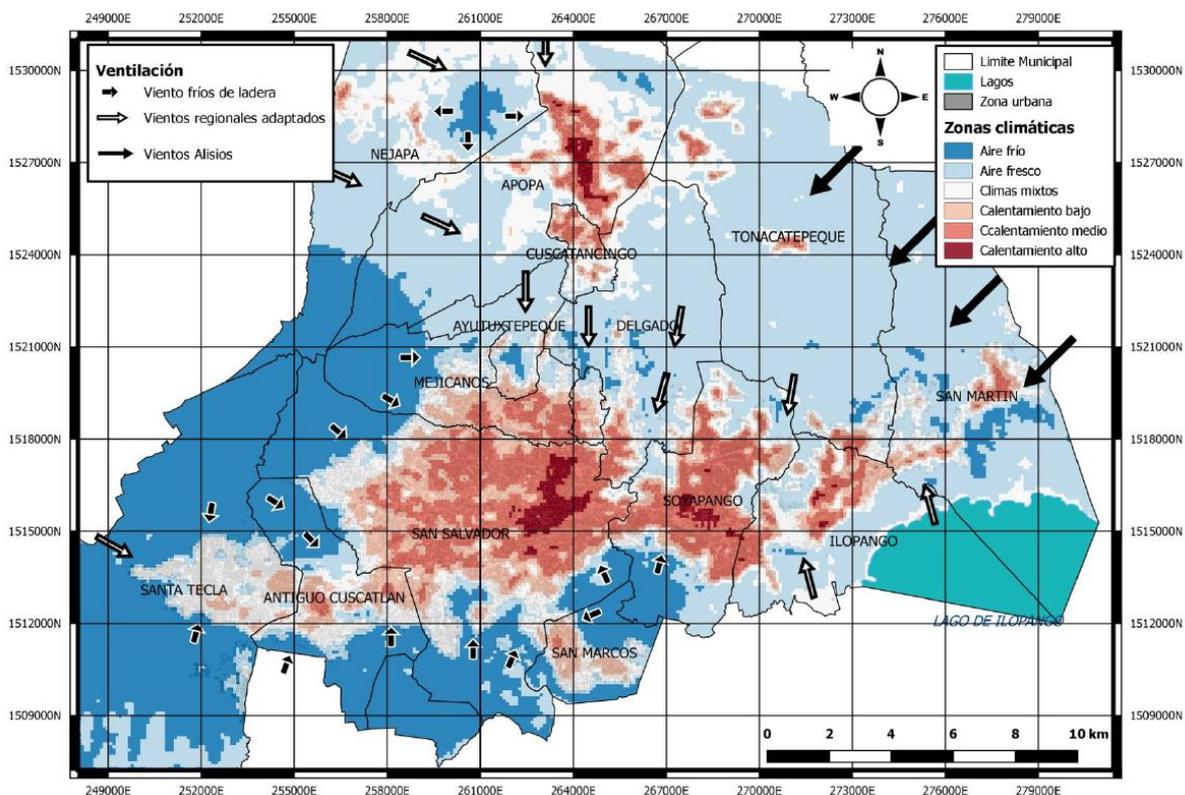


Figura 21: Mapa del clima urbano en el AMSS (Fuente: Abajo et al. 2017)

La presencia de vegetación en los municipios también parece ser un factor relevante para la vulnerabilidad al aumento de la temperatura. Un estudio (Grande y Escalante 2014) con imágenes de satélites del AMSS determinó los porcentajes de vegetación en los distintos municipios. Según este estudio, Nejapa, Apopa, San Salvador, Ilopango y Soyapango son los municipios con menos de 50% de cobertura vegetal dentro de su trama urbana. También se tiene que el municipio con menos cobertura vegetal es Cuscatancingo con 2.1 Km<sup>2</sup> en contraste con Santa Tecla que posee 69.32 Km<sup>2</sup>.

Los resultados de vulnerabilidad están alineados con la distribución de las áreas calientes en el mapa de clima urbano; San Salvador y Soyapango, dada su densidad de urbanización, serían más vulnerables al aumento de la temperatura. Los núcleos urbanos en Apopa, Cuscatancingo e Ilopango también son altamente vulnerables a los cambios de temperatura. En general, la vulnerabilidad de todos los municipios aumentaría significativamente para el peor escenario (RCP 8.5/2071-2100), que prevé un

aumento del orden de 4 °C las temperaturas máximas mensuales, lo que dispara el número de días con IC > 125.

Cabe mencionar que los resultados del análisis de vulnerabilidad socioeconómica a temperaturas extremas en el AMSS (Abajo et al. 2017) mencionado a lo largo de esta sección no son directamente comparables con los resultados del presente análisis. Por una parte, a falta de valores diferenciados sobre condiciones climáticas por municipio, el análisis de vulnerabilidad de Abajo et al. (2017) se centra en factores de sensibilidad y capacidad adaptativa, mientras que el nuestro integra factores de exposición climática (aun estando asociados a todo el AMSS) y la presencia del fenómeno de islas de calor, lo cual permite alguna diferenciación espacial. Por otra parte, Abajo et al. (2017) desglosan su análisis por sector (salud, energía, medio urbano construido y servicios ecosistémicos), mientras que el nuestro aborda la problemática de vulnerabilidad de una manera integral, incorporando dimensiones de sensibilidad y capacidad adaptativa de índole ambiental, socio-económicos y de medios urbanos construidos.

## 4.2 Aumento de la precipitación extrema y riesgos asociados a inundaciones y deslizamientos

Las inundaciones son un fenómeno recurrente en el AMSS y han aumentado en las últimas décadas como consecuencia del crecimiento urbano y la densificación acelerada, asociados a un profundo cambio en los usos del suelo y un aumento de la deforestación. Esto implica que hay más suelo impermeabilizado y menos áreas de infiltración o retención de agua, por tanto hay un aumento de la escorrentía y de los caudales punta que llegan a las zonas más densamente pobladas (Fernández-Lavado 2010). La tendencia al aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos de lluvia extremos se espera que aumente el problema de inundaciones urbanas en los próximos años.

### 4.2.1 Exposición

Las proyecciones de los impactos del cambio climático, reflejan en los diferentes estudios, un notorio incremento en las intensidades de lluvia (mm/min) y recurrencia de las mismas, así como la presencia de tormentas tropicales o eventos meteorológicos que reflejan grandes cantidades de lluvia en corto tiempo, tal como lo manifiestan los eventos de los últimos años.

Las precipitaciones de gran intensidad son las que generan las avenidas rápidas. Una precipitación diaria superior a 50 mm se considera que provocaría, con alta probabilidad, inundaciones en distintas zonas del AMSS (Fernández-Lavado 2010). Este umbral de precipitación (50 mm/día) se ha seleccionado como índice de exposición para esta amenaza.

Tabla 15: Indicador seleccionado para valorar la exposición al aumento de la precipitación máxima en el AMSS

Indicador	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
Número de días con precipitación superior a 50 mm	Datos diarios de precipitación para la estación S-10 (Ilopango) recopilados por DACGER para periodo 2002-2011.	Se cuantificó el número de días en la serie de datos disponibles que supera este umbral de precipitación.	Mínimo: 1 Máximo: 10 días con una precipitación superior a 50 mm

Para la exposición futura se han considerado las proyecciones del portal climático del Banco Mundial<sup>1</sup>, que incluye información a nivel nacional para distintos parámetros, incluyendo proyecciones para el número de días con precipitación superior a 50 mm. En general, los cambios en el número de días con

<sup>1</sup> [http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/countryprofile/home.cfm?page=country\\_profile&CCode=HND](http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/countryprofile/home.cfm?page=country_profile&CCode=HND)

precipitación de más de 50 mm para los cuatro escenarios futuros fueron no significativas (de 6.5 días en la línea base a 6.56 para RCP 2.6 – 2021-2050 y 6.45 días para RCP 8.5 – 2071-2100).

#### 4.2.2 Sensibilidad

El 10,4 % de los hogares del AMSS viven en exclusión social severa y están ubicados principalmente en áreas de alto riesgo (áreas amenazadas por torrentes, laderas con alto riesgo de deslaves, etc.). Existe una clara segregación socio-espacial en relación con la exposición de los asentamientos (Fernández-Lavado 2010). Los indicadores relacionados con el medio construido y factores socioeconómicos captan estos aspectos de la sensibilidad relacionados con la ubicación y tipo de asentamientos.

La alteración de los patrones de escorrentía y las tasas de infiltración por la expansión urbana y la creación de superficies impermeables es otro de los factores que afectan a la ocurrencia y magnitud de las inundaciones. Estos aspectos se han considerado en los indicadores relacionados al medio natural (Tabla 16).

**Tabla 16: Indicadores seleccionados para valorar la sensibilidad al aumento de la precipitación máxima en el AMSS**

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
<b>Medio construido</b>			
<b>% Tejido urbano en zona de inundaciones (0.15)</b>	Información espacial; mapa no probabilístico de zonas de inundación del MARN	Se considera zona de riesgo de inundación en unos 250 m en torno a las manchas de inundación identificadas en el mapa. Se determina el tejido urbano que caería en esta zona superponiendo el mapa de usos del suelo.	Mínimo: 0% Máximo: 50%
<b>% Tejido urbano en zona de riesgo de deslizamientos (0.15)</b>	Información espacial; mapa de riesgos de deslizamiento del MARN	El mapa de las zonas de riesgo de deslizamientos se ha superpuesto al mapa de uso de suelos para determinar las zonas urbanas que caerían dentro de estas áreas.	Mínimo: 0% Máximo: 50%
<b>% Hogares afectados por la lluvia (0.05)</b>	Información del censo/encuesta de hogares (EHPM 2015). Hogares que reportan daños por lluvias	El número de hogares que reportaron este tipo de problema se dividió por el número total de hogares para cada municipio.	Mínimo: 1% Máximo: 20%
<b>Presencia de infraestructura crítica en zonas de inundaciones (0.1)</b>	Información espacial de diferentes entidades (ANDA, MINSAL, etc.) con la localización de elementos de infraestructura	Se cuantificó el número de elementos de infraestructura crítica (escuelas, elementos de ANDA, subestaciones, etc.) dentro de las zonas de riesgo de inundación.	Mínimo: 1 Máximo: 100
<b>Presencia de infraestructura crítica en zonas de deslizamientos (0.1)</b>	Información espacial de diferentes entidades (ANDA, MINSAL, etc.) con la localización de elementos de infraestructura	Se cuantificó el número de elementos de infraestructura crítica (escuelas, elementos de ANDA, subestaciones, etc.) dentro de las zonas de riesgo de deslizamientos.	Mínimo: 1 Máximo: 10
<b>%Tejido urbano considerado precario (0.05)</b>	Información espacial sobre los usos del suelo urbano en el AMSS	Se ha calculado el porcentaje de la clase de suelo 'tejido urbano precario' sobre el total de suelo urbano (continuo, discontinuo y precario). Los valores se expresan como porcentajes.	Mínimo: 5% Máximo: 40%
<b>Factores socioeconómicos y grupos vulnerables</b>			
<b>% Población en situación de dependencia (0.05)</b>	Dato (2007) a nivel municipal del porcentaje que la población en los grupos de edad >65 y <15 años representa sobre el	Se utilizaron los porcentajes municipales directamente.	Mínimo: 30% Máximo: 60%

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
	segmento restante de la población.		
<b>% Población en situación de pobreza (0.05)</b>	Información del censo/encuesta de hogares (EHPM 2015).	Se consideraron los hogares que reportaron pobreza relativa y severa y el número total de estos hogares se dividió por el total de hogares en el municipio para obtener los porcentajes.	Mínimo: 2% Máximo: 50%
<b>Medio natural</b>			
<b>Grado de urbanización del municipio (0.15)</b>	Información espacial sobre los usos del suelo urbano en el AMSS	Este índice se ha calculado como el porcentaje de suelo urbano sobre el total del área del municipio.	Mínimo: 5% Máximo: 50%
<b>%Municipio con pendiente superior al 30% (0.15)</b>	Información espacial; mapa de rango de pendientes (MARN)	Se han calculado las áreas dentro del municipio con pendiente > 30% y expresado como porcentaje de la superficie total del municipio.	Mínimo: 5% Máximo: 50%

Los resultados para el índice de sensibilidad (Figura 22) muestran que el municipio de San salvador sería el más sensible a esta amenaza, seguido por Cuscatancingo. Ambos municipios presentan una parte sustancial de su tejido urbano expuesto a inundaciones y deslizamientos. Los municipios menos sensibles serían Nejapa, Ayutuxtepeque y San Martín, principalmente porque tienen poco tejido urbano en zonas inundables

### Indicadores de sensibilidad al aumento de la precipitación máxima

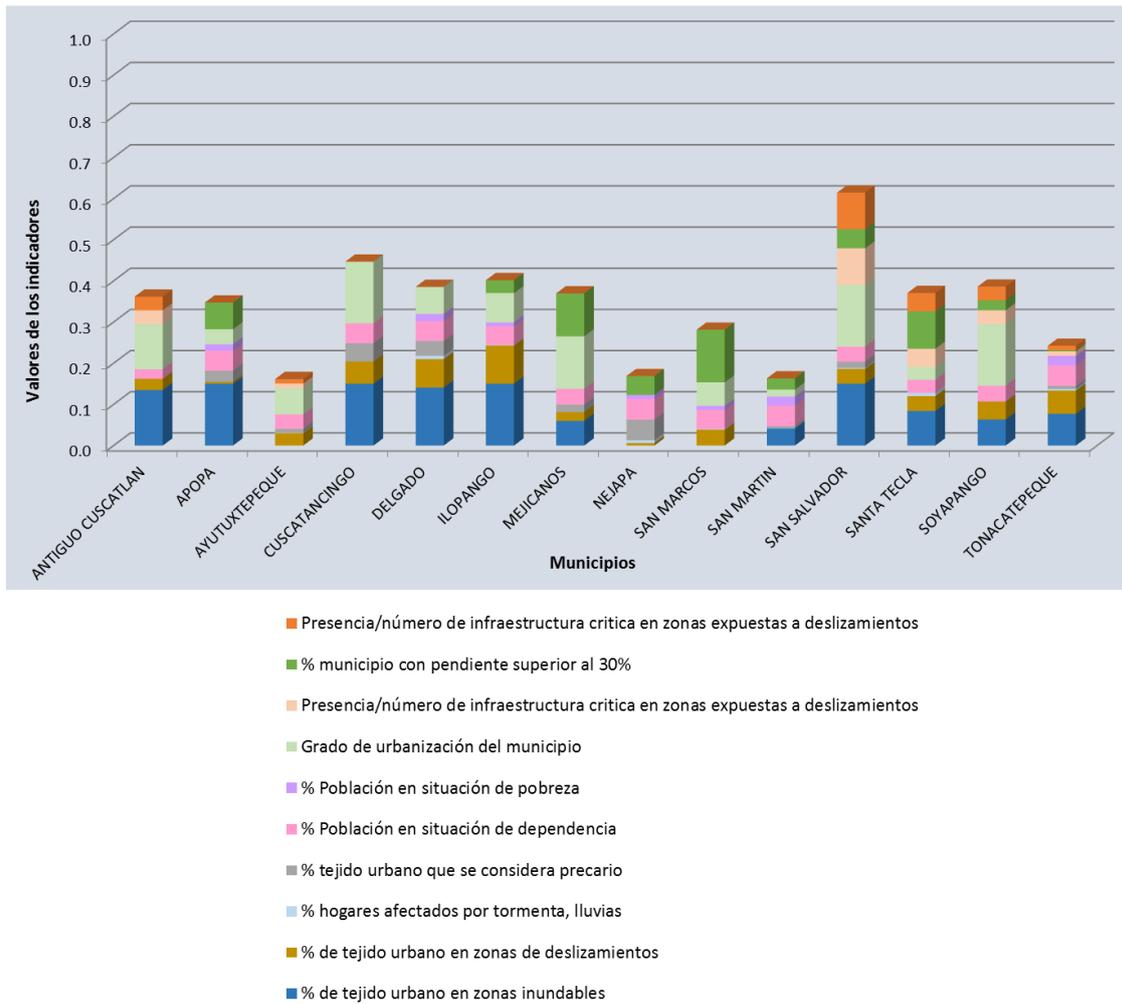


Figura 22: Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de sensibilidad al aumento de la precipitación máxima

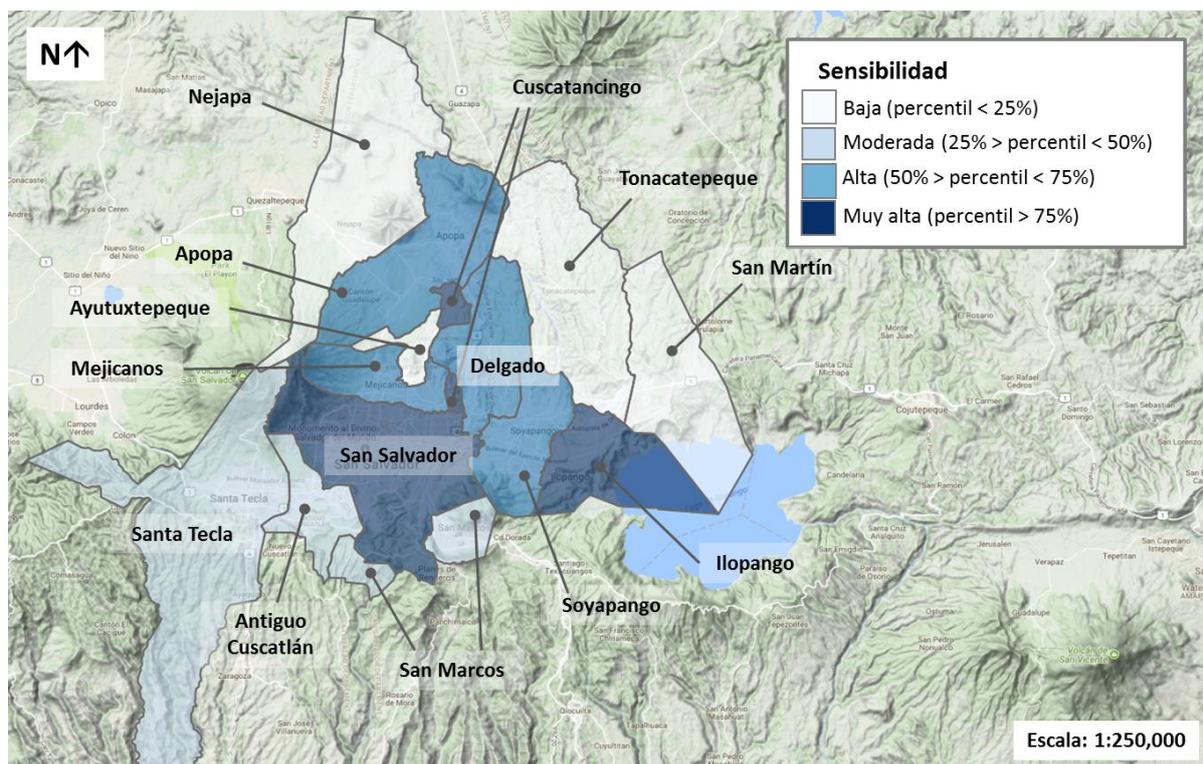


Figura 23: Mapa de sensibilidad al aumento de la precipitación máxima en el AMSS

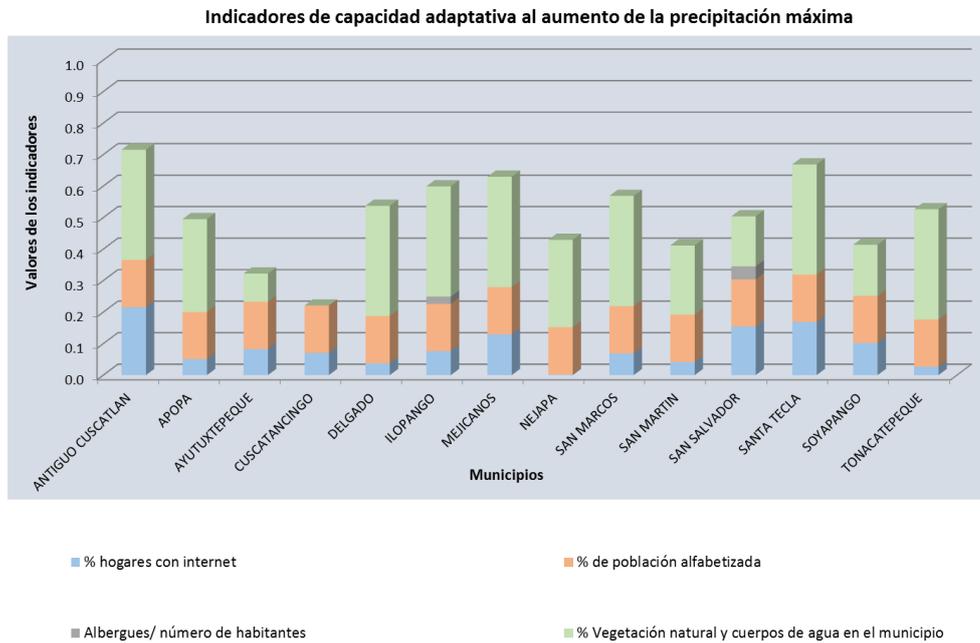
#### 4.2.3 Capacidad de adaptación

La capacidad de adaptación a esta amenaza se ha valorado considerando indicadores de acceso a servicios y comunicación y el grado de cobertura de vegetación y cuerpos de agua superficial del municipio, teniendo en cuenta que estos elementos naturales cumplen un papel fundamental en la regulación de la escorrentía, disminuyendo las caudales pico y aumentando la infiltración y laminación.

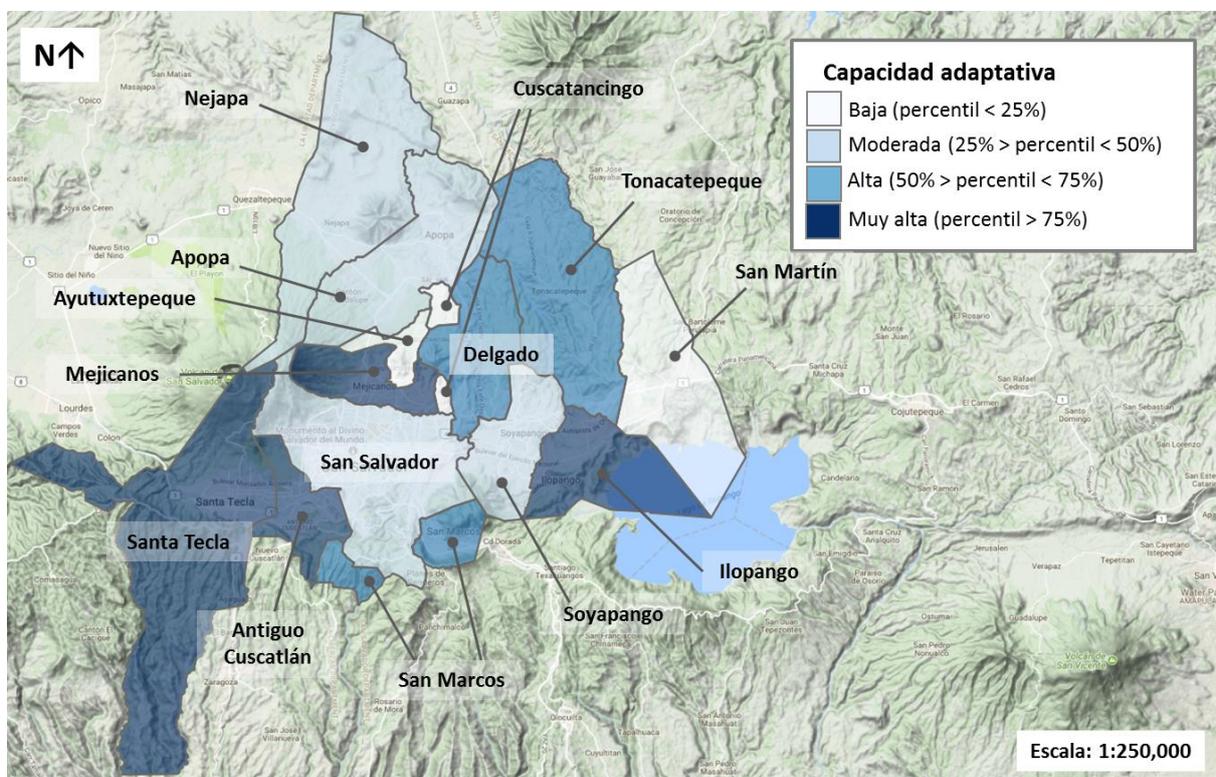
Tabla 17: Indicadores seleccionados para valorar la capacidad adaptativa frente al aumento de la precipitación máxima en el AMSS

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
<b>Acceso a servicios y comunicación</b>			
<b>% Población alfabetizada (0.15)</b>	Datos CONASAN para el año 2007; porcentaje por municipio.	Se han utilizado directamente los porcentajes municipales.	Mínimo: 10% Máximo: 80%
<b>% Hogares con internet (0.25)</b>	Dato anual del censo de hogares (EHMP 2015).	Se ha calculado el porcentaje de los hogares que reportan acceso a internet sobre el total de hogares del municipio.	Mínimo: 5% Máximo: 70%
<b>Albergues/ número de habitantes (0.25)</b>	Datos de los planes de riesgo elaborados por departamento (Protección Civil)	Se ha dividido el número de albergues identificados para cada municipio por el total de habitantes.	Mínimo: 0.00004 Máximo: 0.0002
<b>Medio natural</b>			
<b>% Vegetación natural y cuerpos de agua en el municipio (0.35)</b>	Información espacial sobre los usos del suelo en el AMSS	Se ha estimado la proporción de vegetación natural y cuerpos de agua sobre la superficie total del municipio.	Mínimo: 5% Máximo: 40%

La capacidad de adaptación es en general baja, especialmente para el indicador ‘numero de albergues por habitante’. La mayoría de municipios no cuenta con albergues designados para este efecto.



**Figura 24: Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa al aumento de la precipitación máxima en el AMSS**



**Figura 25: Mapa de capacidad adaptativa frente al aumento de la precipitación máxima en el AMSS**

#### 4.2.4 Índice de vulnerabilidad actual y futura

##### Resultados

El resultado del análisis indica los municipios con una vulnerabilidad actual muy alta a este tipo de riesgos incluirían: Soyapango, Ilopango, Cuscatancingo y San Salvador. Los municipios con una vulnerabilidad baja incluyen Toncatepeque, Nejapa y San Marcos.

Los municipios más vulnerables comparten una serie de características, como una proporción significativa de su tejido urbano expuesta a inundación y/o riesgo de deslizamientos y la presencia de infraestructura crítica (escuelas, infraestructura de abastecimiento y tratamiento de aguas, subestaciones eléctricas, etc.) en zonas de riesgo. Por el contrario, los municipios menos vulnerables no tendrían, dada su configuración espacial, una superficie significativa de sus zonas urbanas expuesta a este tipo de riesgos.

Tabla 18: Clasificación de los municipios del AMSS de acuerdo a su vulnerabilidad frente al aumento de la precipitación máxima

Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad moderada
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nejapa</li> <li>- Toncatepeque</li> <li>- San Martín</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antiguo Cuscatlán</li> <li>- San Marcos</li> <li>- Santa Tecla</li> </ul>
Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad muy alta
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apopa</li> <li>- Delgado</li> <li>- Mejicanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuscatancingo</li> <li>- San Salvador</li> <li>- Soyapango</li> <li>- Ilopango</li> </ul>

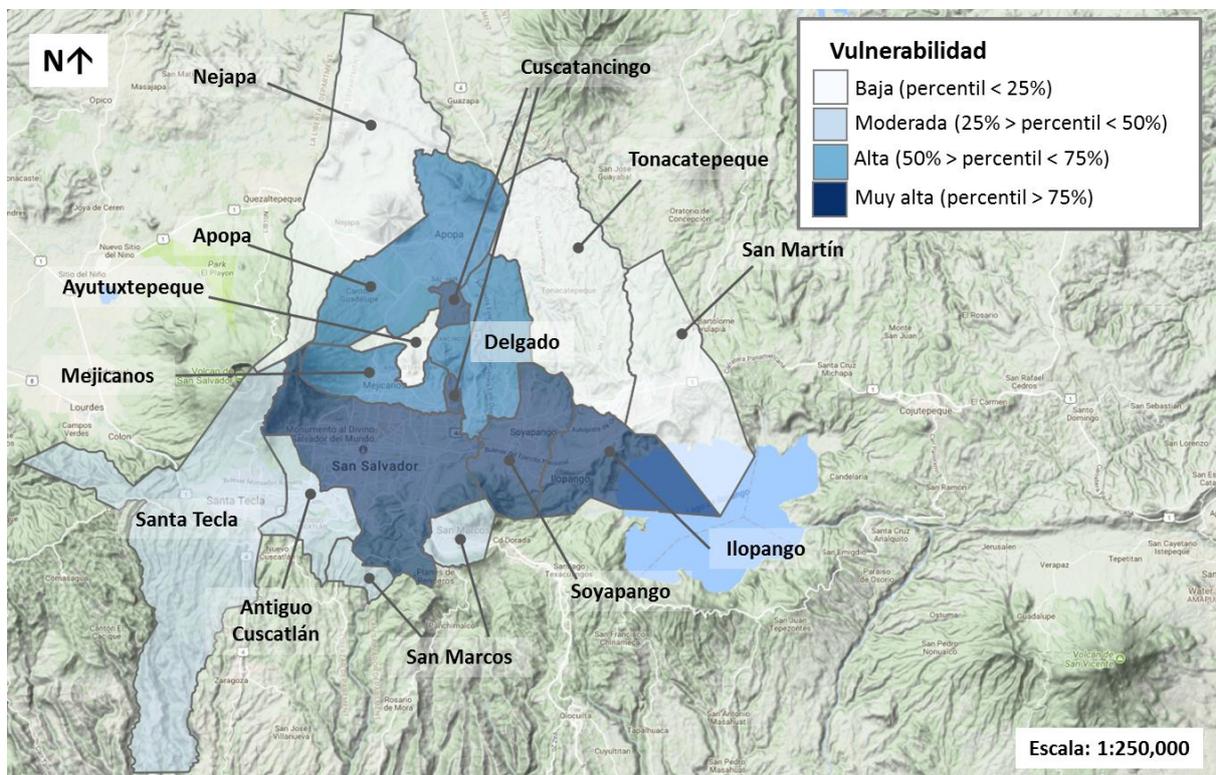


Figura 26: Mapa del grado de vulnerabilidad al aumento de la precipitación máxima en el AMSS

Tabla 19: Resultados del análisis de vulnerabilidad para el aumento de las precipitaciones máximas en los municipios del AMSS

Municipio	Exposición					Sensibilidad ( $\Sigma S_i$ )	Capacidad adaptativa ( $1 - \Sigma CA_i$ )	Índice de Vulnerabilidad				
	Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 8.5)			Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 8.5)
ANTIGUO CUSCATLAN	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.35	0.28	0.446	0.449	0.447	0.449	0.444
APOPA	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.39	0.50	0.503	0.506	0.504	0.505	0.501
AYUTUXTEPEQUE	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.15	0.68	0.430	0.433	0.431	0.432	0.428
CUSCATANCINGO	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.45	0.78	0.573	0.576	0.573	0.575	0.570
DELGADO	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.41	0.46	0.503	0.506	0.503	0.505	0.501
ILOPANGO	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.45	0.40	0.508	0.510	0.508	0.510	0.505
MEJICANOS	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.38	0.37	0.477	0.479	0.477	0.479	0.474
NEJAPA	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.22	0.57	0.441	0.444	0.442	0.444	0.439
SAN MARCOS	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.28	0.43	0.444	0.447	0.444	0.446	0.441
SAN MARTIN	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.16	0.59	0.421	0.423	0.421	0.423	0.418
SAN SALVADOR	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.63	0.50	0.598	0.601	0.598	0.600	0.595
SANTA TECLA	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.34	0.33	0.451	0.454	0.451	0.453	0.449
SOYAPANGO	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.38	0.59	0.509	0.512	0.509	0.511	0.506
TONACATEPEQUE	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61	0.24	0.47	0.433	0.436	0.434	0.435	0.431

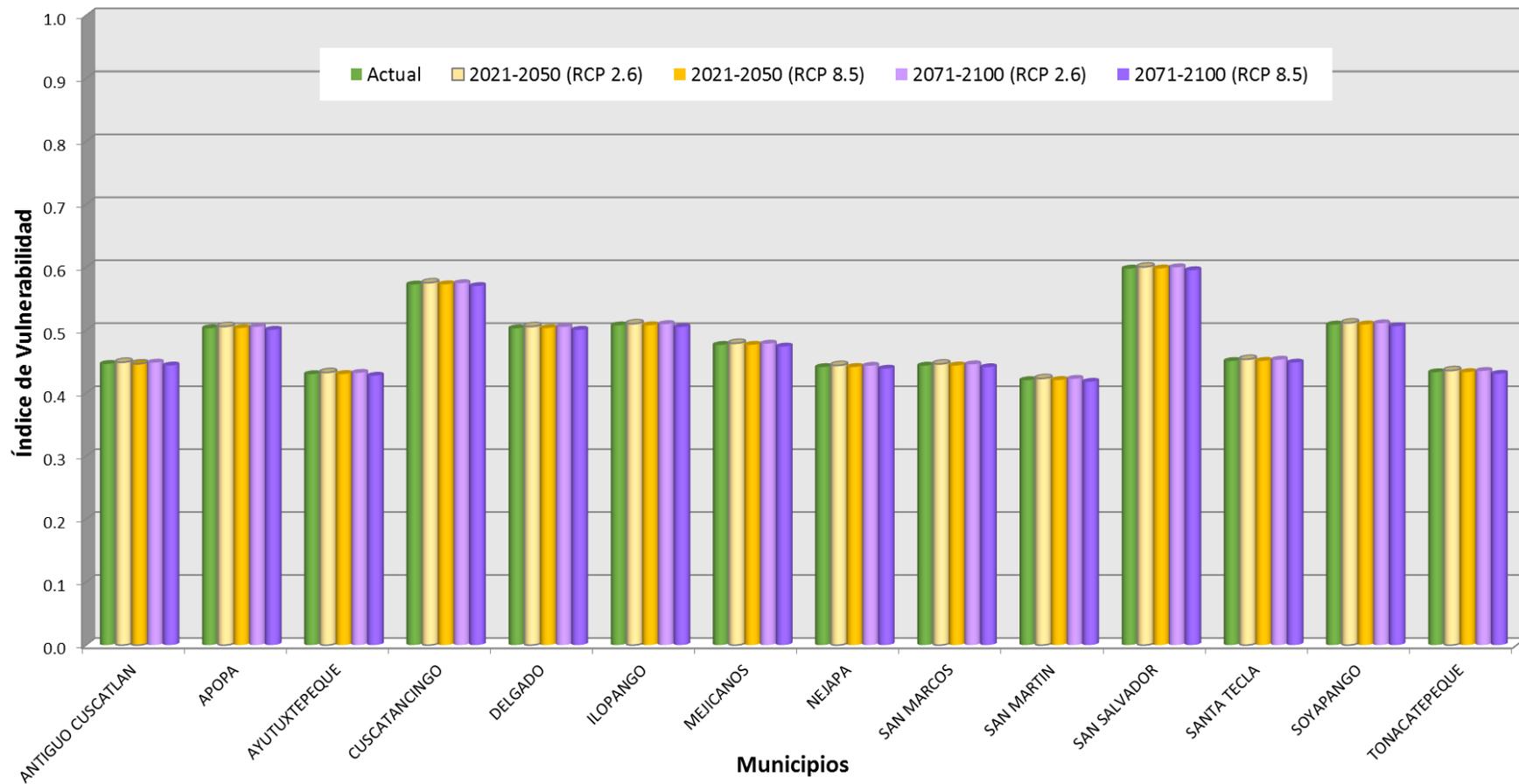


Figura 27: Comparativa de los resultados de los resultados de vulnerabilidad (actual y para los escenarios futuros) para el aumento de la precipitación máxima en los 14 municipios del AMSS

### Discusión

Los resultados son coherentes con el registro histórico de inundaciones y deslizamientos para el periodo 1960-2015, que lidera San Salvador con 209 inundaciones y 79 deslizamientos, seguido por Ilopango (41 inundaciones y 23 deslizamientos). Delgado, Mejicanos, Apopa, Cuscatancingo y Soyapango serían los siguientes municipios con mayor registro de desastres por inundaciones y deslizamientos asociados a precipitación máxima.

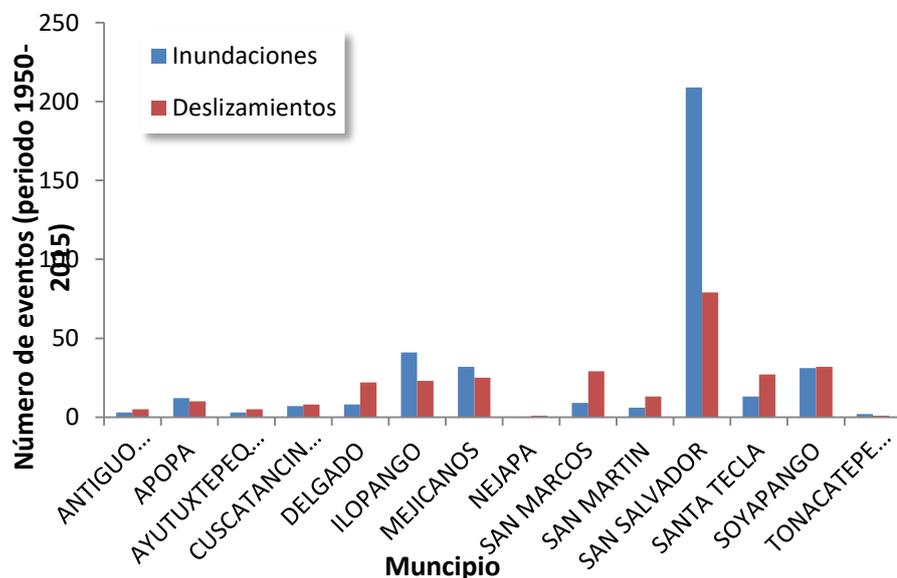


Figura 28: Número de Inundaciones y deslizamientos en los municipios del AMSS de acuerdo al registro de Desinventar para el periodo 1950-2015

A nivel sub-municipal, y según Fernández Lavado (2010), en San Salvador daños por inundaciones se concentran en ciertas áreas: la comunidad Las Palmas en las márgenes de la quebrada La Lechuza; la comunidad Nueva Israel, colonia La Málaga, Barrio Candelaria del arenal de Monserrat; quebrada La Mascota, zona del cementerio general, colonia Gallegos y comunidad Granjeros 2 en las márgenes del río Acelhuate.

Este estudio de vulnerabilidad del AMSS resalta también las comunidades en las márgenes del arenal Tutunichapa tales como Tutunichapa IV, 3 de Mayo, Amaya y colonia Los Angeles. También destacan las comunidades en las márgenes del río El Garrobo: El Cañito, Santa Marta, Costa Rica y Nicaragua, que han tenido antecedentes de inundaciones con el paso de los huracanes Mitch y Stan

En Soyapango y Delgado, la comunidad El Cacao, cerca de Agua Caliente ha reportado afectaciones por inundaciones. La microcuenca del río Las Cañas recorre parte de los municipios de Ilopango, San Martín, Soyapango, Tonacatepeque, Ciudad Delgado y Apopa. En esta zona la presencia de grandes espesores de ceniza volcánica, principalmente en Soyapango e Ilopango generan alta susceptibilidad a los deslizamientos, mientras que las inundaciones están principalmente en el arenal seco de Ilopango, donde el desarrollo del municipio de San Martín y la carretera de Oro ha afectado a comunidades como Nuevos Horizontes, Suchitlán, Bosques de San Felipe, Rivas y San Jorge, Montealegre, El Arenal y Granados 2 (Fernández Lavado, 2010).



Figura 29: Fotografía de la infraestructura construida en las márgenes del arenal Tutunichapa (Jun 02, 2015- 09:31)

Los problemas de inundación también están asociados a la incapacidad de conducción de la infraestructura hidráulica de drenaje pluvial que fue construida para un nivel de desarrollo urbano, impermeabilización y condiciones climáticas muy distintas de las que actualmente enfrenta el AMSS. La mayoría de las comunidades que han sufrido daños y/o pérdidas por esta amenaza climática se encuentran cimentadas en zonas no urbanizables y han sido construidas sin una planificación adecuada de su infraestructura, sus habitantes son principalmente personas de escasos recursos económicos lo cual se refleja en su baja capacidad adaptativa. Recientemente con el apoyo de instituciones del estado, se ha oficializado la tenencia de algunas de esas propiedades.

La Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo (DACGER) ha identificado una serie de puntos críticos (Tabla 20) con problemas de inundación recurrente, asociados a problemáticas con el drenaje pluvial. Estos puntos críticos están situados en los municipios clasificados con mayor vulnerabilidad: San Salvador, Soyapango e Ilopango.

Tabla 20: Puntos críticos de inundaciones en el AMSS (Fuente: Datos de la DACGER-MOP generados por el Proyecto GENSAI II)

UBICACIÓN	SITUACIÓN DE INUNDACIONES	CAUSA ASUMIDA	ADOPCIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS CONCEBIBLES
Colonia Santa Lucia /Ilopango/ Área Metropolitana de San Salvador	Inundación habitual en caso de lluvia	Rápido tiempo de concentración de la inundación, la capacidad de flujo insuficiente de la red de tuberías de drenaje existente, la insuficiente capacidad de la tubería de salida a través de la Carretera Panamericana	Mejora de la red de tuberías existente y cruce de tubería de salida por debajo de la autopista, Suministro de tubería de drenaje (s) nueva para la descarga del agua de lluvia en el río junto a la zona objetivo
Barrio La Vega, Centro Urbano Canderaria, Malaga, Barrio Calvario/San Salvador/AMSS	Flujo de inundación agresivo golpea los canales de drenaje (canales rectangulares de hormigón) y los daña en cada evento de lluvia	Mejora esporádica de canales de drenaje sin plan general coherente para mejorar el drenaje hace que la condición de flujo sea inestable.	Mejora canal continuo basado en un plan general de mejora de drenaje, Medidas de control de escorrentía de la cuenca.

UBICACIÓN	SITUACIÓN DE INUNDACIONES	CAUSA ASUMIDA	ADOPCIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS CONCEBIBLES
Zonas de viviendas aguas abajo de 75 Ave. Norte/AMSS	Desbordamiento de alcantarillas en una tubería de drenaje (1.2m de diámetro) cruzando la avenida. 75 Norte y traspasando el área	La capacidad de flujo de la tubería es insuficiente situada a unos 15m bajo tierra a lo largo de la ladera de una colina empinada, el flujo de presión en la tubería levanta la tapa de la alcantarilla	La sustitución de la tubería existente es casi imposible. La construcción de una nueva tubería de desviación de agua de lluvia a lo largo de la 75 Av. Norte hasta el punto de descarga de la Qda. Sirimuyo.

En general, y en cuanto a diferencias entre escenarios, no hay grandes diferencias entre la vulnerabilidad actual y futura, ya que para esta variable climática (el número de días con precipitación superior a 50 mm) no se prevén cambios significativos en los escenarios futuros. Cabe destacar que las predicciones para eventos climáticos máximos son menos confiables que los escenarios para variables medias. Esta amenaza climática está muy relacionada con los patrones de urbanización, por lo que la evolución de los factores (impermeabilización del suelo, localización de viviendas respecto a zonas en riesgo de inundación o deslizamiento, etc.) que condicionan la urbanización en el AMSS determinarán la evolución de esta amenaza en el futuro.

### 4.3 Cambios en la precipitación anual y posibles riesgos para los recursos hídricos subterráneos

El grupo de acuíferos de San Salvador han sido la fuente de abastecimiento de agua subterránea más importante en el país y la principal fuente de abastecimiento de agua de la ciudad capital (PRISMA 1994). Su producción hoy en día representa un 37% del abastecimiento total de agua distribuida en el AMSS.

Cabe destacar que ANDA posee cuatro sistemas o fuentes primordiales de producción de agua para el AMSS:

1. Las Pavas: fuente superficial mediante una captación en el Río Lempa ubicada a 44 km al norte de San Salvador. Este sistema aporta 38% de la dotación actual del AMSS.
2. Sistema tradicional: el cual consiste en la producción mediante extracción de pozos profundos ubicados en el acuífero de San Salvador y representa un estimado del 33% del suministro de agua a la capital.
3. Sistema Zona Norte: el cual consiste en la producción mediante extracción por pozos profundos y se ubica en las estribaciones bajas al norte del volcán de San Salvador (Acuífero “Nejapa - Quetzaltepeque - Opico”) representando el 21% del abastecimiento a la capital. Está localizado a un promedio de 18 km del AMSS y tiene la importancia estratégica de su bajo nivel de contaminación y buena conservación de las zonas de recarga hídrica.
4. Sistema Guluchapa: sistema combinado mediante captación de fuentes superficiales y subterráneas ubicado en la zona sur oriente de la capital en la región hidrográfica Guluchapa, cuya cuenca se extiende entre el cerro San Jacinto y el lago de Ilopango. El mismo representa en promedio el 8% del abastecimiento a la capital conjuntamente con el aporte minoritario del único operador descentralizado que contribuye al abastecimiento del AMSS.

Esta sección presenta una valoración de la vulnerabilidad de la disponibilidad de este recurso en función de los cambios esperados en la precipitación media anual.

#### 4.3.1 Exposición

El índice climático que se ha seleccionado para evaluar esta amenaza es la precipitación media anual, como principal fuente de recarga del acuífero. El Área Metropolitana de San Salvador presenta

precipitaciones que oscilan entre los 1600 y 2100 mm, concentrándose en los meses de mayo a octubre.

Tabla 21: Indicador seleccionado para valorar la exposición a los cambios de precipitación en el AMSS

Indicador	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
Precipitación media anual	Serie de precipitaciones mensuales para el periodo 1961-1990 para las estación de Ilopango (S-10)	En base a los datos mensuales se calculó o la precipitación media anual.	Mínimo: 740 mm (recarga anual media. OPAMSS 2007) Máximo: 1800 mm

La exposición futura se determinó en base a las proyecciones de precipitación mensual (CATHALAC 2017). Todos los escenarios futuros predicen una reducción en la precipitación anual; de 1725 mm en la línea base actual a 1551 mm para RCP 2.6/2021-2050 y 1358 mm para RCP 8.5/2071-2100.

### 4.3.2 Sensibilidad

La sensibilidad a una disminución de los recursos hídricos subterráneos disponibles se ha valorado considerando tanto las condiciones de abastecimiento y dependencia de la población local de los recursos hídricos subterráneos, como de factores de tipo socioeconómico, en relación a la capacidad de los hogares de verse afectados por una disminución en el suministro.

Como principal indicador de sensibilidad a esta amenaza se seleccionó el “% del suministro de agua potable municipal que proviene de pozos”. Teniendo en cuenta las características y origen del agua de los sistemas de producción de agua del AMSS antes mencionados, se establecieron los porcentajes de agua procedente de pozos para cada municipio (Figura 30), en base a la información del Boletín Estadístico del ANDA (2017, No. 38). Según estos datos, el municipio de Cuscatancingo recibe toda su agua de fuentes superficiales, por lo que no se ha incluido en el análisis de vulnerabilidad de esta amenaza.

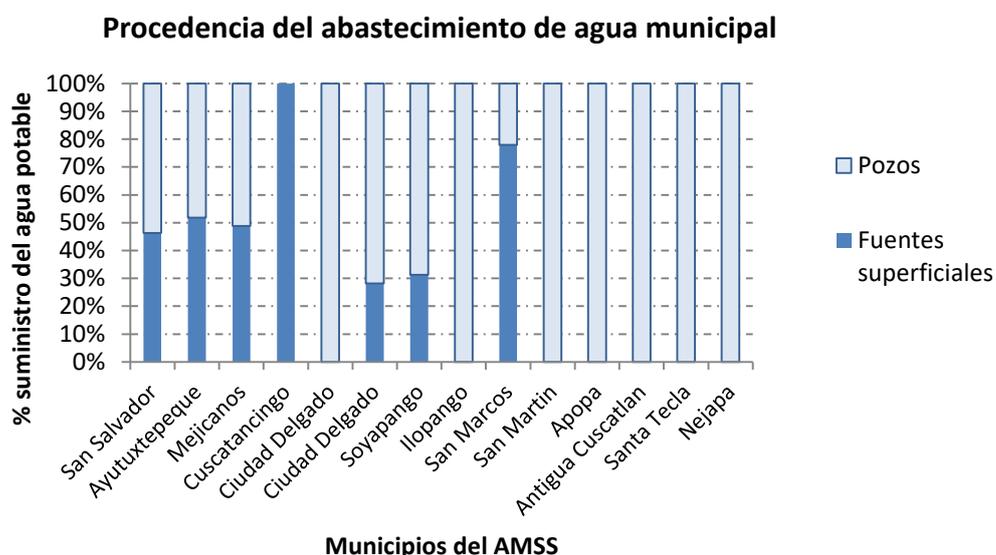


Figura 30: Procedencia del agua suministrada en los municipios del AMSS (Fuente: Boletín Estadístico del ANDA, 2017 No. 38, Cuadro No. 44 Producción de agua por municipios de la región metropolitana en sistemas administrados por ANDA y operadores descentralizados. Año: 2016. En miles de metros cúbicos)

Además de la dependencia de los recursos subterráneos para el abastecimiento del municipio, se han tenido en cuenta otros indicadores de sensibilidad, detallados en la Tabla 22.

**Tabla 22: Indicadores seleccionados para valorar la sensibilidad a los cambios en la precipitación media anual en el AMSS**

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
<b>Condiciones de abastecimiento</b>			
<b>% Suministro de agua procedente de pozo (0.3)</b>	Datos de origen del suministro de agua a nivel municipal para los municipios del AMSS (Boletín Estadístico del ANDA, 2016)	Se ha calculado el porcentaje de suministro que procede de pozos (suma de los volúmenes de agua procedentes del Sistema Tradicional y el Sistema de la Zona Norte) sobre el total de agua abastecida al municipio.	Mínimo: 0% Máximo: 100%
<b>% Población afectada por corte de servicio (0.2)</b>	Datos facilitados por ANDA (año 2016) sobre interrupciones en el servicio de abastecimiento de agua.	Se ha calculado el porcentaje de población afectada por interrupción del servicio sobre el total de población de la municipalidad.	Mínimo: 0% Máximo: 60%
<b>% Hogares afectados por sequía (0.15)</b>	Información del censo/encuesta de hogares (EHPM 2015). Hogares que reportan problemas por falta de agua	El número de hogares que reportaron este tipo de problema se dividió por el número total de hogares para cada municipio.	Mínimo: 1% Máximo: 40%
<b>Habitantes abastecidos por pozo (0.1)</b>	Información espacial con la localización de pozos en el municipio (ANDA, MARN) y datos de población del municipio (EHPM 2015)	Se dividió el número total de habitantes por el número de pozos en el municipio.	Mínimo: 1000 Máximo: 40000
<b>%Nuevas conexiones (0.15)</b>	Datos del ANDA (Boletín Estadístico del ANDA, 2016) sobre el número de nuevas conexiones de servicio a nivel municipal	Se ha calculado el porcentaje de nuevas conexiones sobre las conexiones totales.	Mínimo: 1% Máximo: 20%
<b>Factores socioeconómicos</b>			
<b>% Población en situación de pobreza (0.1)</b>	Información del censo/encuesta de hogares (EHPM 2015).	Se consideraron los hogares que reportaron pobreza relativa y severa y el número total de estos hogares se dividió por el total de hogares en el municipio para obtener los porcentajes.	Mínimo: 10% Máximo: 100%

Indicadores de sensibilidad a cambios en la precipitación media anual

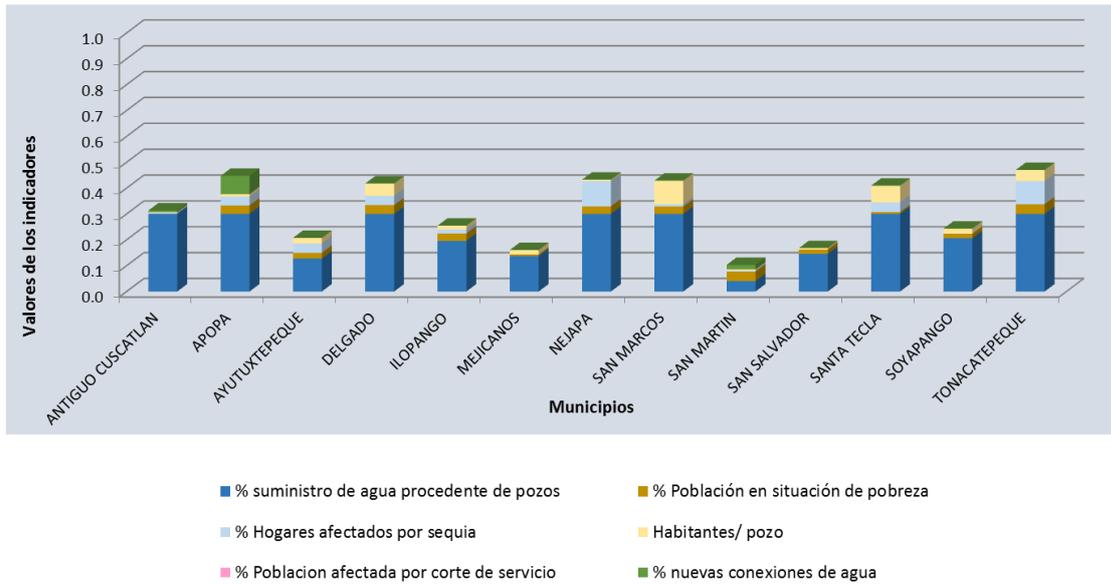


Figura 31: Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de sensibilidad a los cambios en la precipitación media anual

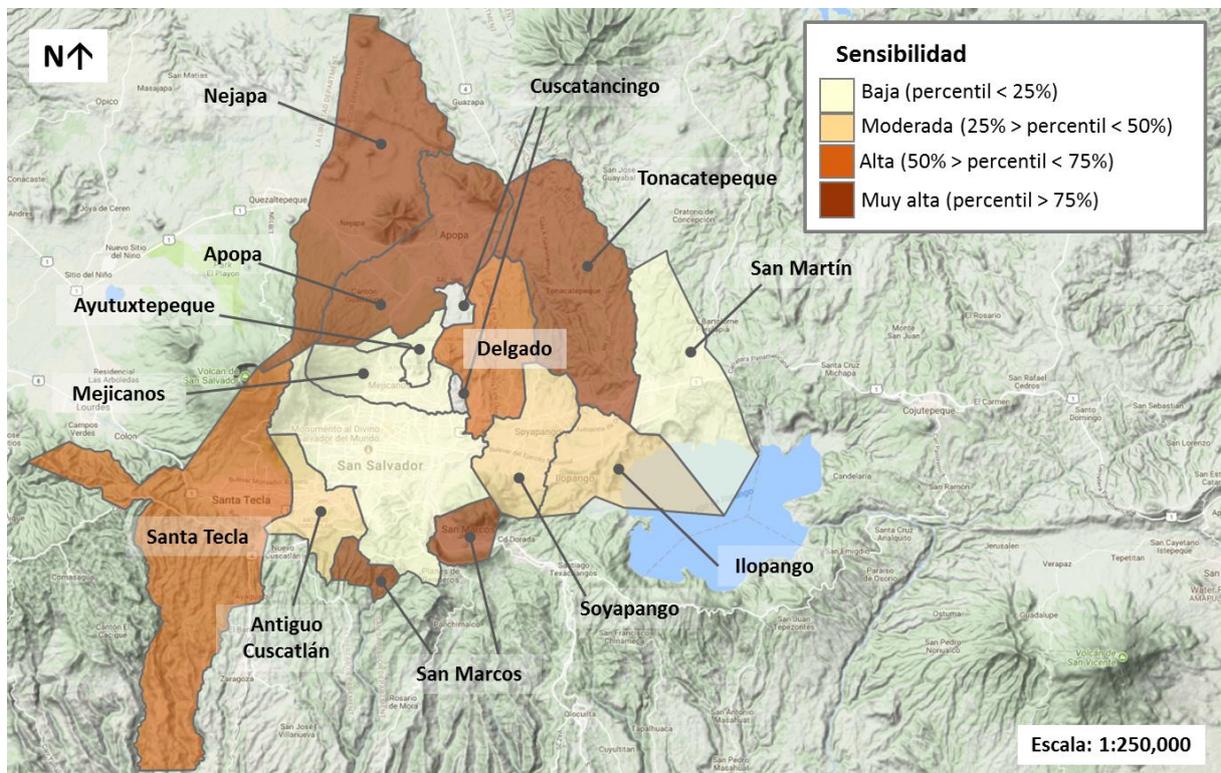


Figura 32: Mapa de sensibilidad a cambios en la precipitación e impacto sobre la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en el AMSS

### 4.3.3 Capacidad de adaptación

El crecimiento urbano acelerado en el AMSS ha propiciado una reducción de las principales zonas de recarga acuífera de los acuíferos. Un análisis de cobertura presenta que durante el período 1972 a 1992 (20 años) se ha incrementado en un 51 % el crecimiento urbano sobre las áreas de recarga natural, y para el año 2003 (período de 30 años) en un 85% (OPAMSS 2007).

El 14 de abril de 2016 se hizo por primera vez una alerta asociada a la escasez del recurso hídrico, siendo una declaratoria de “alerta naranja” restringida para el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) para la implementación de medidas urgentes para el abastecimiento y provisión de agua potable. Se activó producto del diagnóstico crítico que presentó la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Las medidas estipuladas sugerían tomar medidas urgentes para reducir el consumo innecesario de agua potable. Y se basaban sobre el antecedente de cuatro años continuos de lluvia por debajo de lo normal, la expansión de la urbanización que impermeabiliza más área de terrenos incluyendo las zonas de recarga hídrica, así como el aumento de la demanda de aprovisionamiento de agua factores con lo cual se agudiza el problema.

ANDA informó sobre una evidente reducción en los niveles freáticos de los acuíferos que abastecen el Área Metropolitana de San Salvador y manifestó que los pronósticos climáticos a futuro indicaban alta probabilidad de déficit hídrico, impidiendo que el acuífero subterráneo se pudiese recuperar de manera normal. Por lo que una de las consecuencias sería la reducción en la capacidad de suministro de agua de manera continua a los habitantes del AMSS.

Tabla 23: Indicadores seleccionados para valorar la capacidad adaptativa frente a cambios en la precipitación en el AMSS

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
<b>Acceso a servicios y comunicación</b>			
<b>% Hogares con acceso a agua (0.4)</b>	Dato anual del censo de hogares (EHMP 2015).	Se ha calculado el porcentaje de los hogares que tienen acceso a agua en su vivienda sobre el total de hogares del municipio.	Mínimo: 30% Máximo: 90%
<b>Medio construido</b>			
<b>Numero de pozo de monitoreo del nivel freático (0.3)</b>			
<b>Medio natural</b>			
<b>% Área de recarga en zona no urbanizada (0.3)</b>	Información espacial; mapa de recarga acuífera (OPAMSS) y mapa de usos del suelo (MARN)		

Indicadores de capacidad adaptativa a cambios en la precipitación media anual

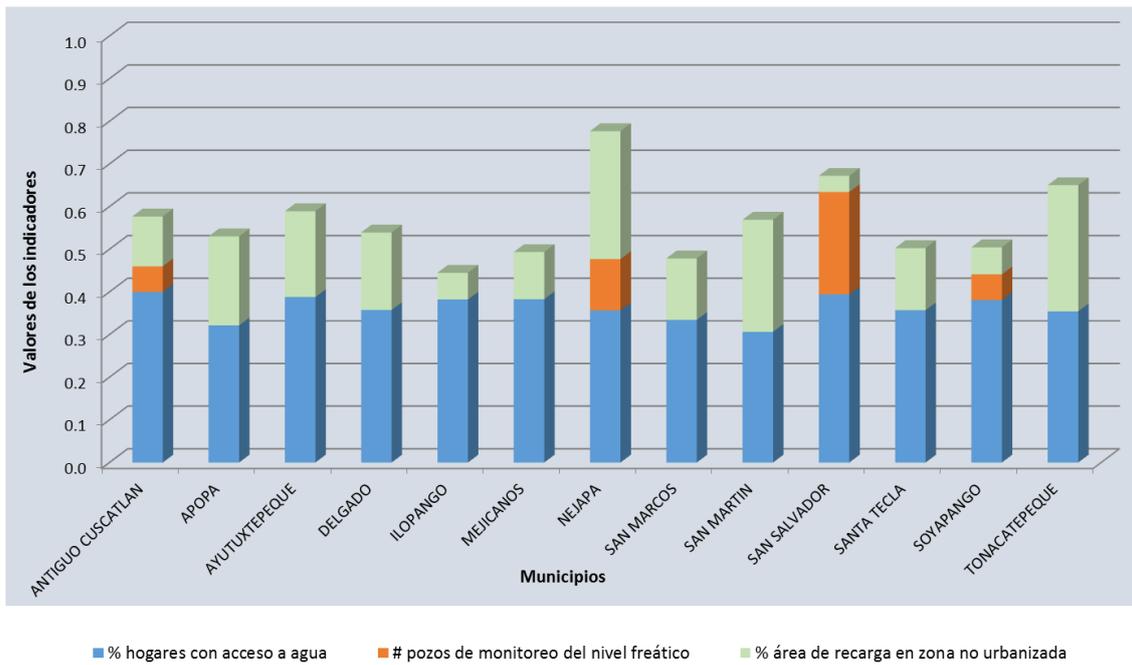


Figura 33: Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa a cambios en la precipitación media anual en el AMSS

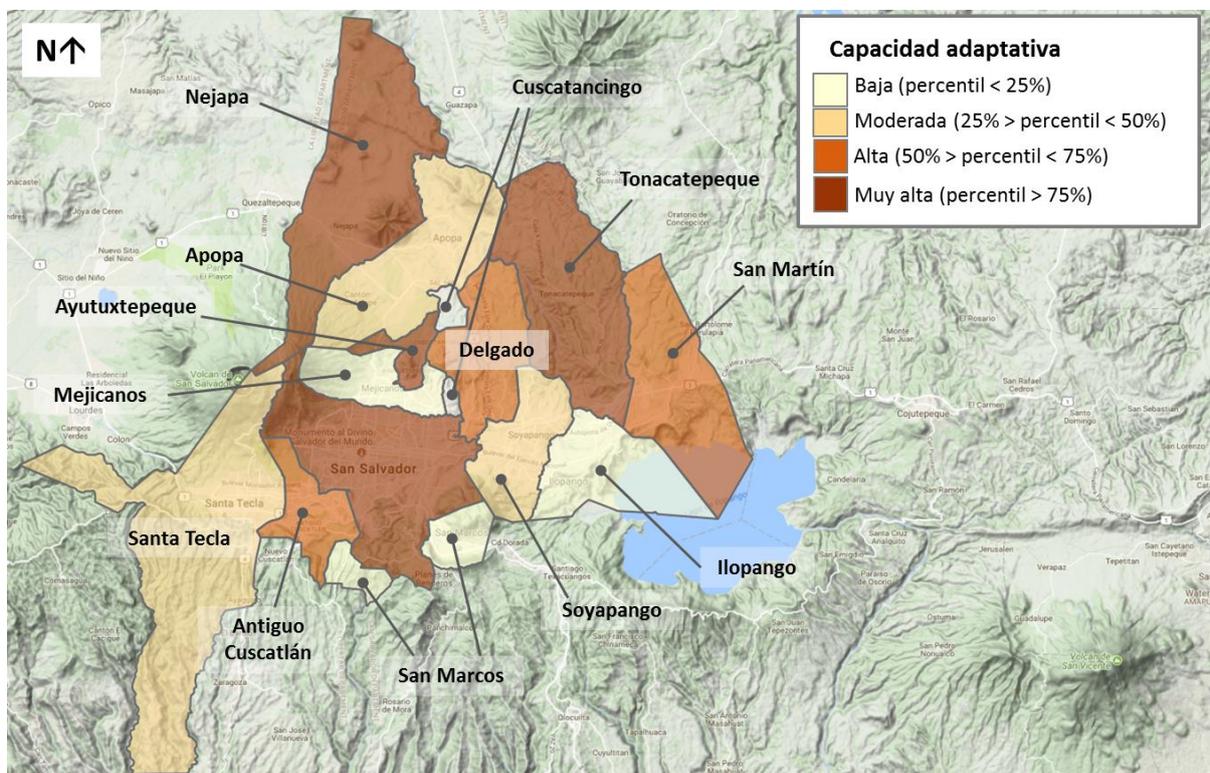


Figura 34: Mapa de capacidad adaptativa frente a cambios en la precipitación media anual en el AMSS

#### 4.3.4 Índice de vulnerabilidad actual y futura

##### Resultados

Los resultados indican que los municipios más afectados por esta amenaza serían Apopa, Delgado y San Marcos. Ambos municipios contienen un elevado número de hogares que obtienen su agua potable a partir de pozos y de hogares que han reportado verse afectados por la sequía. Apopa también presenta el mayor número de nuevas conexiones a fuentes de agua, lo que indica una demanda creciente de recursos hídricos.

Tabla 24: Clasificación de los municipios del AMSS de acuerdo a su vulnerabilidad frente a los cambios en la precipitación media

Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad moderada
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ayuxtepeque</li> <li>- Mejicanos</li> <li>- San Salvador</li> <li>- San Martín</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soyapango</li> <li>- Ilopango</li> <li>- Antigua Cuscatlán</li> </ul>
Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad muy alta
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nejapa</li> <li>- Tonacatepeque</li> <li>- Santa Tecla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apopa</li> <li>- Delgado</li> <li>- San Marcos</li> </ul>

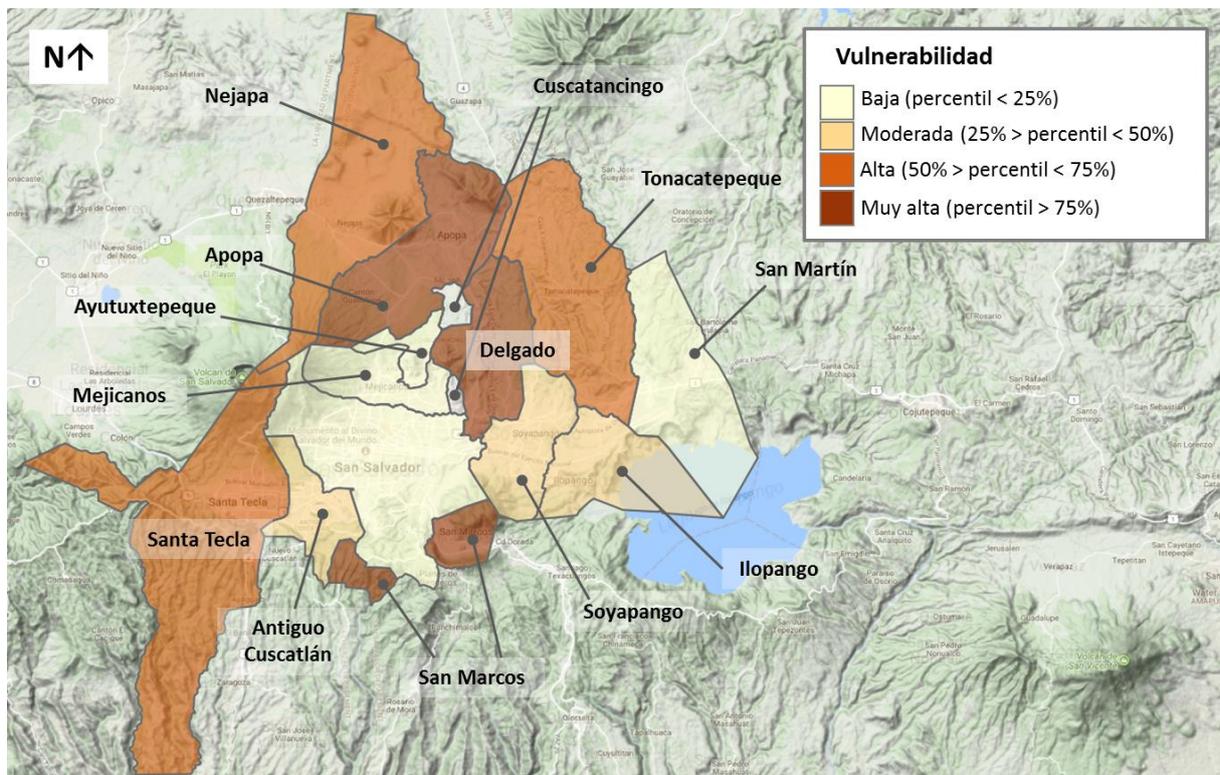


Figura 35: Mapa del grado de vulnerabilidad a cambios en la precipitación media anual e impactos en la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en el AMSS

Tabla 25: Resultados del análisis de vulnerabilidad para el cambio de precipitación media anual en los municipios del AMSS

Municipio	Exposición					Sensibilidad ( $\Sigma Si$ )	Capacidad adaptativa ( $1 - \Sigma Cai$ )	Índice de Vulnerabilidad				
	Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 8.5)			Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 8.5)
ANTIGUO CUSCATLAN	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.31	0.42	0.230	0.299	0.308	0.292	0.375
APOPA	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.45	0.47	0.294	0.362	0.372	0.356	0.438
AYUTUXTEPEQUE	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.21	0.41	0.184	0.252	0.262	0.246	0.328
DELGADO	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.42	0.46	0.280	0.348	0.358	0.342	0.424
ILOPANGO	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.25	0.56	0.228	0.296	0.306	0.289	0.372
MEJICANOS	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.16	0.51	0.181	0.249	0.258	0.242	0.325
NEJAPA	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.43	0.22	0.247	0.315	0.324	0.308	0.391
SAN MARCOS	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.43	0.52	0.295	0.363	0.372	0.356	0.439
SAN MARTIN	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.10	0.43	0.144	0.212	0.222	0.206	0.288
SAN SALVADOR	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.17	0.33	0.154	0.222	0.232	0.215	0.298
SANTA TECLA	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.41	0.50	0.283	0.351	0.360	0.344	0.427
SOYAPANGO	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.24	0.50	0.213	0.282	0.291	0.275	0.358
TONACATEPEQUE	0.07	0.23	0.26	0.22	0.42	0.47	0.35	0.283	0.352	0.361	0.345	0.428

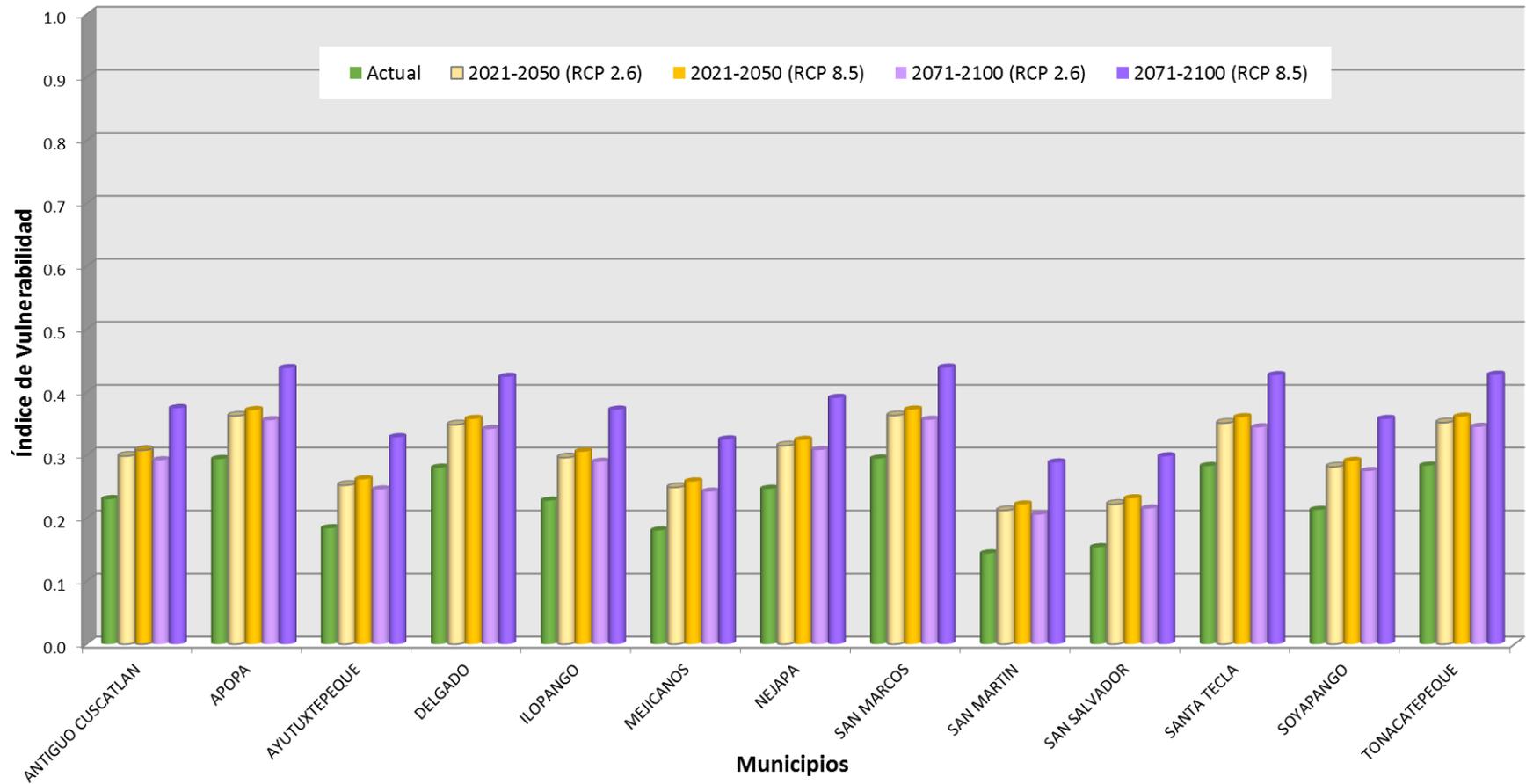


Figura 36: Comparativa de los resultados de los resultados de vulnerabilidad (actual y para los escenarios futuros) para los cambios en la precipitación media en los municipios del AMSS

### Discusión

Según los datos de Desinventar, el municipio más afectado por sequías en el AMSS es San Salvador. Cabe destacar que estos datos no distinguen entre falta de disponibilidad de recursos hídricos subterráneos o superficiales. Se necesitaría información más específica sobre problemática asociada al abastecimiento de agua subterránea en cada municipio para analizar la falta de disponibilidad de recursos hídricos subterráneos.

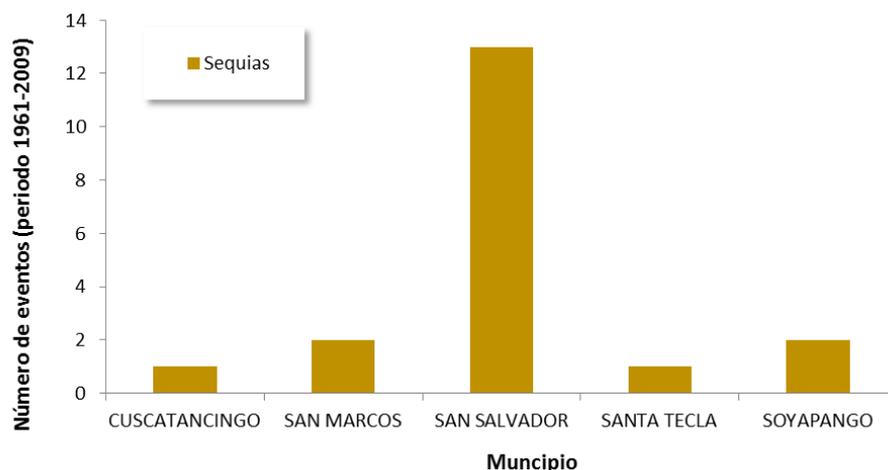


Figura 37: Registro de sequías en los municipios del AMSS de acuerdo al registro de Desinventar para el periodo 1950-2015

Los municipios del norte del AMSS, como Apopa y Nejapa, y algunos localizados al sur, como Santa Tecla, Antiguo Cuscatlán y San Marcos, dependen principalmente del suministro de agua subterránea para su abastecimiento. Son ampliamente conocidos los problemas de falta de agua en estos municipios, incluso ya existen conflictos por el uso del agua en algunos sectores como Nejapa.

Algunos municipios como Delgado tienen una dependencia de manantiales, que representan la descarga de agua subterránea, esto lo vuelve también altamente vulnerable ya que los descensos en el acuífero por efecto de reducción de la precipitación y aumento de la temperatura podrían reflejarse en un descenso de su producción, agravando la situación.

Las zonas menos vulnerables se concentran principalmente en los municipios que reciben agua del sistema Las Pavas, proveniente del río Lempa, cuyo análisis está fuera de los alcances de este estudio. Un análisis integral de los efectos del CC en los recursos hídricos que abastecen el AMSS es necesario. Al mismo tiempo se reduce la vulnerabilidad en aquellos sectores que cuentan con algunas medidas de adaptación como pozos de monitoreo que proporcionan información oportuna en la toma de decisiones para mejorar el abastecimiento.

Desde los años setenta, el AMSS ha venido experimentando un aumento de la demanda de agua debido al crecimiento de la población en la región (PRISMA 2017). Esta creciente demanda ha conducido a una sobre-explotación del acuífero de San Salvador y a la obtención de recursos adicionales desde territorios cada vez más lejanos, tal como ocurre con el Sistema Zona Norte y el Sistema Río Lempa-Las Pavas, que en conjunto abastecen el 58.4% del agua potable producida para el AMSS. Aunque la producción de agua del acuífero se ha mantenido aproximadamente estable (Figura 38), los niveles freáticos en el acuífero de San Salvador han estado disminuyendo, en algunos casos se ha estimado descenso de 1 metro por año (Coto et al. 1994).

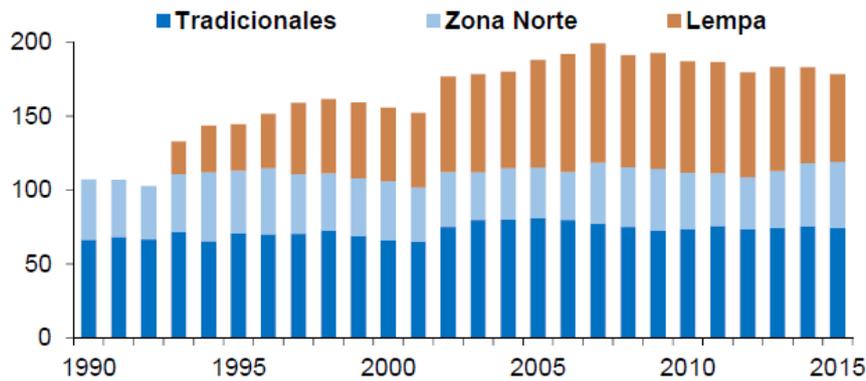


Figura 38: Producción de agua potable por sistemas en el AMSS (1990-2015) en millones de m³ (Fuente: PRISMA 2017, basado en datos del ANDA)

Puesto que todos los escenarios futuros predicen una reducción en la precipitación anual, es de esperar que la recarga de los acuíferos y la disponibilidad de agua subterránea disminuirá para los horizontes temporales considerados (2021-2050 y 2071-2100), aumentando la vulnerabilidad a esta amenaza para todos los municipios. En ese sentido, es necesario que se tome en cuenta esta condición para los futuros desarrollos de sistemas de abastecimiento en el AMSS, especialmente para los territorios más vulnerables.

#### 4.1.4 Vulnerabilidad climática agregada en el AMSS

La vulnerabilidad climática agregada (vulnerabilidad total a las tres amenazas) de cada municipio se ha calculado como el valor medio del índice de vulnerabilidad de las tres amenazas estudiadas:

$$IV_{TOTAL} = \frac{IV_{TEMP} + IV_{PREP} + IV_{HID}}{3}$$

Dónde:

- $IV_{TEMP}$  = Índice de vulnerabilidad para el aumento de la temperatura
- $IV_{PREP}$  = Índice de vulnerabilidad para el aumento de la precipitación extrema
- $IV_{HID}$  = Índice de vulnerabilidad asociado a cambios en la precipitación anual

Los municipios con una mayor vulnerabilidad agregada, considerando el mismo peso para las tres amenazas, son Apopa, Delgado, San Salvador y Soyapango, mientras que los de menos vulnerabilidad incluyen Mejicanos, Antiguo Cuscatlán, Santa Tecla y Ayutuxtepeque.

Tabla 26: Resultados de vulnerabilidad climática agregada para los municipios del AMSS

Municipio	Vulnerabilidad agregada				
	Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 8.5)
ANTIGUO CUSCATLAN	0.283	0.315	0.323	0.321	0.440
APOPA	0.376	0.408	0.417	0.414	0.534
AYUTUXTEPEQUE	0.290	0.322	0.331	0.328	0.448
CUSCATANCINGO	0.326	0.336	0.341	0.344	0.436
DELGADO	0.363	0.395	0.404	0.401	0.521
ILOPANGO	0.333	0.365	0.374	0.371	0.490
MEJCANOS	0.319	0.351	0.360	0.357	0.477
NEJAPA	0.313	0.345	0.354	0.351	0.471
SAN MARCOS	0.332	0.364	0.372	0.370	0.489
SAN MARTIN	0.265	0.297	0.305	0.303	0.422
SAN SALVADOR	0.372	0.404	0.413	0.410	0.530
SANTA TECLA	0.303	0.336	0.344	0.341	0.461
SOYAPANGO	0.362	0.395	0.403	0.400	0.520
TONACATEPEQUE	0.326	0.358	0.367	0.364	0.484

## 5. Vulnerabilidad climática en el Corredor Seco Oriental

El cambio climático influye directamente sobre el crecimiento y el desarrollo de plantas y cultivos, los balances hidrológicos, la frecuencia, tipo e intensidad de las siembras, así como en la severidad de la erosión de la tierra (CEPAL 2010).

Esta sección presenta los resultados del análisis de vulnerabilidad para el Corredor Seco Oriental y para dos amenazas: cambios en la precipitación y temperatura que pueden afectar a la producción de granos básicos y, por ende, a la seguridad alimentaria, y cambios en los eventos de precipitación máxima que pueden afectar a los procesos de erosión y degradación de suelos.

El análisis de vulnerabilidad se ha realizado a nivel municipal, incluyendo los 36 municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental. Estos municipios se han representado en los distintos mapas de esta sección que muestran con un código de colores los diferentes grados de sensibilidad, capacidad de adaptación y vulnerabilidad.

**Tabla 27: Municipios y numeración (utilizada en los mapas de sensibilidad, capacidad de adaptación y vulnerabilidad)**

#	Municipio	#	Municipio
1	Jiquilisco	19	Bolívar
2	Puerto El Triunfo	20	San José
3	Usulután	21	Comacarán
4	San Dionisio	22	Jocoro
5	Concepción Batres	23	Sociedad
6	El Tránsito	24	Lolotiquillo
7	Jucuarán	25	Chilanga
8	Chirilagua	26	Yoloaiquin
9	Intipucá	27	Delicias de Concepción
10	El Carmen	28	Osicala
11	Conchagua	29	Gualococti
12	La Unión	30	San Simón
13	Meanguera del Golfo	31	Guatajiagua
14	San Alejo	32	Yamabal
15	Pasaquina	33	Sensembra
16	Yayantique	34	San Francisco Gotera
17	Uluazapa	35	San Carlos
18	Yucuaiquín	36	El Divisadero

### 5.1 Cambios en la precipitación y temperatura anuales y efectos sobre los granos básicos y la seguridad alimentaria

La vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria y nutricional se puede entender (UNEP 2016) como la probabilidad de que una persona disminuya drásticamente la disponibilidad, el acceso y control, el consume y la utilización biológica, así como la estabilidad de los alimentos, debido a riesgos o eventos de diferente naturaleza o de una baja capacidad de respuesta a los mismos. Morazán (56.1 %) y La Unión (55.2 %) se encuentran entre los tres departamentos que presentan unos niveles más altos de inseguridad alimentaria.

En base a los cambios previstos para la precipitación y temperatura medias anuales, esta sección presenta los resultados del análisis de vulnerabilidad para la producción de granos básicos y posibles efectos en la seguridad alimentaria.

### 5.1.1 Exposición

Las condiciones de precipitación y temperatura afectan a la productividad de los cultivos. Estudios previos (Bouroncle et al. 2015) han previsto que el aumento de la temperatura media anual y la disminución de la precipitación que se prevén para el año 2030, debido a efectos del cambio climático, tendrán impactos significativos en la agricultura de todo el país.

Considerando la producción de granos básicos (frijol, maíz y sorgo), se han considerado los umbrales de temperatura media anual y precipitación acumulada que supondrían una reducción notable de la producción (CEPAL 2010). Se han considerado los valores más restrictivos de las curvas de rendimiento de los tres cultivos (maíz, frijol y sorgo).

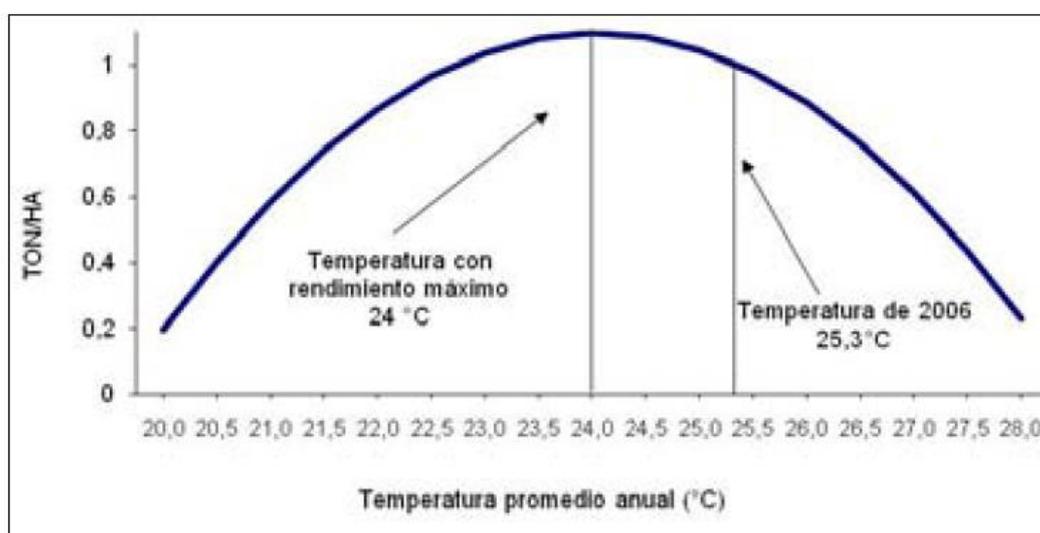


Figura 39: Curva de rendimiento del frijol (Fuente: CEPAL 2010)

Tabla 28: Indicador seleccionado para valorar la exposición al aumento de la temperatura en el AMSS

Indicador	Tipo de datos	Preparación de la información	Rango crítico
<b>Precipitación media anual</b>	Series de datos (1986-2015) del Observatorio Ambiental para las estaciones N-02, U-06 y Z-02	En base a los datos mensuales se calculó o la precipitación media anual.	Mínimo: 600 mm (requerimiento mínimo para granos básicos) Máximo: 1800 mm
<b>Temperatura media anual</b>	Series de datos mensuales (1986-2015) del Observatorio Ambiental para las estaciones N-02, U-06 y Z-02	En base a los datos mensuales se calculó o la temperatura media anual.	Mínimo: 19 °C Máximo: 30 °C

Para evaluar la exposición futura se ha agregado a los valores medios de temperatura y precipitación los valores del delta (cambio) de los valores de temperatura máxima y humedad relativa derivado de los escenarios climáticos de la Tercera Comunicación.

### 5.1.2 Sensibilidad

Los pequeños productores de granos básicos, dada su dependencia de la agricultura, serían el grupo más vulnerable a esta amenaza. En general, los productores de granos básicos cultivan en parcelas de pequeño tamaño y con fines alimentarios para su familia y solo comercializan cuando hay excedentes o necesidades no alimentarias apremiantes (FAO 2012).

**Tabla 29: Indicadores seleccionados para valorar la sensibilidad a los cambios de temperatura y precipitación en los municipios seleccionados del Corredor Seco**

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
<b>Características del sector agrícola en los municipios</b>			
<b>% superficie agrícola dedicada a granos básicos (0.3)</b>	Información espacial del mapa de usos de suelo	Se ha estimado el porcentaje de granos básicos del total de superficie dedicada al cultivo.	Mínimo: 5% Máximo: 60%
<b>% Pequeños productores (0.15)</b>	Datos a nivel municipal del censo agropecuario (2007)	Porcentaje de pequeños sobre el total de productores	Mínimo: 5% Máximo: 50%
<b>% Pequeños productores femeninos (0.1)</b>	Datos a nivel municipal del censo agropecuario (2007)	Se ha obtenido el porcentaje de mujeres dentro del grupo de pequeños productores.	Mínimo: 20% Máximo: 80%
<b>% Productores dedicados a granos básicos (0.2)</b>	Datos a nivel municipal del censo agropecuario (2007)	Se ha estimado el porcentaje de productores (pequeños y grandes) dedicados al cultivo de granos básicos	Mínimo: 10% Máximo: 55%
<b>Factores socioeconómicos y grupos vulnerables</b>			
<b>% Desnutrición crónica en escolares de primer grado (0.15)</b>	Datos municipales del Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional (2016)	Se utilizaron los porcentajes municipales directamente.	Mínimo: 5% Máximo: 30%
<b>% Población en situación de dependencia (0.05)</b>	Dato (2007) a nivel municipal del porcentaje que la población en los grupos de edad >65 y <15 años representa sobre el segmento restante de la población.	Se utilizaron los porcentajes municipales directamente.	Mínimo: 30% Máximo: 60%
<b>% Población en situación de pobreza (0.05)</b>	Información del censo/encuesta de hogares (EHPM 2015).	Se consideraron los hogares que reportaron pobreza relativa y severa y el número total de estos hogares se dividió por el total de hogares en el municipio para obtener los porcentajes.	Mínimo: 2% Máximo: 50%
<b>% Hogares afectados por sequía (0.05)</b>	Información del censo/encuesta de hogares (EHPM 2015). Hogares que reportan problemas por falta de agua	El número de hogares que reportaron este tipo de problema se dividió por el número total de hogares para cada municipio.	Mínimo: 1% Máximo: 20%

Indicadores de sensibilidad a cambios en la temperatura y precipitación media y sus efectos en la seguridad alimentaria

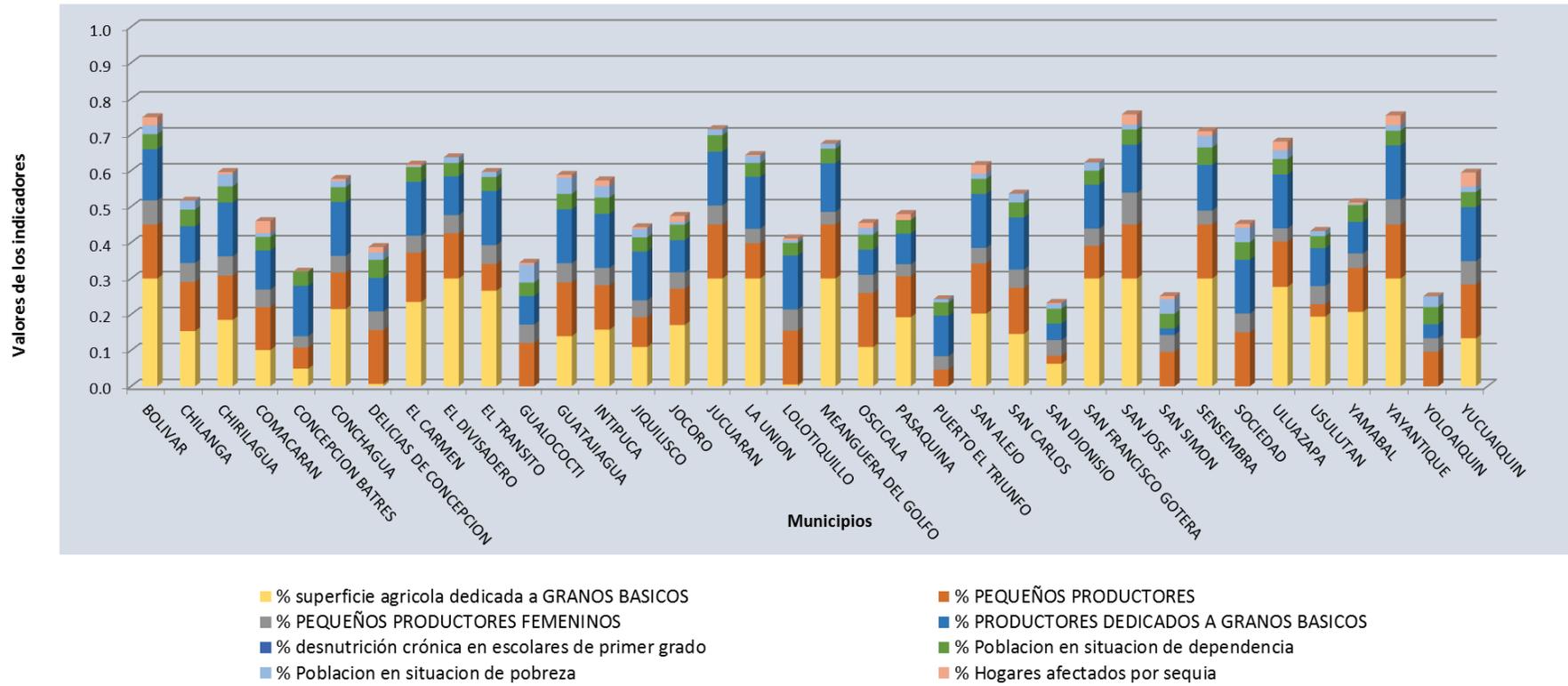


Figura 40: Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de sensibilidad a los cambios en la temperatura y precipitación media anual y sus efectos en la seguridad alimentaria en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

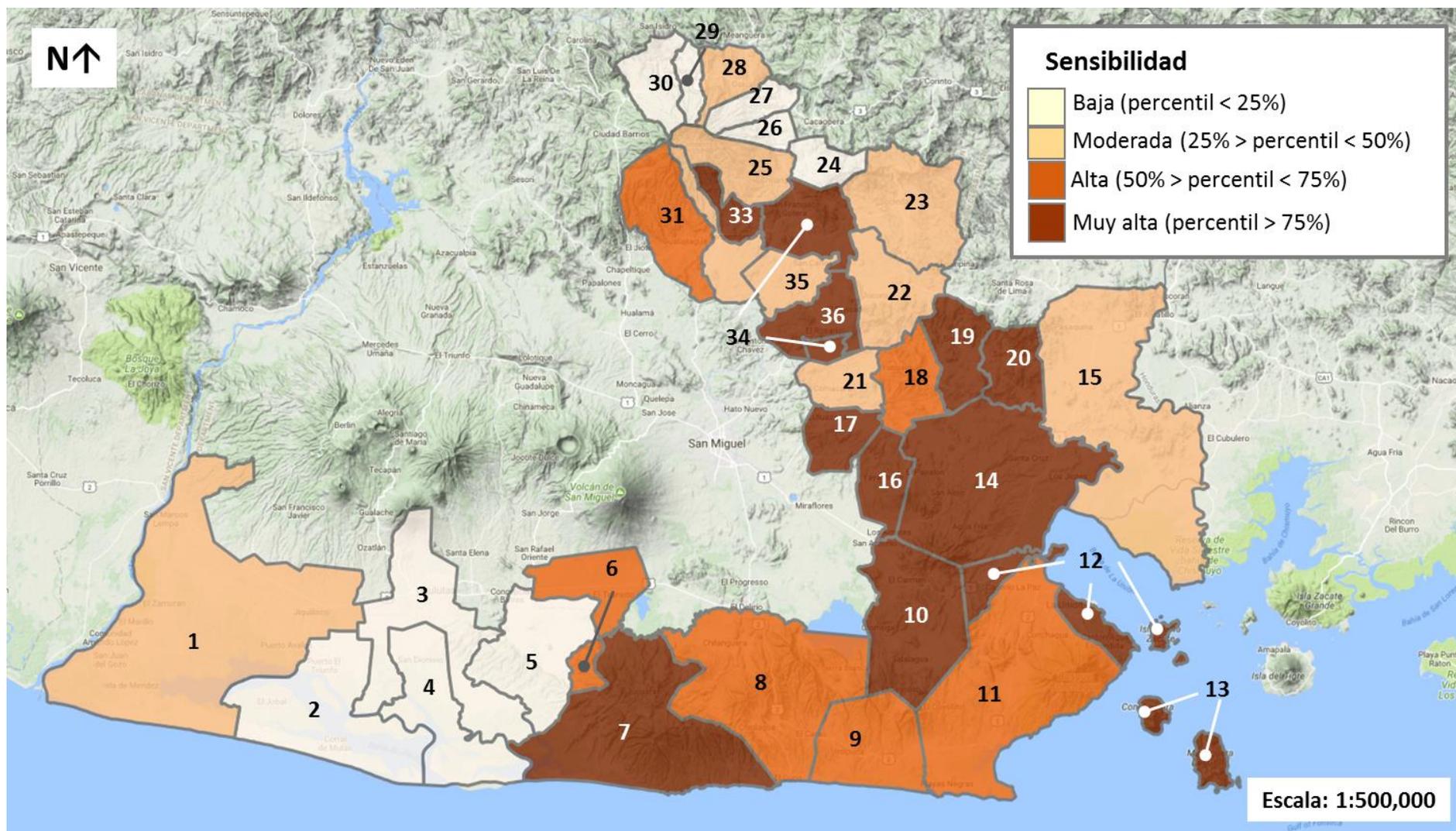


Figura 41: Mapa de sensibilidad a los cambios en la temperatura y precipitación media anual y sus efectos en la seguridad alimentaria en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

### 5.1.3 Capacidad adaptativa

La capacidad de la población rural para adaptarse a los cambios de producción depende de su acceso a servicios básicos, acceso a información, recursos para la innovación y ecosistemas saludables (Bouroncle et al. 2015). En base a la información disponible se han seleccionado indicadores relacionados con el acceso a equipamiento agrícola y a recursos materiales y financieros.

Tabla 30: Indicadores seleccionados para valorar la capacidad adaptativa frente a cambios en precipitación y temperatura en los municipios seleccionados del Corredor Seco

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
<b>Acceso a equipamiento</b>			
% Productores con equipo de riego (0.3)	Datos a nivel municipal del censo agropecuario (2007)	Porcentaje sobre el total de productores del municipio	Mínimo: 1% Máximo: 30%
% Productores con equipo de almacenamiento de agua (0.3)	Datos a nivel municipal del censo agropecuario (2007)	Porcentaje sobre el total de productores del municipio	Mínimo: 1% Máximo: 40%
<b>Acceso a recursos</b>			
% Hogares que son miembros de una cooperativa (0.2)	Dato anual del censo de hogares (EHMP 2015).	Se han utilizado directamente los porcentajes a nivel municipal	Mínimo: 1% Máximo: 20%
% Hogares con producción de patio para consumo (0.1)	Dato anual del censo de hogares (EHMP 2015).	Se han utilizado directamente los porcentajes a nivel municipal	Mínimo: 2% Máximo: 60%
% Hogares que reciben paquete agrícola (0.1)	Dato anual del censo de hogares (EHMP 2015).	Se han utilizado directamente los porcentajes a nivel municipal	Mínimo: 5% Máximo: 60%

Cabe destacar que El Salvador no tiene hasta ahora un protocolo establecido para la emisión de alertas por sequía. El MAG solicitó (en el 2015) un decreto de emergencia por la sequía, que le permitiera entregar paquetes alimenticios a la población afectada y que viven en los 104 municipios del Corredor Seco, para contrarrestar la inseguridad alimentaria, solicitud que no surtió efecto y no hubo tal declaratoria.

Sin embargo a nivel regional si ha habido llamados de alerta ante diferentes eventos extremos en los últimos años. Es relevante la **Declaratoria de Alerta Agropecuaria Regional** que el Consejo Agropecuario de Ministros (CAC) de los 8 países miembros del SICA decretó en agosto de 2015. El fin de la alerta fue llamar la atención para profundizar en las políticas de mitigación y previsión para eventos futuros de sequía. Con esa declaratoria en El Salvador, desde el MAG entregó paquetes agrícolas para miles de productores de granos básicos para efecto de tener y se anunció que los puntos más importantes a trabajar en el segundo semestre del 2015, sería el cambio climático, la roya del café y el plan de agricultura familiar con énfasis en el desarrollo territorial.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> <http://www.mag.gob.sv/cac-se-reune-para-abordar-temas-agropecuarios-y-decretar-estado-de-alerta-por-afectaciones-al-sector/>

Indicadores de sensibilidad a cambios en la temperatura y precipitación media y sus efectos en la seguridad alimentaria

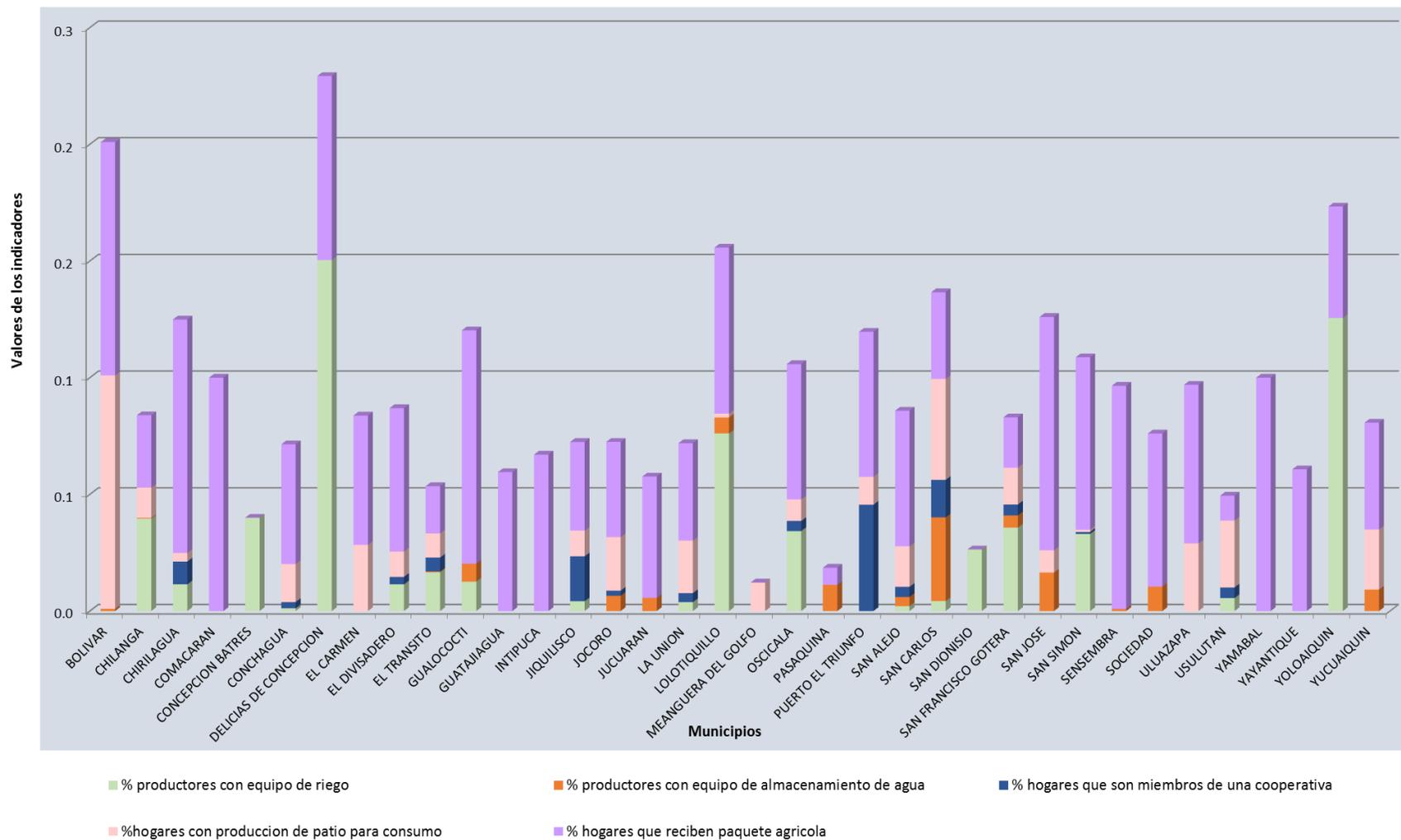


Figura 42: Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa frente a los cambios en la temperatura y precipitación media anual y sus efectos en la seguridad alimentaria en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

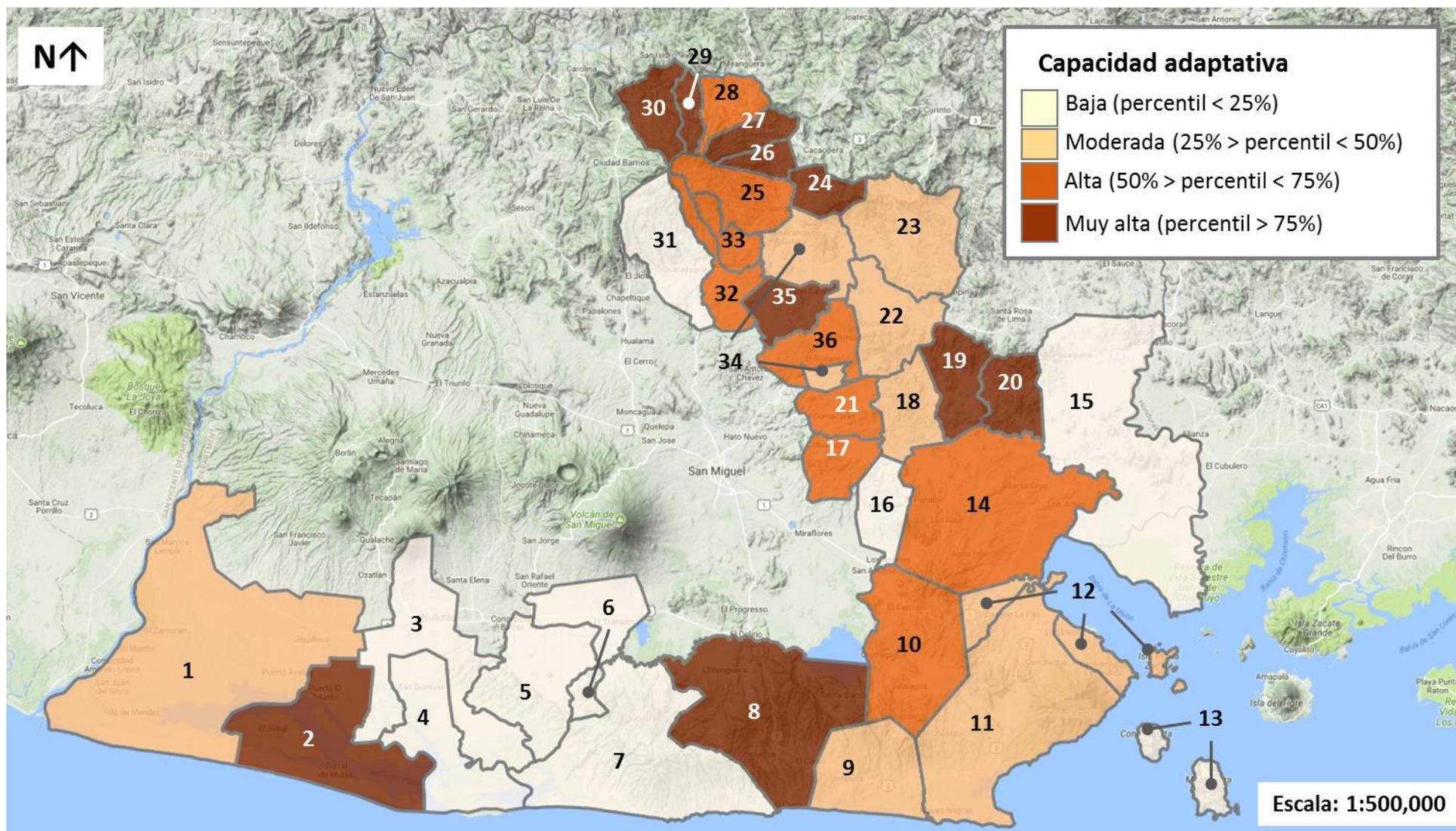


Figura 43: Mapa de la capacidad adaptativa frente a los cambios en la temperatura y precipitación media anual y sus efectos en la seguridad alimentaria en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

### 5.1.4 Índice de vulnerabilidad actual y futura

#### Resultados

Los municipios con una mayor vulnerabilidad coinciden con aquellos en los que la superficie dedicada al cultivo de granos básicos es mayor. La capacidad de adaptación es en general muy baja para todos los municipios estudiados.

**Tabla 31: Clasificación de los municipios seleccionados del Corredor Seco de acuerdo a su vulnerabilidad frente a cambios en la temperatura y precipitación y efectos asociados en la seguridad alimentaria**

Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad moderada
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puerto El Triunfo (2)</li> <li>- Usulután (3)</li> <li>- San Dionisio (4)</li> <li>- Concepción Batres (5)</li> <li>- Comacarán (21)</li> <li>- Lolotiquillo (24)</li> <li>- Yoloaiquin (26)</li> <li>- Osicala (28)</li> <li>- Gualococti (29)</li> <li>- San Simón (30)</li> <li>- Yamabal (32)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jiquilisco (1)</li> <li>- Chirilagua (8)</li> <li>- Jocoro (22)</li> <li>- Sociedad (23)</li> <li>- Chilanga (25)</li> <li>- Delicias de Concepción (27)</li> <li>- San Carlos (35)</li> </ul>
Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad muy alta
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El Tránsito (6)</li> <li>- Pasaquina (15)</li> <li>- Uluazapa (17)</li> <li>- Yucuaiquín (18)</li> <li>- Bolívar (19)</li> <li>- Guatajiagua (31)</li> <li>- San Francisco Gotera (34)</li> <li>- El Divisadero (36)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jucuarán (7)</li> <li>- Intipucá (9)</li> <li>- El Carmen (10)</li> <li>- Conchagua (11)</li> <li>- La Unión (12)</li> <li>- Meanguera del Golfo (13)</li> <li>- San Alejo (14)</li> <li>- Yayntique (16)</li> <li>- San José (20)</li> <li>- Sensembra (33)</li> </ul>

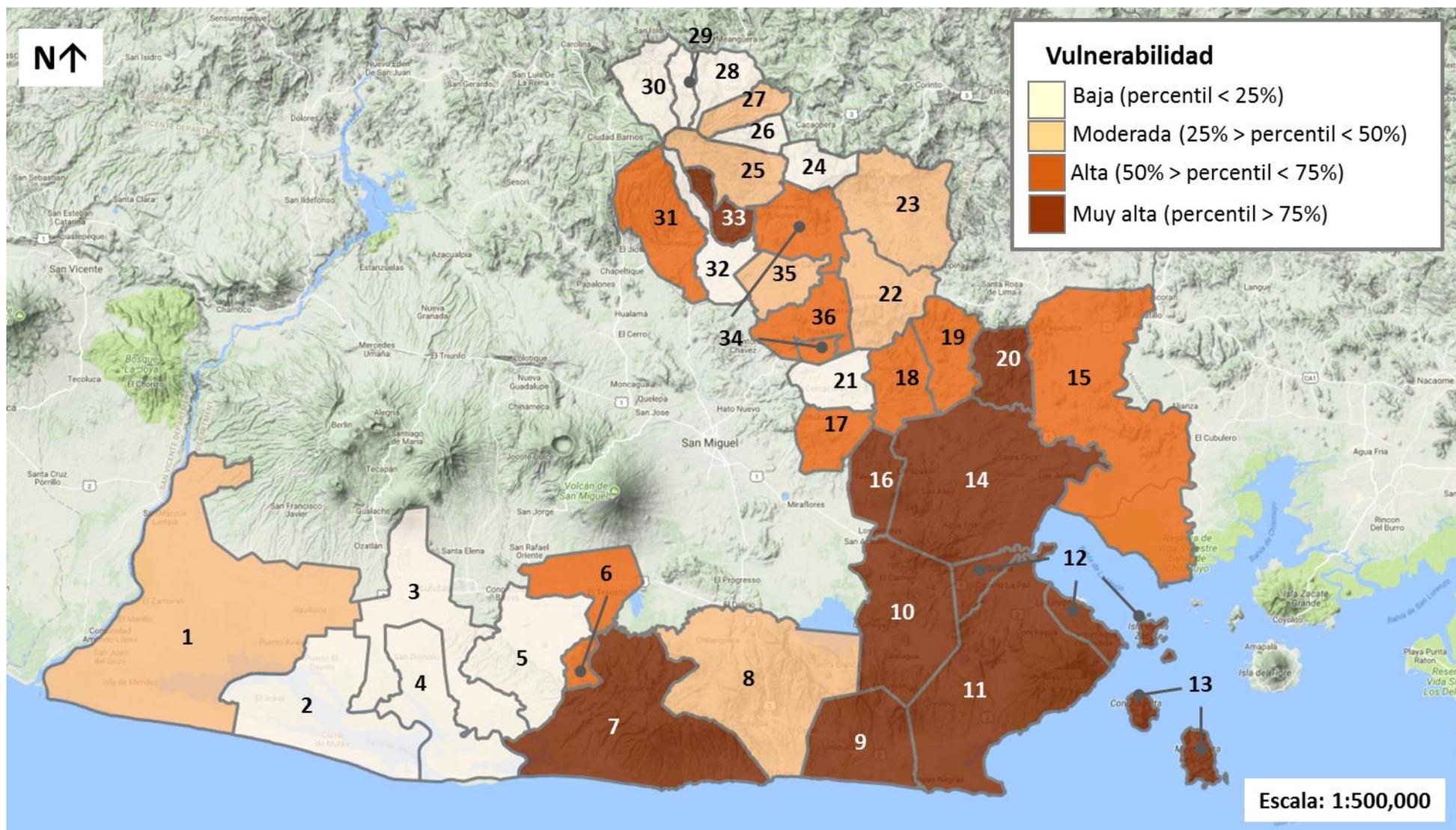


Figura 44: Mapa del grado de vulnerabilidad a cambios en la temperatura y precipitación media anual e impactos en la seguridad alimentaria en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

Tabla 32: Resultados del análisis de vulnerabilidad frente a los cambios en temperatura y precipitación (y riesgos asociados para la seguridad alimentaria) en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

Municipio	Exposición					Sensibilidad ( $\Sigma S_i$ )	Capacidad adaptativa ( $1 - \Sigma CA_i$ )	Índice de Vulnerabilidad				
	Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 8.5)			Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 8.5)
BOLÍVAR	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.75	0.80	0.612	0.689	0.700	0.694	0.734
CHILANGA	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.52	0.92	0.535	0.612	0.623	0.616	0.657
CHIRILAGUA	0.38	0.56	0.58	0.57	0.72	0.60	0.88	0.551	0.626	0.637	0.631	0.693
COMACARÁN	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.46	0.90	0.508	0.586	0.596	0.590	0.630
CONCEPCIÓN BATRES	0.46	0.63	0.66	0.65	0.74	0.32	0.96	0.485	0.557	0.568	0.562	0.600
CONCHAGUA	0.54	0.71	0.73	0.72	0.76	0.58	0.93	0.622	0.692	0.701	0.694	0.710
DELICIAS DE CONCEPCIÓN	0.54	0.71	0.73	0.72	0.76	0.39	0.77	0.516	0.587	0.595	0.589	0.605
EL CARMEN	0.54	0.71	0.73	0.72	0.76	0.62	0.92	0.636	0.707	0.715	0.709	0.725
EL DIVISADERO	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.64	0.91	0.584	0.662	0.672	0.666	0.706
EL TRÁNSITO	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.60	0.95	0.573	0.650	0.661	0.655	0.695
GUALOCOCTI	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.34	0.88	0.456	0.534	0.545	0.538	0.578
GUATAJIAGUA	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.59	0.94	0.569	0.646	0.657	0.650	0.691
INTIPUCÁ	0.54	0.71	0.73	0.72	0.76	0.57	0.93	0.621	0.691	0.700	0.693	0.709
JIQUILISCO	0.46	0.63	0.66	0.65	0.74	0.44	0.93	0.531	0.604	0.614	0.608	0.646
JOCORO	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.47	0.93	0.519	0.596	0.607	0.601	0.641
JUCUARÁN	0.38	0.56	0.58	0.57	0.72	0.72	0.94	0.612	0.687	0.697	0.692	0.754
LA UNIÓN	0.54	0.71	0.73	0.72	0.76	0.64	0.93	0.649	0.720	0.728	0.722	0.738
LOLOTIQUILLO	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.41	0.84	0.479	0.556	0.567	0.561	0.601
MEANGUERA DEL GOLFO	0.54	0.71	0.73	0.72	0.76	0.67	0.99	0.672	0.743	0.751	0.745	0.761
OSCICALA	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.45	0.89	0.505	0.583	0.593	0.587	0.627
PASAQUINA	0.54	0.71	0.73	0.72	0.76	0.48	0.98	0.590	0.660	0.669	0.663	0.678
PUERTO EL TRIUNFO	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.24	0.88	0.414	0.492	0.502	0.496	0.536
SAN ALEJO	0.54	0.71	0.73	0.72	0.76	0.62	0.91	0.635	0.706	0.714	0.708	0.724

Municipio	Exposición					Sensibilidad (ΣSi)	Capacidad adaptativa (1 - ΣCAi)	Índice de Vulnerabilidad				
	Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 8.5)			Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 2.6)
SAN CARLOS	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.54	0.86	0.534	0.611	0.622	0.616	0.656
SAN DIONISIO	0.46	0.63	0.66	0.65	0.74	0.23	0.97	0.451	0.523	0.534	0.528	0.566
SAN FRANCISCO GOTERA	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.62	0.92	0.579	0.656	0.667	0.661	0.701
SAN JOSE	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.76	0.87	0.628	0.705	0.716	0.709	0.750
SAN SIMÓN	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.25	0.89	0.420	0.497	0.508	0.502	0.542
SENSEMBRA	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.71	0.90	0.613	0.691	0.701	0.695	0.735
SOCIEDAD	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.45	0.92	0.509	0.586	0.597	0.591	0.631
ULUAZAPA	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.68	0.90	0.601	0.678	0.689	0.683	0.723
USULUTÁN	0.46	0.63	0.66	0.65	0.74	0.43	0.95	0.530	0.603	0.613	0.608	0.645
YAMABAL	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.51	0.90	0.530	0.607	0.618	0.612	0.652
YAYANTIQUE	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.75	0.94	0.637	0.715	0.725	0.719	0.759
YOLOAIQUIN	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.25	0.83	0.409	0.486	0.497	0.491	0.531
YUCUAIQUÍN	0.40	0.59	0.61	0.60	0.69	0.59	0.92	0.568	0.645	0.656	0.650	0.690

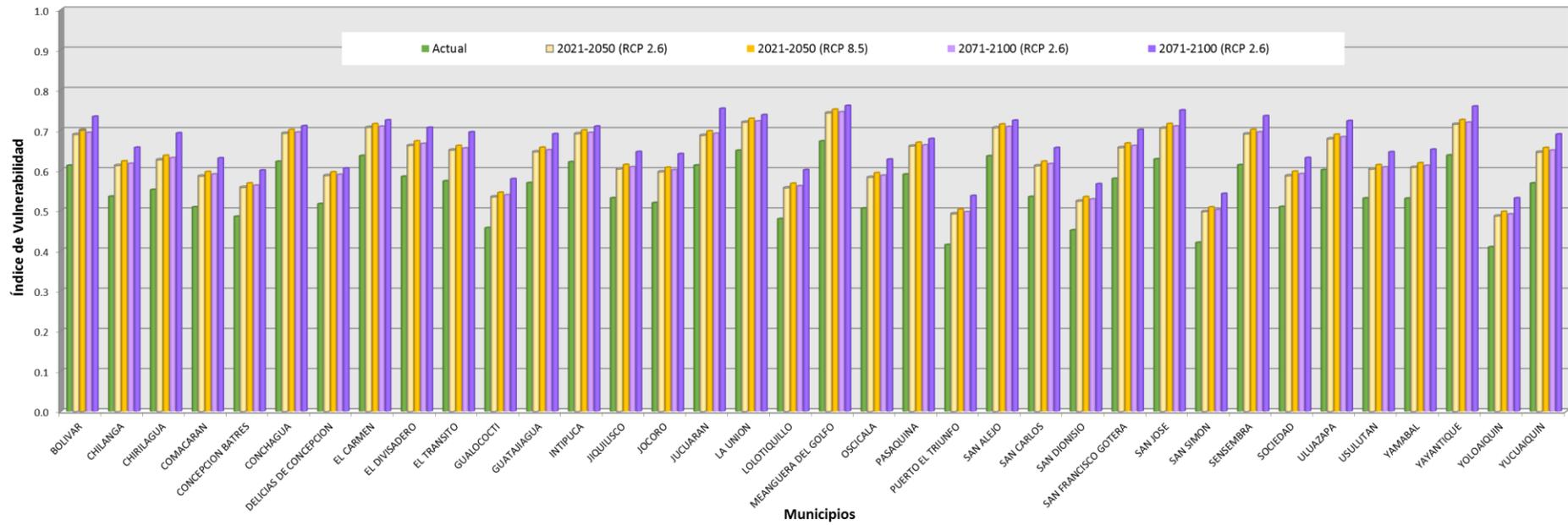


Figura 45: Comparativa de los resultados de los resultados de vulnerabilidad (actual y para los escenarios futuros) para los cambios en la temperatura y precipitación media anual (y sus efectos en la seguridad alimentaria) en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

Estos resultados son congruentes con la realidad que se comprobado en microcuencas localizadas en municipios con vulnerabilidad alta y muy alta, como es el caso de la microcuenca del río Gualabo, en el departamento de Morazán, sobre la falda sur del macizo montañoso del Cacahuatique, y dentro de la jurisdicción de los municipios de Yamabal, Sensembra y Guatajiagua. O bien, en la sub-cuenca del río Pasaquina, comprendida entre los municipios de Pasaquina, Jocoro, Bolívar y San José. En estos territorios, la principal actividad productiva es la agricultura. Con base en MAG (2016), la actividad agrícola en más del 90% de los(as) productores(as) se caracteriza por sistemas productivos de maíz-frijol-sorgo. Los rendimientos promedio para maíz se sitúan por debajo de los promedios nacionales. No obstante, según reporta MAG (2013-2016), para el departamento de La Unión y Morazán, en los últimos tres años en los que se han registrado anomalías en el régimen de lluvias, el rendimiento de maíz y maicillo se ha reducido en un 43%; y de frijol, un 29%.

Geográficamente, la tipología de sequía que afecta a la cuenca del río Goascorán, en donde se localiza la sub-cuenca del río Pasaquina, está caracterizada de moderada a fuerte; es decir, de 11 a 15 días y más de 15 días de sequía, respectivamente. Según CATIE (2007), estas condiciones climáticas son desencadenantes de conflictos en torno a los diversos usos del agua, como es el abastecimiento en riego, determinando un estado crítico sobre todo en época de verano.

Situación similar es la que caracteriza la cuenca del río Guarrapuca, del municipio de Intipucá, en donde el uso de tierra predominante es de cultivos de granos básicos para autoconsumo y en laderas, que ante la sequía, son los más afectados, ya que de la disponibilidad de agua lluvia depende el crecimiento, rendimiento e ingresos generados por las actividades agrícolas. Según, el VMVDU (2010) en los años con sequía, los cultivos de granos básicos (maíz, arroz, maicillo y frijol) presentan una reducción en los rendimientos de estos, e ingresos de la población del municipio que depende directamente de la agricultura.

Por su parte, en el sector sur del municipio de Jucuarán, se tiene como principal actividad económica la agricultura, con cultivos de granos básicos: maíz, maicillo, frijoles; caña de azúcar, ajonjolí, que para diciembre 2009 y febrero 2010, representaban un 54% de la producción agrícola total de esa zona del municipio. De acuerdo a los eventos naturales que afectan al municipio no se detalla la sequía pero se podría esperar un aumento en la duración de la canícula, que puede tener consecuencias graves para la producción de granos básicos. Los efectos de las sequías han reducido la producción de alimentos, afectando la dieta de los grupos familiares y provocando inseguridad alimentaria, desnutrición y pérdidas económicas en la cuenca de la bahía de Jiquilisco en general (BID/VMVDU/Inypsa, 2015).

## **5.2 Aumento de la precipitación máxima y sus efectos sobre la erosión de suelos y daños en infraestructura**

Las condiciones de sequía, seguidas por eventos de precipitación máxima, resultan en riesgos de erosión y degradación ambiental (pérdida de suelo, daños en ecosistemas, cultivos) en los municipios del Corredor Seco. Esta sección resume los resultados obtenidos para esta amenaza.

### 5.2.1 Exposición

Las precipitaciones de gran intensidad son las que generan las avenidas rápidas (Fernández-Lavado 2010). A falta de información más específica para la región oriental, se ha adoptado el mismo umbral de precipitación como valor de lluvia diaria a partir del cual es probable que se produzca una inundación local: 50mm. Este umbral de precipitación (50 mm/día) se ha seleccionado como índice de exposición para esta amenaza. Vale la pena recalcar que el uso de este umbral es una generalización gruesa a falta de información sobre umbrales de precipitación máxima para esta zona. Sin embargo, al usar un umbral común también es más fácil comparar entre municipios.

**Tabla 33: Indicador seleccionado para valorar la exposición al aumento de la precipitación máxima en el AMSS**

Indicador	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
<b>Número de días con precipitación superior a 50 mm</b>	Datos diarios de precipitación para las estaciones U-11, U-14 y Z-2 recopilados por DACGER para periodo 2002-2011.	Se cuantificó el número de días en la serie de datos disponibles que supera este umbral de precipitación.	Mínimo: 1 Máximo: 15 días con una precipitación superior a 50 mm

Del mismo modo que para el AMSS, al número de días que superan ese valor de precipitación en la serie de datos se les agrego las anomalías previstas para este parámetro según las proyecciones del portal climático del Banco Mundial.

### 5.2.2 Sensibilidad

El análisis de los factores de sensibilidad se ha centrado en las condiciones del medio natural (pendiente, clases agrícolas del suelo), la presencia de infraestructura crítica en zonas de riesgo y el porcentaje de hogares que han reportado daños por lluvias.

**Tabla 34: Indicadores seleccionados para valorar la sensibilidad al aumento de la precipitación máxima en los municipios seleccionados del Corredor Seco**

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
<b>Medio natural</b>			
<b>%Municipio con pendiente superior al 30% (0.3)</b>	Información espacial; mapa de rango de pendientes (MARN)	Se han calculado las áreas dentro del municipio con pendiente > 30% y expresado como porcentaje de la superficie total del municipio.	Mínimo: 5% Máximo: 50%
<b>% Superficie agrícola en clases IV-VIII (0.3)</b>	Información espacial; mapa agrologico (MARN-MAG)	Se ha estimado el porcentaje de suelo agrícola que clasifica como clase IV o más (alto riesgo de erosión)	Mínimo: 1% Máximo: 60%
<b>Medio construido</b>			
<b>Presencia de infraestructura crítica en zonas de riesgo (0.1)</b>	Información espacial de diferentes entidades (ANDA, MINSAL, etc.) con la localización de elementos de infraestructura	Se cuantificó el número de elementos de infraestructura crítica (escuelas, elementos de ANDA, subestaciones, etc.) dentro de las zonas con una pendiente superior al 30%	Mínimo: 1 Máximo: 15
<b>% Hogares afectados por la lluvia (0.05)</b>	Información del censo/encuesta de hogares (EHPM 2015). Hogares que reportan daños por lluvias	El número de hogares que reportaron este tipo de problema se dividió por el número total de hogares para cada municipio.	Mínimo: 1% Máximo: 20%



Indicadores de sensibilidad al aumento de la precipitación máxima

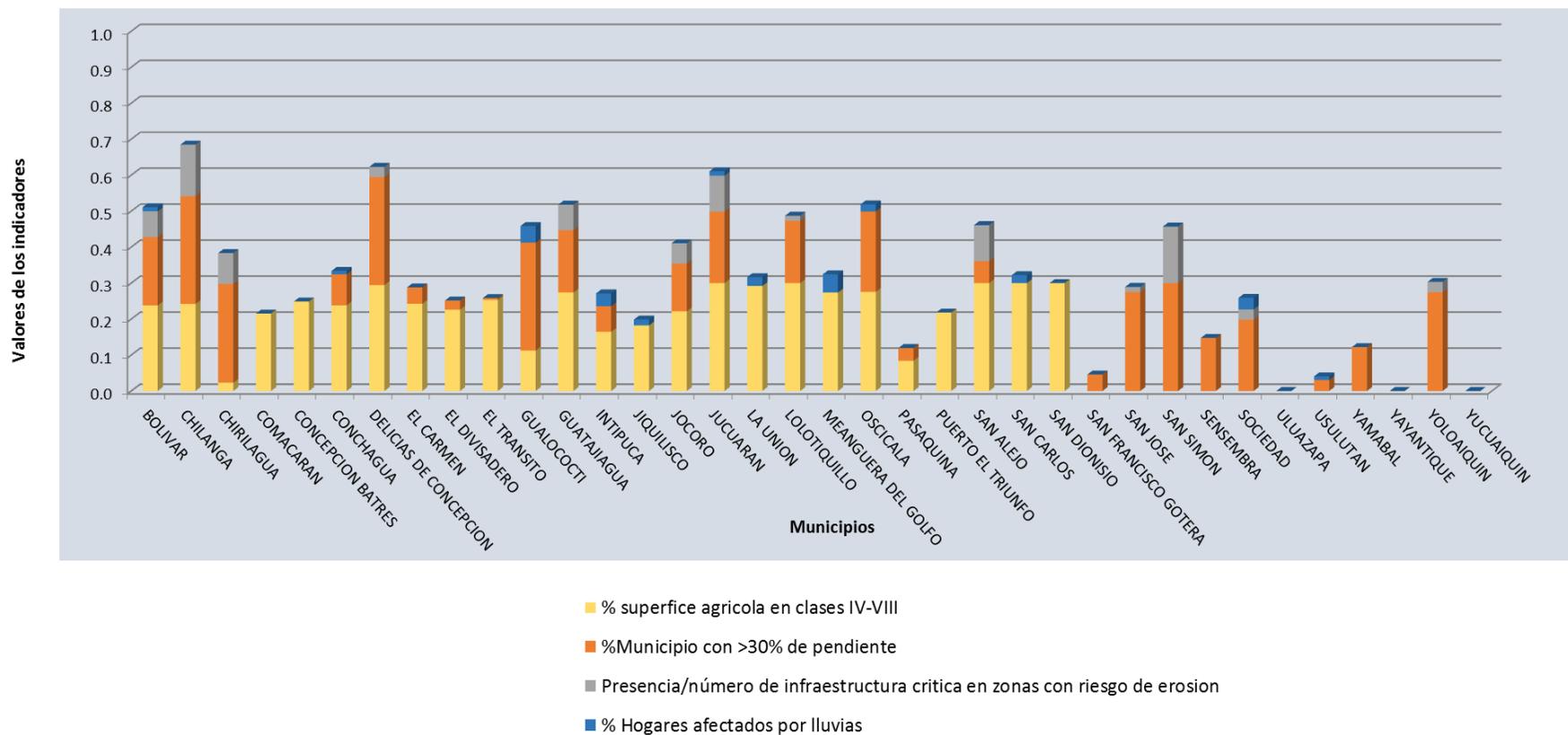


Figura 46: Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de sensibilidad al aumento de la precipitación máxima en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

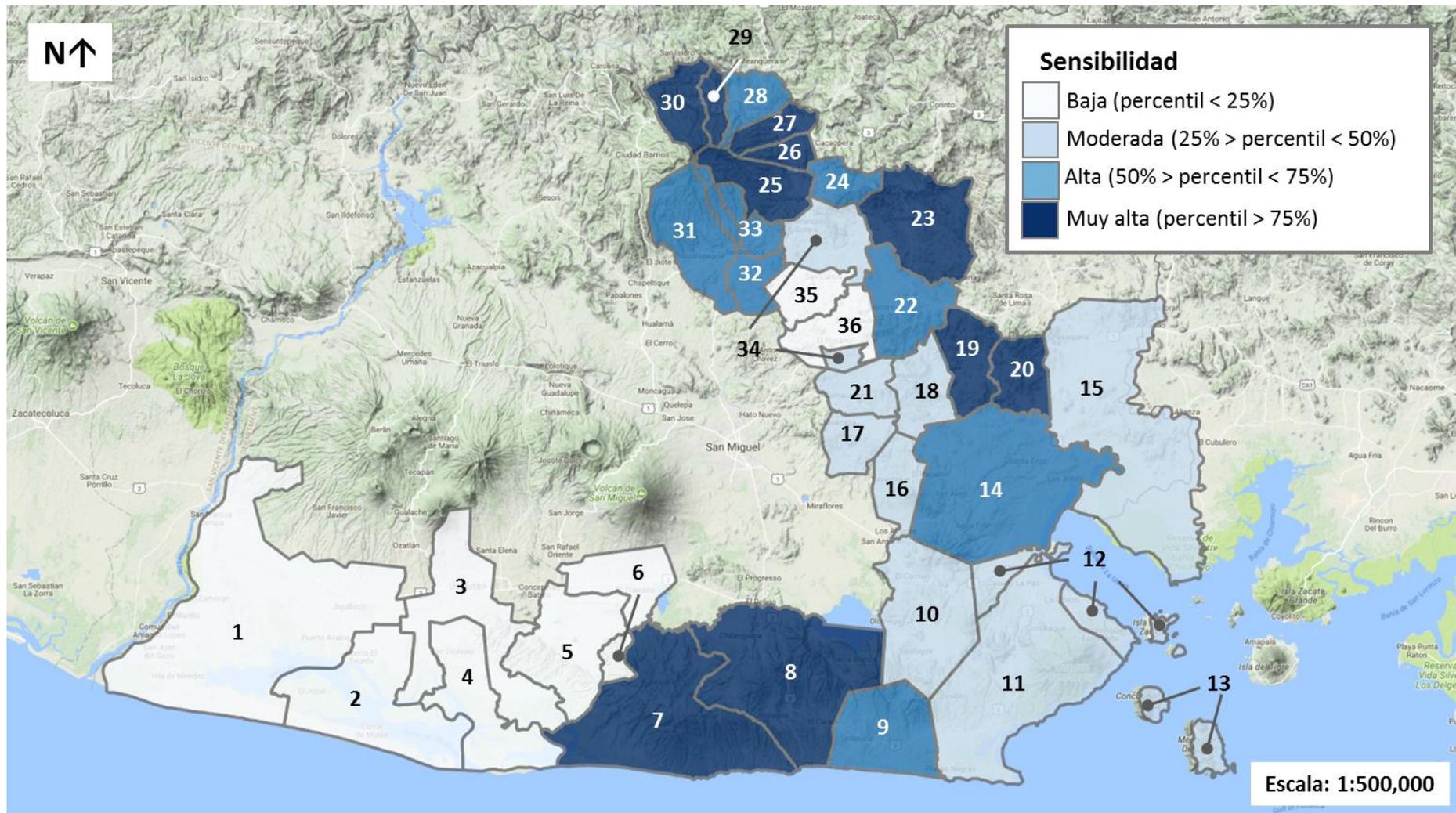


Figura 47: Mapa de sensibilidad al aumento de la precipitación máxima en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

### 5.2.3 Capacidad adaptativa

La capacidad de adaptación del territorio a esta amenaza se ha valorado considerando indicadores ambientales (como el porcentaje de área boscosa en el municipio, en cuanto a la prevención que este tipo de cobertura implica de cara a daños por erosión), de acceso a recursos y comunicación (para casos de emergencia) y a equipamiento, en concreto a bombas achicadoras que pudieran utilizarse en caso de inundación.

**Tabla 35: Indicadores seleccionados para valorar la capacidad adaptativa frente a cambios en precipitación y temperatura en los municipios seleccionados del Corredor Seco**

Indicador (peso)	Tipo de datos	Preparación de datos	Rango crítico
<b>Acceso a equipamiento</b>			
<b>% Productores con bomba achicadora (0.2)</b>	Datos a nivel municipal del censo agropecuario (2007)	Porcentaje sobre el total de productores del municipio	Mínimo: 1% Máximo: 10%
<b>Acceso a recursos y comunicación</b>			
<b>% Hogares que son miembros de una cooperativa (0.2)</b>	Dato anual del censo de hogares (EHMP 2015).	Se han utilizado directamente los porcentajes a nivel municipal	Mínimo: 1% Máximo: 20%
<b>% Hogares con acceso a internet (0.1)</b>	Dato anual del censo de hogares (EHMP 2015).	Se ha calculado el porcentaje de los hogares que reportan acceso a internet sobre el total de hogares del municipio.	Mínimo: 5% Máximo: 70%
<b>% Hogares que reciben paquete agrícola (0.2)</b>	Dato anual del censo de hogares (EHMP 2015).	Se han utilizado directamente los porcentajes a nivel municipal	Mínimo: 5% Máximo: 60%
<b>Medio natural</b>			
<b>% Cobertura boscosa (0.3)</b>	Información espacial; mapa de usos del suelo	Se ha estimado el porcentaje de áreas con cobertura boscosa en el municipio	Mínimo: 0% Máximo: 50%

En general todos los municipios presentan una capacidad de adaptación baja (menos del 0.6) y los factores que más incluyen en la capacidad de adaptación son la existencia de cobertura boscosa y el aporte de recursos que implica que los hogares reciban el paquete agrícola. El grado de tecnificación de los productores en esta región es muy bajo.

Indicadores de capacidad adaptativa al aumento de la precipitación máxima

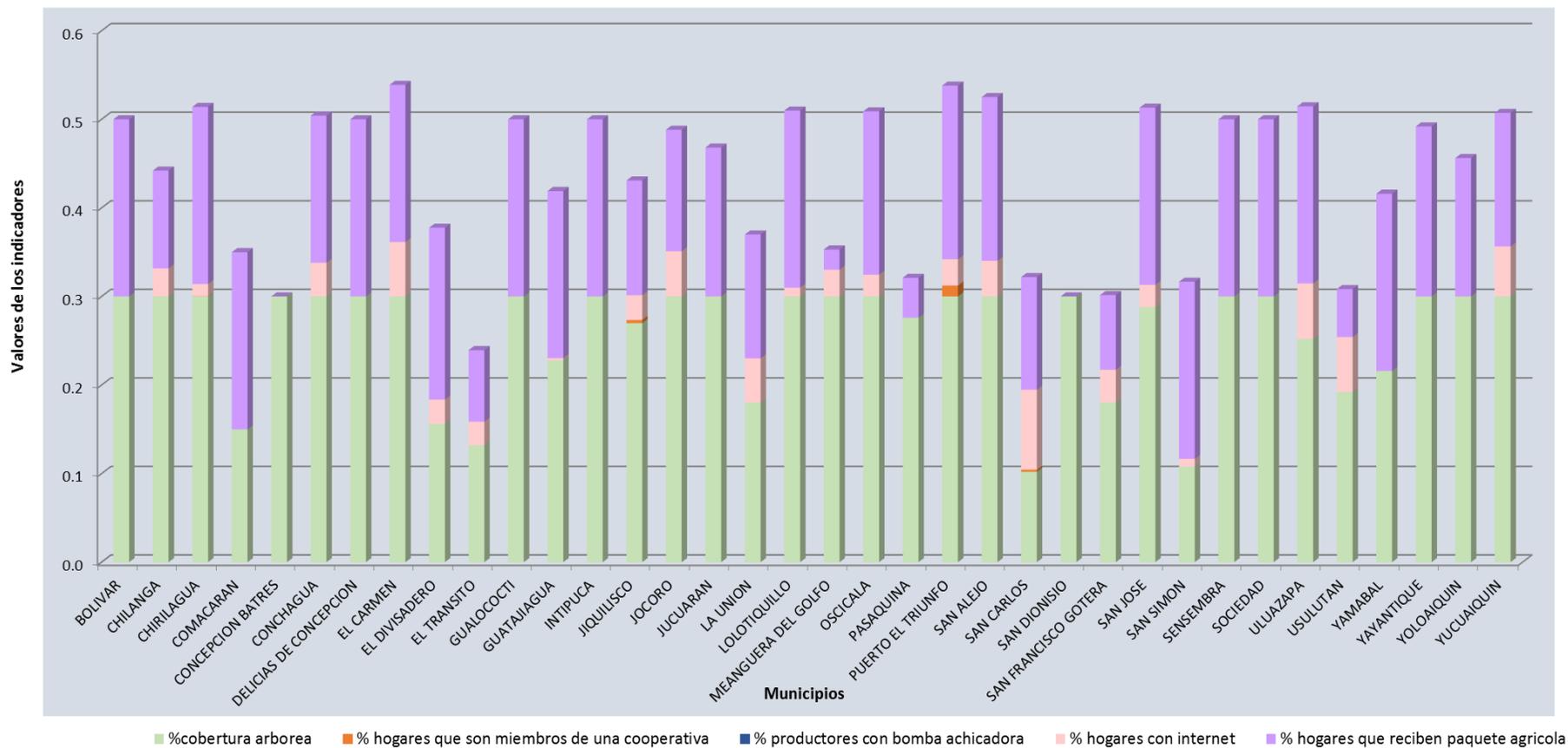


Figura 48: Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa frente al aumento de la precipitación máxima en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

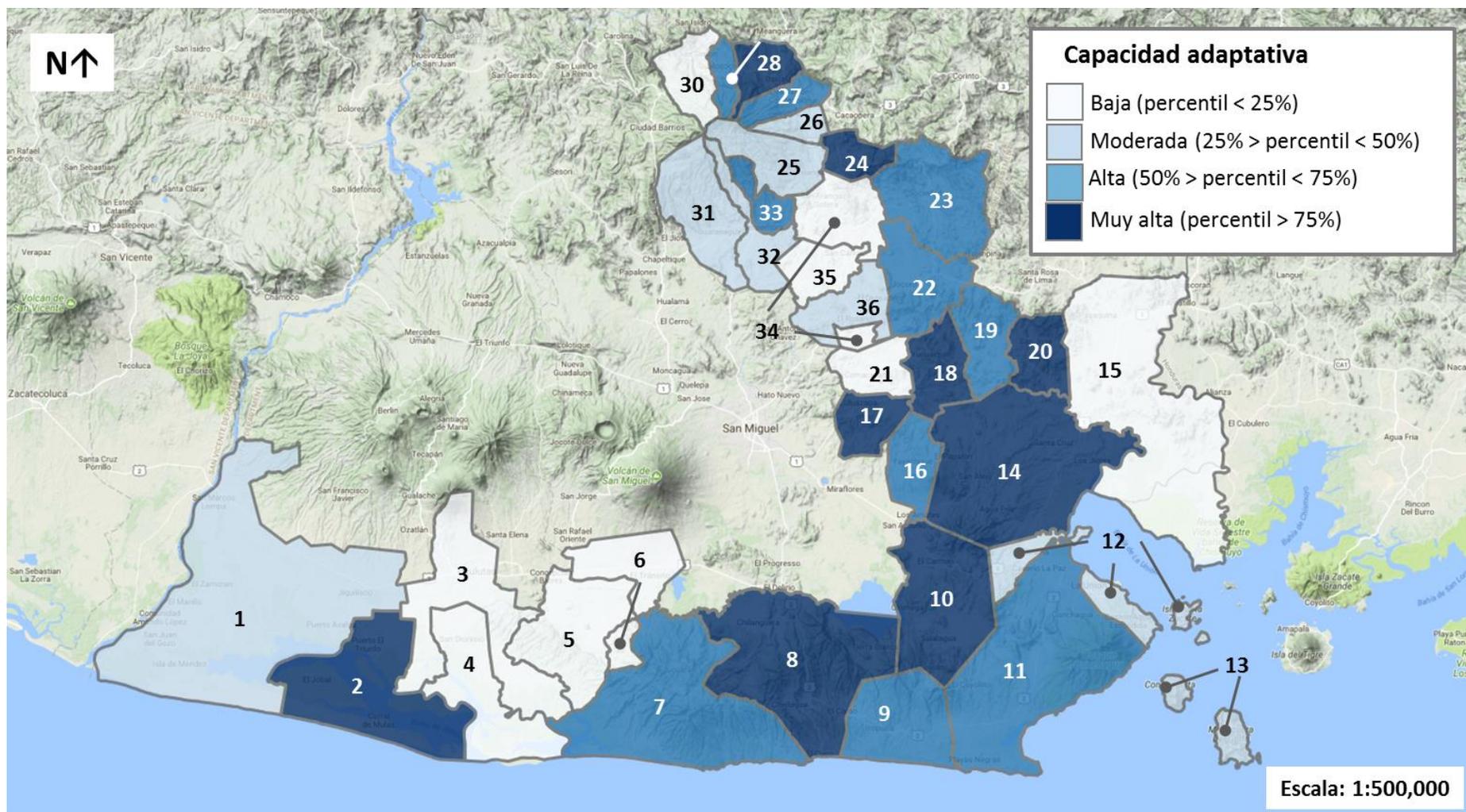


Figura 49: Mapa de la capacidad adaptativa frente al aumento de la precipitación máxima en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

## 5.2.4 Índice de vulnerabilidad actual y futura

### Resultados

Dada la geografía de esta zona, varios de los municipios del departamento de Morazán son muy vulnerables a los riesgos de erosión derivados de la intensificación de la precipitación.

**Tabla 36: Clasificación de los municipios seleccionados del Corredor Seco de acuerdo a su vulnerabilidad frente al aumento de la precipitación máxima y riesgos de erosión**

Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad moderada
<ul style="list-style-type: none"><li>- Jiquilisco (1)</li><li>- Puerto El Triunfo (2)</li><li>- Intipucá (9)</li><li>- El Carmen (10)</li><li>- Conchagua (11)</li><li>- La Unión (12)</li><li>- Yamabal (32)</li><li>- San Carlos (35)</li><li>- El Divisadero (36)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Concepción Batres (5)</li><li>- Meanguera del Golfo (13)</li><li>- San Alejo (14)</li><li>- Pasaquina (15)</li><li>- Jocoro (22)</li><li>- Lolotiquiullo (24)</li><li>- Osicala (28)</li><li>- Sensembra (33)</li><li>- San Francisco Gotera (34)</li></ul>
Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad muy alta
<ul style="list-style-type: none"><li>- Usulután (3)</li><li>- San Dionisio (4)</li><li>- El Tránsito (6)</li><li>- Yayntique (16)</li><li>- Uluazapa (17)</li><li>- Yucuaiquín (18)</li><li>- Sociedad (23)</li><li>- Guatajiagua (31)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Jucuarán (7)</li><li>- Chirilagua (8)</li><li>- Bolívar (19)</li><li>- San José (20)</li><li>- Comacarán (21)</li><li>- Chilanga (25)</li><li>- Yoloaiquin (26)</li><li>- Delicias de Concepción (27)</li><li>- Gualococti (29)</li><li>- San Simón (30)</li></ul>

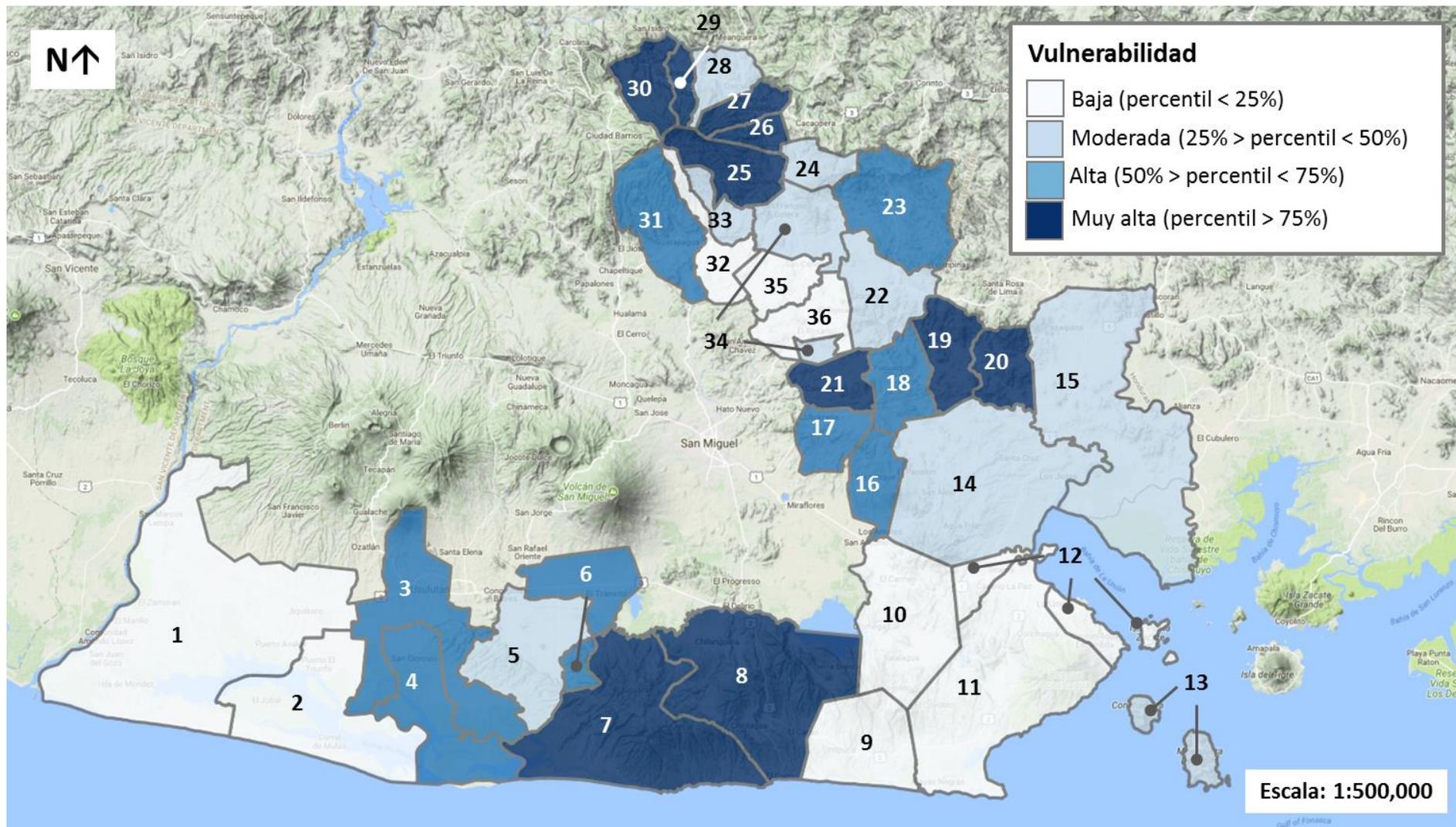


Figura 50: Mapa del grado de vulnerabilidad al aumento de La precipitación máxima en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

Tabla 37: Resultados del análisis de vulnerabilidad frente al aumento de la precipitación máxima en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

Municipio	Exposición					Sensibilidad ( $\Sigma S_i$ )	Capacidad adaptativa ( $1 - \Sigma CA_i$ )	Índice de Vulnerabilidad				
	Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.5)	2071-2100 (RCP 8.5)			Actual	2021-2050 (RCP 2.6)	2021-2050 (RCP 8.5)	2071-2100 (RCP 2.6)	2071-2100 (RCP 8.5)
BOLÍVAR	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.57	0.50	0.613	0.614	0.613	0.614	0.611
CHILANGA	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.72	0.56	0.596	0.598	0.596	0.597	0.594
CHIRILAGUA	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.58	0.49	0.540	0.542	0.540	0.542	0.538
COMACARÁN	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.30	0.65	0.559	0.561	0.559	0.560	0.557
CONCEPCIÓN BATRES	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.07	0.70	0.493	0.495	0.493	0.495	0.491
CONCHAGUA	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.31	0.50	0.452	0.454	0.452	0.454	0.450
DELICIAS DE CONCEPCIÓN	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.62	0.50	0.547	0.549	0.547	0.549	0.545
EL CARMEN	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.27	0.46	0.429	0.431	0.429	0.430	0.427
EL DIVISADERO	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.18	0.62	0.431	0.433	0.432	0.433	0.430
EL TRÁNSITO	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.04	0.76	0.501	0.503	0.501	0.502	0.499
GUALOCOCTI	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.64	0.50	0.552	0.554	0.553	0.554	0.551
GUATAJIAGUA	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.48	0.58	0.521	0.523	0.521	0.522	0.519
INTIPUCÁ	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.35	0.50	0.466	0.467	0.466	0.467	0.464
JIQUILISCO	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.04	0.57	0.452	0.454	0.452	0.453	0.450
JOCORO	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.40	0.51	0.478	0.479	0.478	0.479	0.476
JUCUARÁN	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.56	0.53	0.544	0.546	0.544	0.545	0.542
LA UNIÓN	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.26	0.63	0.469	0.471	0.470	0.471	0.468
LOLOTIQUILLO	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.48	0.49	0.498	0.500	0.498	0.499	0.496
MEANGUERA DEL GOLFO	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.29	0.65	0.484	0.486	0.484	0.485	0.482
OSCICALA	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.47	0.49	0.494	0.496	0.494	0.495	0.492
PASAQUINA	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.29	0.68	0.490	0.492	0.490	0.492	0.489
PUERTO EL TRIUNFO	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.11	0.46	0.449	0.451	0.450	0.451	0.448
SAN ALEJO	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.43	0.47	0.488	0.490	0.488	0.489	0.486
SAN CARLOS	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.19	0.68	0.446	0.448	0.447	0.448	0.445
SAN DIONISIO	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.18	0.70	0.532	0.534	0.532	0.534	0.530

Municipio	Exposición					Sensibilidad ( $\Sigma S_i$ )	Capacidad adaptativa ( $1 - \Sigma CA_i$ )	Índice de Vulnerabilidad				
	Actual	2021- 2050 (RCP 2.6)	2021- 2050 (RCP 8.5)	2071- 2100 (RCP 2.5)	2071- 2100 (RCP 8.5)			Actual	2021- 2050 (RCP 2.6)	2021- 2050 (RCP 8.5)	2071- 2100 (RCP 2.6)	2071- 2100 (RCP 8.5)
SAN FRANCISCO GOTERA	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.27	0.70	0.478	0.480	0.479	0.480	0.477
SAN JOSE	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.59	0.49	0.615	0.617	0.615	0.616	0.613
SAN SIMÓN	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.75	0.68	0.635	0.637	0.635	0.637	0.634
SENSEMBRA	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.45	0.50	0.489	0.491	0.489	0.490	0.487
SOCIEDAD	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.53	0.50	0.517	0.519	0.517	0.519	0.516
ULUAZAPA	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.28	0.49	0.510	0.512	0.510	0.511	0.508
USULUTÁN	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.12	0.69	0.511	0.513	0.511	0.512	0.509
YAMABAL	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.34	0.58	0.474	0.476	0.474	0.476	0.472
YAYANTIQUE	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.30	0.51	0.523	0.525	0.524	0.525	0.522
YOLOAIQUIN	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.60	0.54	0.552	0.554	0.552	0.553	0.550
YUCUAIQUÍN	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.30	0.49	0.520	0.522	0.520	0.521	0.518

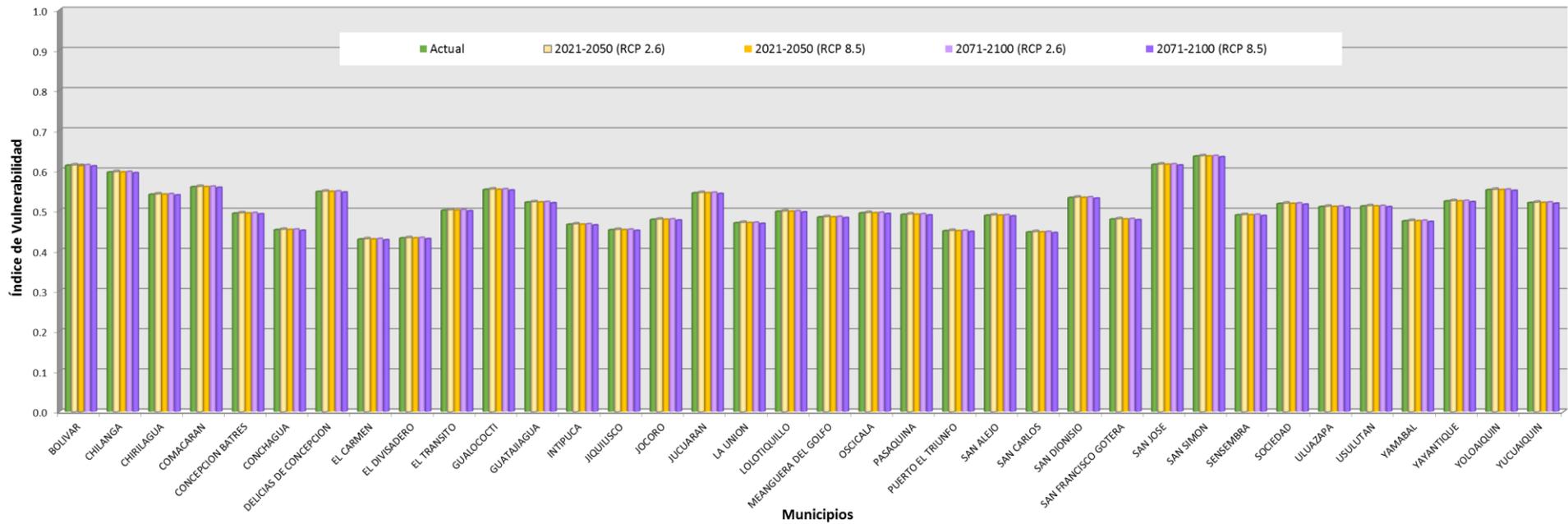


Figura 51: Comparativa de los resultados de los resultados de vulnerabilidad (actual y para los escenarios futuros) para los cambios en la precipitación máxima en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

Tal y como se realizó para el AMSS, se consultaron los registros de desastres en Desinventar para los municipios del Corredor Seco. Cabe señalar que no hay información disponible sobre estos desastres para todos los municipios considerados en el Corredor Seco (Figura 52). Se considera que la información disponible en la zona oriental rural es menor que en el AMSS y, por tanto, el nivel de confiabilidad de la información disponible, con el propósito de validar/contrastar los resultados obtenidos, se considera bajo. Algunos de los municipios que aparecen en el registro, como Chirilagua, Pasaquina, han obtenido valoraciones de vulnerabilidad ‘muy alta’ y ‘moderada’, respectivamente. En cambio, municipios con alto registro de este tipo de eventos, como La Unión, tienen una vulnerabilidad ‘baja’ según los resultados de nuestro análisis.

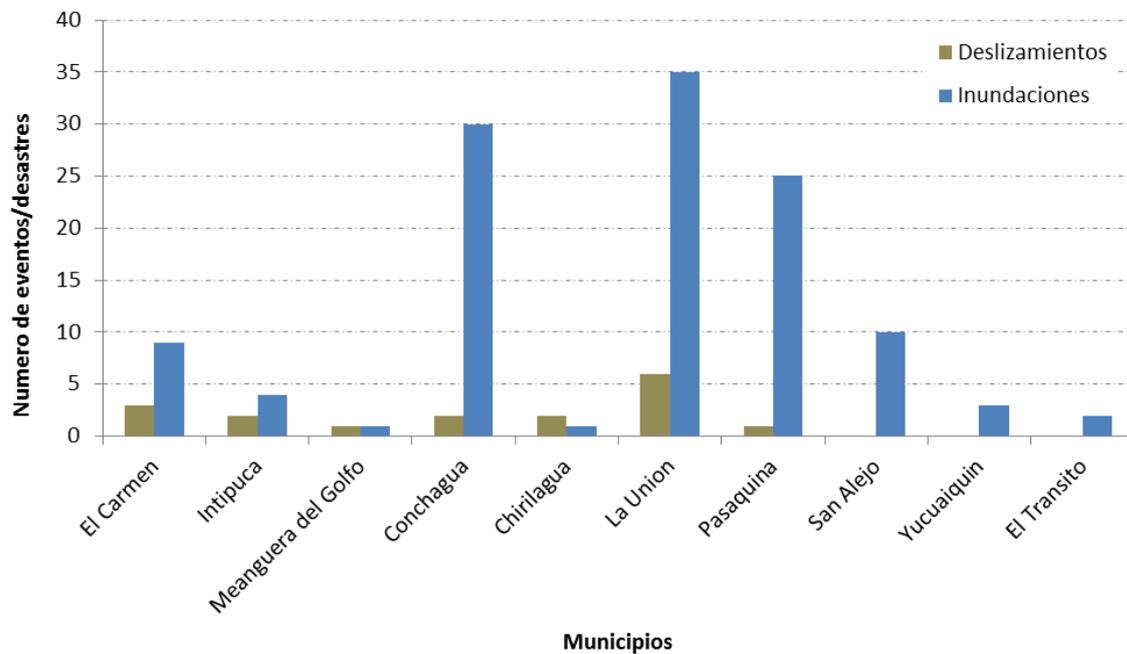


Figura 52: Registro de deslizamientos e inundaciones para algunos de los municipios del Corredor Seco (Fuente: Desinventar, periodo: 1929-2015)

## 6. Líneas Temáticas y Acciones Concretas para la Adaptación Anticipada y Planificada

Las acciones de adaptación presentadas como prioritarias en este estudio persiguen distintos objetivos. Para el AMSS, se consideró el potencial aporte de la opción de adaptación en el mejoramiento de la relación entre el medio ambiente natural y el medio construido. También se consideró el potencial aporte de la opción de adaptación a la prosperidad económica y social del territorio. Para el Corredor Seco se consideró el potencial aporte de la opción de adaptación al mejoramiento del medio ambiente natural, a la prosperidad económica y social del territorio y a la salud y seguridad alimentaria. Para ambos territorios se tomó en cuenta el potencial aporte al fortalecimiento de capacidades y de la institucionalidad en torno a la adaptación. A lo largo del proyecto tanto el MARN como actores en los territorios enfatizaron la importancia de identificar y caracterizar medidas prioritarias con alto potencial de implementación. Por lo tanto, en el análisis de opciones se analizaron elementos que indicaran qué tan factible sería la implementación de la medida (p.ej., aceptación social, existencia de capacidad humana instalada y disponibilidad de recursos financieros).

De la lista larga de opciones de adaptación consideradas (ver Apéndice 2), proponemos la implementación de las siguientes 13 medidas. Cada propuesta sigue el mismo formato. Se incluye el nombre de la medida y su alcance (ver Figura 53) en el encabezado. Luego se explica la problemática abordada por la medida, como justificación de nuestra elección. Se describe la medida, sus objetivos generales y resultados esperados. En ciertos casos se incluye información detallada sobre el ámbito de acción de la medida y sobre los distintos componentes de la medida. Finalmente, cada propuesta incluye información que facilite la implementación de la medida, como leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la misma, la identificación de instituciones responsables, potenciales fuentes de financiamiento e indicadores para el monitoreo del rendimiento.

Tal como se representa en Figura 53, las acciones recomendadas abordan los dos territorios estudiados e integran acciones transversales de acuerdo a 6 líneas temáticas. Los ámbitos de implementación son a nivel regional, local (municipal o por microcuenca) e institucional.

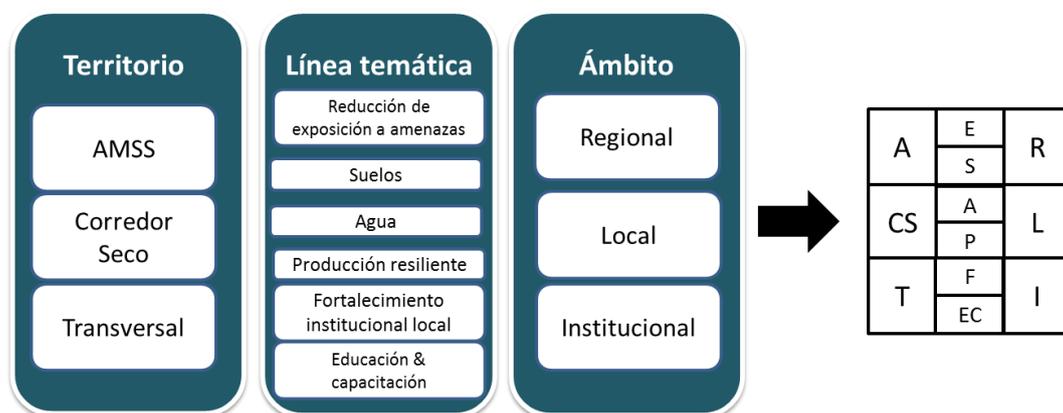


Figura 53: Matriz de definición del alcance de acciones de adaptación y su representación en miniatura

Además de las 13 acciones recomendadas las siguientes 3 acciones emergieron como prioritarias, de acuerdo a nuestra evaluación multi-criterio. Sin embargo, el cronograma del proyecto fue insuficiente para llevar a cabo las consultas e investigaciones necesarias para desarrollar estas acciones y brindar recomendaciones realistas y bien aterrizadas. Por lo tanto, recomendamos que se retomem estas acciones en procesos de planificación futuros.

- Política de reasentamiento de poblaciones vulnerables al cambio climático en zonas precarias del AMSS

- Seguros y micro-seguros agropecuarios para manejar el riesgo climático de pequeños productores y arrendatarios
- Creación y uso de líneas de crédito como incentivo para que pequeños productores y arrendatarios integren el enfoque de protección de microcuencia

## 6.1 Sistema de Alerta Temprana para Riesgos por Olas de Calor

A	E	R
	S	
CS	A	L
	P	
T	F	I
	EC	

El cambio climático está alterando la variabilidad climática y provocando cambios en la intensidad, frecuencia y / o duración de fenómenos hidrometeorológicos y climatológicos extremos. Estos fenómenos extremos son los detonantes para que se configuren las amenazas por una fuerte exposición a la radiación solar y el aumento de temperatura rompiendo records históricos a nivel local y en especial en las ciudades, dónde los edificios y otros elementos urbanos donde predomina la obra gris, son los principales causantes del efecto de islas de calor. El aumento de temperatura extrema y se potencia por problemas asociados al desarrollo como: zonas deforestadas y/o impermeabilizadas por la urbanización; viviendas con materiales precarios que no aseguran el confort térmico; diseños de infraestructura (residencial, comercial, industrial, etc.), sin enfoque de arquitectura bioclimática (no aprovecha ventilaciones naturales, no contempló en los materiales el aislamiento térmico, etc.).

A nivel mundial se reconoce que los eventos de calor extremo (u olas de calor) presentan riesgos para la salud humana, incluyendo la deshidratación, el estrés laboral y agotamiento por no tener condiciones de trabajo en un espacio con confort térmico, en casos extremos se puede padecer de insolación y, en poblaciones vulnerables, puede causar la muerte. Otras afectaciones incluyen el aumento de la demanda del uso de agua potable y la proliferación de enfermedades por vectores y por ende afectación a la salud humana.

Una manera de manejar el riesgo asociado a los fenómenos climatológicos extremos, es de implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT), el mismo que permite anticipar una amenaza y poder tomar acciones contingenciales para reducir la pérdida en las posibles afectaciones. El Salvador no cuenta con experiencia enfrentando el fenómeno de “Olas de Calor”. No se cuenta aún con un protocolo para implementar un SAT para las temperaturas extremas, tampoco se encuentran estadísticas precisas de mortandad provocadas por olas de calor específicas. Una posible explicación es que la temperatura media anual, casi siempre es cálida, pero no se puede concluir que la adaptabilidad salvadoreña sea suficiente para resistir los escenarios de temperaturas elevadas que se esperan.

### Objetivo general de la acción:

Prevenir/reducir casos de morbilidad y mortandad y contribuir al bienestar de las personas a través del conocimiento de las amenazas y del protocolo de acción para tomar medias contingenciales que permitan mitigar un posible daño y adaptarse al cambio climático.

### Descripción general de la acción:

El Sistema de Alerta Temprana (SAT) a nivel general, se define como el conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por una amenaza se preparen y actúen de forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños. La UNISDR también aclara que esta definición abarca los diferentes factores necesarios para lograr una respuesta eficaz ante las alertas emitidas. (UNISDR, 2009). Un sistema de alerta temprana, pues, comprende cuatro elementos fundamentales:

- El conocimiento del riesgo; el seguimiento de cerca (o monitoreo).
- El análisis y el pronóstico de las amenazas.
- La comunicación o la difusión de las alertas y los avisos.
- Las capacidades locales para organizarse y responder frente a la alerta recibida.

También se utiliza la expresión “sistema de alerta de principio a fin” para hacer énfasis en el hecho que los sistemas de alerta deben abarcar todos los pasos, desde la detección de una amenaza hasta la respuesta comunitaria. Retomando este concepto y adaptándolo a la amenaza por calor extremo, se resume de la siguiente manera:

PASOS PARA EL PROTOCOLO DE UN SAT	AMENAZA POR AUMENTO DE TEMPERATURA
i. El conocimiento del riesgo; el seguimiento de cerca (o monitoreo).	- Registro diario de temperaturas a nivel local
ii. El análisis y el pronóstico de las amenazas.	- Calibrar y documentar el registro diario. - Llevar base de datos de históricos. - Realizar análisis de las tendencias climatológicas y epidemiológicas, pues son un punto de partida para definir los umbrales de alerta. - Establecimiento de un índice de confort térmico.
iii. La comunicación o la difusión de las alertas y los avisos.	- Emisión de boletines técnicos diarios y boletines especiales. - Emisión de comunicados especiales con lenguaje popular dirigido a los beneficiarios del SAT. - Utilización de aplicaciones de celular y de mensajería instantánea.
iv. Las capacidades locales para responder frente a la alerta recibida	- Identificación de la comunidad o grupo organizado beneficiario y afectado por la amenaza. - Entrenamiento en el protocolo de conocimiento de la amenaza, recepción del boletín informativo que explica la tendencia de la amenaza. - Toma de acciones desde lo local para prepararse para el evento que se anticipa. Las medidas pueden ser inmediatas, a corto, mediano y largo plazo.

Fuente: Elaboración propia

### Ámbito de acción:

Los SAT para El Salvador son administrados en dos niveles: desde el Observatorio Ambiental del MARN y a nivel local desde diferentes proyectos ejecutados por Gobiernos Locales y ONGs en conjunto con las comunidades beneficiarias. No existe alguna iniciativa de SAT frente al calor extremo en El Salvador aún, sin embargo desde el Observatorio Ambiental están llevando a cabo el monitoreo de puntos de calor a nivel nacional. Faltaría definir quién sería el público meta, pero debería de estar enmarcado en zonas vulnerables en contextos urbanos ante los aumentos de temperatura.

Se debe de tomar en cuenta para priorizar el monitoreo a un nivel de detalle más local, de los municipios con vulnerabilidad más alta al aumento de temperatura en el AMSS, siendo estos San Salvador, Soyapango y Apopa. Y acorde al “Informe Técnico: Revisión y propuestas de actuación para afrontar el incremento de temperatura en AMSS” (MARN & CDKN, 2017), identifican los municipios que tienen niveles críticos de densificación, destacando Cuscatancingo, Ayutuxpeteque, Mejicanos, San Salvador, San Marcos, Soyapango e Ilopango; y recomienda que el SAT debe de ser por municipio.

### Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:

En el Reglamento de la Ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres queda estipulado la emisión de alertas, el cual lo realiza el Director General de Protección Civil basado en la información técnica y científica que proporciona el Observatorio Ambiental del MARN, el Ministerio de Salud (MINSAL) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Especifica que los niveles de alerta se activan desde el aviso público y las alertas verde, amarilla, naranja y roja. Una declaratoria de “Estado de Emergencia” puede ser decretada por la Asamblea Legislativa o el Presidente de la República, basado en información técnica de la amenaza que sustente el decreto.

No hay alguna Ley o Normativa que vincule o mencione a los SAT como una medida oficial a implementar. Aparecen en los Planes contingenciales vinculados a la Protección Civil, de los cuales solo existen medidas para la temporada de lluvias, hasta la fecha.

**Resultados esperados:**

- El Observatorio Ambiental del MARN, establece un índice de confort térmico, reportando diariamente y establece un umbral de alerta.
- El MINSAL establece un umbral de alerta desde sus reportes epidemiológicos
- Diseño e implementación de un protocolo de comunicación de la alerta.
- Anticipar un evento de oleadas de calor y permitir a las personas y grupos organizados a tomar medidas para prepararse ante un evento de aumento de temperatura.
- El conocimiento popular de la amenaza, lo cual permite una correcta interpretación del boletín emitido y consecuentemente las personas podrán tomar decisiones para evitar verse afectados en su salud y su confort por la oleada de calor.

**Costo de implementación estimado y tiempo de ejecución:**

Los costos estimados para la implementación de un SAT son diferentes y serán proporcionales a la dimensión del área de trabajo a cubrir en un protocolo, pues la cantidad de personas beneficiarias será diferente. El presente costeo es un ejercicio de los posibles costos de cada una de las acciones en el proceso de un SAT:

PASOS PARA EL PROTOCOLO DE UN SAT	AMENAZA POR AUMENTO DE TEMPERATURA
El conocimiento del riesgo; el seguimiento de cerca (o monitoreo).	El presupuesto anual de la dirección de Meteorología del Observatorio Ambiental. (\$240,000)
El análisis y el pronóstico de las amenazas.	Un valor anual estimado para viajes de estudio e investigaciones (\$75,000)
La comunicación o la difusión de las alertas y los avisos.	El valor anual estimado de la emisión de boletines y uso de medios de comunicación desde el Observatorio Ambiental (\$100,000)
Las capacidades locales para organizarse y responder frente a la alerta recibida.	El valor estimado por comunidad trabajada, esto implica costo de material para talleres y equipamiento. (Alrededor de \$10,000 a \$75,000 por comunidad)

Por lo que el costo de implementación se considera **alto (+\$100,000)** y en un **tiempo de ejecución permanente**, siendo solo la implementación de un SAT, una medida de corto plazo (2-5 años).

**Potencial fuente de financiamiento:**

- El presupuesto ordinario de los Ministerios involucrados para la generación de información técnica que permita el conocimiento y divulgación de las amenazas.
- Fondos de cooperación internacional que permitan financiar proyectos de investigación de las amenazas, así como la modernización del equipamiento con nuevas tecnologías.
- Fondo Verde del Clima, para presentar un proyecto de Adaptación para implementar un Sistema de Alerta Temprana.

**Institución responsable / con mandato para implementar la acción:**

PASOS PARA EL PROTOCOLO DE UN SAT	AMENAZA POR AUMENTO DE TEMPERATURA
El conocimiento del riesgo; el seguimiento de cerca (o monitoreo).	MARN /Observatorio Ambiental MINSAL
El análisis y el pronóstico de las amenazas.	MARN /Observatorio Ambiental MINSAL
La comunicación o la difusión de las alertas y los avisos.	MARN /Observatorio Ambiental MINSAL Dirección General de Protección Civil Gobierno local.
Las capacidades locales para organizarse y responder frente a la alerta recibida.	Gobierno Local Dirección General de Protección Civil, a través de sus técnicos territoriales. Publico meta: población que habita en zonas vulnerables ante las oleadas de calor y otras poblaciones vulnerables previamente identificadas (p.ej., adultos mayores, mujeres gestantes)

**Actores clave:**

- Los que generan la información técnico científica para conocer la amenaza.
- Los que interpretan la información técnico científica de cada amenaza y plantea pronósticos a corto plazo y escenarios.
- Los que procesan la información técnica emitida desde el boletín y la transforman a un lenguaje comprensible al público meta.
- Los que diseñan, coordinan y ejecutan el protocolo a nivel local. Se vincula el actor externo (puede ser una ONG o un Organismo Cooperante) y el Gobierno Local.
- Los beneficiarios directos que reciben el entrenamiento, adquieren nuevo conocimiento y ponen en práctica el protocolo.

**Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

- Se debe de asegurar la investigación científica para el conocimiento de la amenaza proporcionando todo el apoyo necesario a los especialistas.
- Se debe de promover el debate y dialogo entre las Direcciones Gubernamentales que promueven y producen conocimiento científico con la Academia y otras Instituciones conocedoras del tema a nivel nacional, regional y global.
- Se debe de modernizar y actualizar los métodos y los equipos en concordancia con las tendencias mundiales en cuanto a tecnología para el conocimiento y monitoreo de las amenazas.
- Se debe de promover el establecimiento de nuevos indicadores, que permitan dimensionar la problemática.

- Se debe asegurar que la información técnica acorde a las competencias de los Ministerios, fluya de manera efectiva y se puedan construir variables precisas para la emisión de boletines e informes especiales.
- Se debe de trabajar en estrategias comunicacionales que permitan hacer diagnósticos de percepción de los públicos meta y poder proponer mecanismos de comunicación idóneos para poder intervenir en la transmisión del mensaje.
- Se deben de diseñar y ejecutar proyectos para el establecimiento del protocolo en lo local que asegure la sostenibilidad del SAT una vez el proyecto termine.
- Se deben de considerar incentivos para el mantenimiento de un SAT desde el MARN.

**Posibles indicadores:**

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
# de Recurso Humano Institucional capacitado o formado en el desarrollo y pronóstico del índice de confort térmico	Conocimiento popular de la amenaza y en la interpretación de boletines emitidos
# de umbrales de alerta de riesgos a la salud por olas de calor establecidos a nivel sub-nacional	# de personas afectadas (salud, productividad) por olas de calor
# de Recurso Humano Institucional capacitado o formado en el desarrollo y emisión de boletines	
# de comunidades beneficiarias de SAT por olas de calor	
# de campañas de concientización sobre el sistema de alerta temprana y acciones para hacer frente al riesgo a la salud por calor	
# de evaluaciones de riesgo a la salud pública y reportes de afectaciones en fase de emergencia desarrollados por el MINSAL	

**6.2 Sistemas de Drenaje Pluvial Sostenibles (SuDS, por sus siglas en inglés)**

A	E	R
	S	
CS	A	L
	P	
T	F	I
	EC	

Históricamente el AMSS ha sido afectado por inundaciones debido a la alteración paulatina de las condiciones naturales de la subcuenca del río Acelhuate. Sin embargo, en los últimos años el problema se ha exacerbado a causa del acelerado crecimiento y densificación urbana, principalmente asociado a la construcción horizontal desordenada y poco planificada; que implica cambio de uso de suelo y aumento de la deforestación.

En el régimen hidrológico de las ciudades, esta situación se refleja principalmente en reducción de áreas permeables y por lo tanto de la infiltración al suelo y la consiguiente recarga de acuíferos; aumento de escorrentía y caudales punta que incrementa las zonas de inundación y afecta a las poblaciones más vulnerables. Considerando que actualmente la infraestructura de drenaje pluvial del AMSS es hidráulicamente insuficiente para conducir los caudales generados por los eventos pluviales que se han presentado en los últimos años y que es públicamente conocido el estado obsoleto de la mayoría de dicha infraestructura de los años 50's y 60's (<https://goo.gl/euWsYf>), cuya atención demanda elevados recursos económicos y tiempo se visualiza una urgente necesidad de adoptar medidas alternativas y económicas que aporten a la reducción de la vulnerabilidad ante inundaciones a causa de precipitación extrema que se prevé aumente severamente con el cambio climático.

### **Objetivo general de la acción:**

Contribuir a la reducción de los eventos de infiltración por precipitaciones extremas, mediante la regulación y control de la escorrentía en distintas etapas de su curso hacia los cuerpos de agua, aportando al mismo tiempo al aumento de la infiltración, y los co-beneficios de la reducción de olas de calor y mejora de la convivencia urbana.

### **Descripción general de la acción:**

Los sistemas de drenaje pluvial sostenible (en adelante SuDs por sus siglas en inglés) son aquellos elementos participantes en el drenaje de las ciudades que buscan imitar el drenaje natural de un sitio previo a su desarrollo (Illman and Wilson, 2017). Además de controlar la cantidad de agua generada por la lluvia, reducen los contaminantes arrastrados por ella, proporcionando de esta forma oportunidades para una biodiversidad más agradable y mejorada dentro de las ciudades.

A diferencia del enfoque tradicional de drenaje pluvial en zonas urbanas, que busca evacuar la escorrentía tan pronto como sea posible, generando innumerables problemas de inundación, los SuDs tienen una filosofía de diseño que utiliza un amplio rango de técnicas para manejar el agua superficial tan cerca como sea posible de su fuente (Environment Agency, n.d.; Anglian Water Services Ltd, 2009). Un esquema efectivo y realizable requiere que estos sistemas se incorporen en las primeras etapas de planeación de los sitios.

Muchos SuDs conllevan infraestructura verde como elemento de control y regulación de la escorrentía. También requieren un número pequeño, robusto y económico de estructuras de control, entrada y salida para manejar el flujo de agua. Dentro de sus ventajas se encuentran la mejora de la estética de los barrios donde se implantan y a la vez pueden reducir el fenómeno de las islas de calor dentro de las ciudades; en algunos casos se planifican para infiltrar agua o solo para almacenarla. Sin embargo, debe tenerse especial cuidado con las condiciones del sitio, el control de sedimentos y contaminación.

### **Ámbito de acción:**

El diseño de los SuDs conlleva una variedad de técnicas de drenaje en una serie jerárquica para ir paulatinamente reduciendo la contaminación, las tasas de flujo y los volúmenes y frecuencia de la escorrentía: (1) Medidas de prevención: que conllevan buenas medidas de limpieza dentro del lugar de generación, escala individual; (2) Control de la fuente: lo que implica el control de la escorrentía tan cerca de la fuente como sea posible, su escala es a nivel individual o de edificios; (3) Control en el sitio, que implica atención de la escorrentía dentro o a nivel local del sitio de desarrollo, escala de pequeñas residenciales o desarrollos comerciales; y (4) Control regional: que controla y almacena la escorrentía en espacios públicos abiertos antes de su descarga a los cursos de agua, tiene una escala a nivel de grandes desarrollos residenciales, múltiples sitios que pueden ser agrupados a escala de comunidades (Graham et al., 2012; Anglian Water Services Ltd, 2009).

La selección adecuada del sistema depende de factores como las características del sitio, los contaminantes presentes en la escorrentía, el tamaño y la estrategia de drenaje del área de recogimiento, la hidrología del área y la tasa de infiltración en el suelo, así como la presencia de zonas de protección de fuentes de agua subterránea o tierras contaminadas (Environment Agency, n.d.).

#### Control en la fuente: Superficies permeables

Consisten de superficies permeables tales como bloques o losetas que permiten el drenaje de agua a través de huecos verticales o juntas entre las unidades individuales. Pueden ser de concreto o bloques celulares de plástico reciclado con espacio para suelo y vegetación en las juntas. Se pueden

implementar en espacios urbanos, suburbanos y rurales, sin embargo son más importantes en espacios urbanos con espacio limitado (Graham et al., 2012).

Una buena práctica implementada es colocarlo en las cocheras, parqueos y aceras. En algunas ocasiones se construyen reservorios debajo de las superficies (algo similar a una zanja filtrante rellena de material poroso como grava). Son medidas con un alto potencial de implementación en nuevos proyectos de desarrollo urbanístico residenciales de todos los niveles sociales. Además en desarrollos industriales y comerciales.

Dentro de los beneficios ambientales pueden mencionarse que permiten que la escorrentía percole naturalmente en el terreno, reduce la escorrentía de superficies tradicionalmente impermeables, es la primera línea de defensa contra la contaminación ya que los contaminantes se retienen dentro de la matriz subsuperficial, algunas veces son la única opción en áreas de alta densidad, sin embargo permite un uso dual del espacio ya que permiten en el tránsito y reducen la escorrentía.

También ayudan al tránsito en superficies secas en zonas de tránsito (evitando transitar por zonas encharcadas) luego de una lluvia intensa. Un diseño apropiado, proporciona paisajes agradables. Aunque los beneficios a las especies silvestres son mínimos, las funciones de tratamiento que se desarrollan en ellas generan aguas más limpias y por lo tanto cuerpos de agua con mejor calidad.



Figura 54: Superficie permeable. Fuente: Illman and Wilson (2017)



Figura 55: Opciones de algunas superficies permeables disponibles en El Salvador. Fuente: Metroblock (<https://goo.gl/7HdNMn>)

### Control en el sitio: Canales permeables

Según Illman and Wilson (2017), son elementos de conducción que conectan el agua de un componente del SuDS a otro. Su función es la de proveer almacenamiento temporal de las precipitaciones, reducir los caudales punta hacia los cuerpos de descarga, estimular la descomposición microbiana y cuando el suelo es permeable, puede proveer un área lineal de infiltración. Son instalados generalmente como parte de la red de drenaje conectándose a una laguna o humedal, antes de la descarga a los cursos naturales de agua. Se sugiere instalarlos a lo largo de calles, reemplazando los arriates o aceras cuando sea posible, por lo tanto se reducen los costos de construcción y mantenimiento.

Pueden ser incorporados como atractivos dentro de las áreas comunes de un sitio, o pueden ser incorporadas dentro de la ornamentación, espacios recreativos o plantaciones de un sitio, para posteriormente incorporarlas como parte del contrato normal de mantenimiento (esto aplica muy bien para complejos residenciales que poseen este tipo de figura administrativa). Se restringen zonas con acuíferos vulnerables a la contaminación.

Algunas obras de infraestructura de este tipo pueden ser incorporadas, previo estudio de factibilidad técnica, en los arriates centrales de algunos bulevares de San Salvador y tomarlo en cuenta para el desarrollo de infraestructura urbanística en las zonas periurbanas.

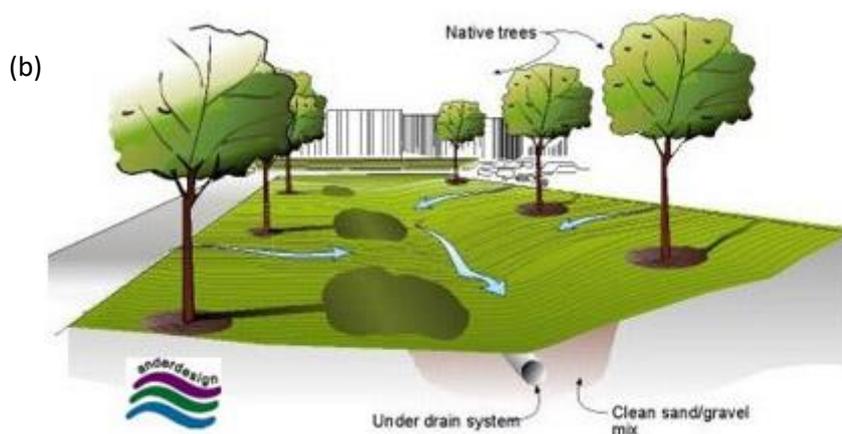


Figura 56: (a) Canal permeable para drenar calles de acceso. Fuente: <https://www.flickr.com/photos/87297882@N03/7994695119> (b) Opción con árboles nativos. Fuente: <https://www.sudswales.com/types/permeable-conveyance-systems/swales/>

#### Control en el sitio y en la fuente: Sistemas de infiltración

Las estructuras de infiltración drenan el agua directamente al terreno cuando este es adecuadamente permeable (Anglian Water Services Ltd, 2009; Illman and Wilson, 2017), evitando que el agua fluya hacia los drenajes o a los cuerpos naturales de agua. Los sistemas de filtración pueden ser pozos o zanjas de infiltración, lagunas de infiltración, también se incluyen los canales filtrantes y pavimentos filtrantes (Figura 57). Generalmente la tasa de infiltración al terreno es menor que la tasa de agua entrando en el sistema de infiltración. Por lo tanto, se debe proveer el sistema con un volumen de almacenamiento ya sea en la cámara del pozo o caja, en la laguna, o en los espacios de poro en el relleno de la zanja en la sub-base de la superficie permeable.

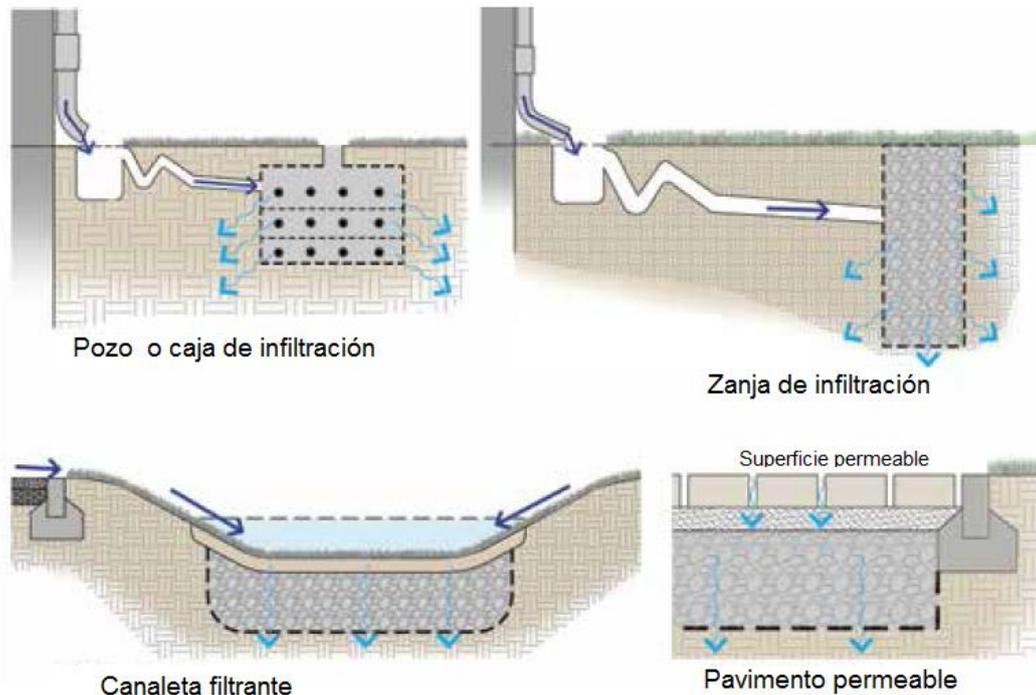


Figura 57: Distintos sistemas de infiltración, los dos de arriba pueden ser utilizados a escala de control en la fuente (Nótese las cajas de pretratamiento antes del ingreso a los sistemas de infiltración). Los inferiores a escala como control en el sitio. Fuente: (Illman and Wilson, 2017)

Para pozos de infiltración y zanjas de infiltración se requiere que el agua infiltre a en acuíferos profundos a través de las estructuras verticales. Todos los sistemas de infiltración requieren cuidados durante el proceso constructivo para no reducir la permeabilidad natural del terreno y cuidarse durante su funcionamiento para evitar la colmatación debido al ingreso de partículas finas o materiales impermeables en ellos.

#### Control en la fuente: Áreas de biorretención

Son depresiones poco profundas en los jardines, que capturan y biorremedian los contaminantes de la escorrentía de las calles y parqueos. Pueden construirse con diversos tipos de plantas y ser muy agradables a la vista. Se requiere un drenaje subsuperficial debidamente diseñado. Se pueden implementar en ambientes urbanos y semiurbanos, **son ideales para colonias de alta densidad y áreas comerciales e industriales que tienen poco espacio verde** (Figura 58).

Dentro de sus beneficios destacan la reducción de inundaciones y escorrentía localmente, si las condiciones geológicas son favorables mejoran la recarga de acuíferos; interceptan y filtran contaminantes en una etapa temprana; incrementan la evapotranspiración, mejorando el clima, contribuyendo a la reducción del efecto de islas de calor urbano. Además mejora las áreas urbanas utilizando las zonas de arriates sin uso que brindan aspecto desagradable a las ciudades, y crea elementos de infraestructura verde en áreas urbanas. También provee cobertura a invertebrados, genera néctar para insectos y alimento para aves (Graham et al., 2012).



Figura 58: Áreas de bioretención en Portland, Oregon, USA. Foto: Dusty Gedge. Fuente: Graham et al. (2012)

Tienen un alto potencial de ser implementadas en nuevos desarrollos urbanísticos, sin embargo también pueden ser adoptadas en sitios ya desarrollados, que presentan problemas de inundación. Un proyecto piloto en alguna residencial pequeña con una Junta Directiva bien organizada podría llevarse a cabo con la coordinación del municipio. Los nuevos desarrollos del volcán de San Salvador y la cordillera del Bálsamo y el cerro de San Jacinto lo deberían tener implementado.

#### Control en el sitio: Estructuras o lagunas de detención

Son estructuras que pueden contener el agua temporalmente, cuyo diseño determina que tan largo será el período en que el agua permanezca en ellas. Pueden ser implementadas a nivel suburbano y rural, aguas debajo de los elementos de control en la fuente (Figura 59). Provee beneficios como la detención del agua permitiendo la infiltración gradual al suelo y la remoción de contaminantes a través de la bioremediación. Reduce el riesgo de inundaciones aguas abajo: Promueve el desarrollo de la biodiversidad cuando la calidad de agua es buena. Adicionalmente tiene usos multifuncionales (puede utilizarse como espacio recreativo).

También provee de sitios de esparcimiento apreciativo de la naturaleza ya que se crean lagunas efímeras que pueden ser muy valiosas para los habitantes. Al desarrollarse distintas especies en ellas, provee alimento y refugio a distintas especies animales y crea ambiente propicio para el desarrollo de plantas de humedales. Este tipo de estructuras pueden ser implementadas en zonas verdes de residenciales que se están desarrollando en las zonas periurbanas del AMSS, lo cual prevendría los efectos adversos aguas abajo de esas nuevas construcciones.

#### Control Regional: Lagunas de retención

Contienen agua permanentemente y otros hábitat de humedales. Poseen la capacidad de almacenar la escorrentía adicional liberándola a una tasa controlada durante y después del tránsito del caudal pico. Es la última etapa del tren o secuencia de manejo antes de evacuar el agua limpia a los cursos de agua. Se aplica a nivel suburbano y rural.



**Figura 59: Laguna de detención mostrando el uso multifuncional del espacio. Fuente: (Graham et al., 2012).**

Al aumentar el período de retención, se remueve aún más contaminantes antes de la descarga. Se conecta a humedales urbanos y suburbanos a través de sus áreas verdes, reduce las inundaciones. Además proporciona espacios verdes atractivos, oportunidades para el involucramiento de comunidades en eventos y programas de manejo, sitios para ejercitarse, recreo. Tiene el potencial de integración con un amplio rango de actividades e iniciativas ambientales, en sitios de gran tamaño, provee hábitat para animales silvestres y en algunos casos pasto para animales, además de que agrega valor estético a los sitios que lo rodean (Figura 60).



**Figura 60: Laguna de detención atendida por Medorra Corporation, USA. Fuente: <https://goo.gl/83uAEe>**

Actualmente el MOP, a través del Viceministerio de Vivienda en el marco del Programa de Vulnerabilidad de Asentamientos Urbanos Precarios, está ejecutando el proyecto de construcción de laguna de laminación en la cuenca del Arenal de Monserrat (Figura 61), que recoge las aguas procedentes del volcán de San Salvador y Santa Tecla, con la finalidad de reducir el riesgo por inundaciones en el sector sur de San Salvador. La laguna será cerrada, con una altura de 19 metros, cuya presa será construida de materiales sueltos procedentes de la excavación. Los costos de construcción y supervisión ascienden a \$ 18,949,898 (<https://goo.gl/LDeFxF>).



Figura 61: Laguna de laminación en construcción en el arenal de Monserrat del AMSS. Fuente: <https://goo.gl/LDeFxF>

### **Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:**

La legislación salvadoreña aún no contempla la implementación de este tipo de infraestructura. Sin embargo, ya existen esfuerzos y buenas prácticas al respecto. Por ejemplo, la OPAMSS contempla dentro de sus lineamientos para otorgar factibilidad de aguas lluvias, a los nuevos desarrollos, que el proyecto incluya un sistema de detención de caudales. Este sistema consiste en tanques impermeables de captación de aguas lluvias de las nuevas construcciones (especialmente de viviendas individuales y edificaciones), los cuales deben almacenar la diferencia del volumen de agua generado en el terreno con proyecto y sin proyecto, por una tormenta con un período de retorno de 10 años.

El MARN también suele pedir dentro de los requisitos para el otorgamiento de permisos ambientales (incluye formularios ambientales), que el proyecto tenga un impacto hidrológico cero, para ello algunos proyectistas proponen pozos o zanjas de infiltración a nivel domiciliar o de desarrollo de infraestructura urbana en edificaciones o planteles. Dentro de las alternativas conocidas está el de EPA San Salvador, que tiene un sistema de detención bajo la zona de parqueo. Zonas residenciales como Ciudad Corinto en Mejicanos construyeron las cocheras de las viviendas con bloques permeables. Sin embargo, el proyectista también tiene la opción de compensar por el aumento de escorrentía, lo cual implica el establecimiento de una tarifa económica por metro cúbico de aumento de escorrentía que se genere con el nuevo desarrollo. Varios proyectistas deciden por esta alternativa.

### **Resultados esperados:**

- Frecuencia de inundaciones reducida
- Infiltración al suelo aumentada
- Más espacios verdes recuperados y agradables
- Áreas de esparcimiento incrementadas
- Población más concientizada

### **Costo de implementación estimado y tiempo de ejecución:**

Las medidas a escala de control en la fuente pueden tener muy bajo costo, en residencias individuales, su implementación podría ser aproximadamente de \$ 30.00/m<sup>2</sup> de superficie permeable. Un pozo de infiltración de 3 metros podría costar alrededor de \$ 350.00 en material semiduro. Mientras que el metro lineal de una zanja de infiltración con dimensiones estándar de 60 cm de ancho por 1 m de

profundidad podría costar alrededor de \$ 100.00. Las áreas de biorretención podrían tener costos alrededor de \$ 50.00/ m<sup>2</sup>. Estos valores soportan muy bien la implementación a nivel local. El tiempo de ejecución para este tipo de medidas es inmediato y permanente.

Las obras de control en el sitio tienen costos de implementación bajos pero superiores a los de control en la fuente. Una canaleta filtrante variará sus costos en función de la sección hidráulica que se defina, pero podría rondar los \$ 60.00/m, la diferencia es que en este caso las longitudes pueden llegar a ser de kilómetros. Son medidas ejecutables a corto plazo y de carácter permanente.

Por su parte las lagunas de retención y detención siempre tendrían costos bajos (menos de \$50,000) a medios (\$50,000-\$100,000) dependiendo del sitio de emplazamiento y dimensiones de las obras. Son medidas ejecutables a corto plazo y de carácter permanente.

#### **Potencial fuente de financiamiento:**

Para las medidas a nivel de control en la fuente y local, su financiamiento provendría del propietario del sitio que genera la escorrentía, por ejemplo, superficies permeables domiciliarias, pozos y zanjas de infiltración. Medidas a nivel regional como las canaletas permeables, lagunas de detención y zonas de biorremediación estarían a cargo de los proyectistas, con la consecuente transferencia de los costos a los propietarios de nuevos desarrollos; en otro caso podrían ser implementados a través de proyectos municipales con fondos gestionados de ayuda internacional en el marco de la reducción de la vulnerabilidad climática. Otra potencial fuente de financiamiento es el fondo de compensación ambiental, actualmente manejado por FIAES y FONAES.

#### **Institución responsable / con mandato para implementar la acción:**

En el AMSS correspondería a la OPAMSS la exigencia de implementación de medidas en todas las escalas de aplicación para nuevos proyectos, asociada a la extensión de la Factibilidad de Aguas Lluvias. Las alcaldías pueden aportar mediante la aprobación de ordenanzas municipales al respecto, exigiendo la implementación de medidas en la fuente para residentes de los municipios que deseen modificar sus viviendas. El MARN, a su vez tiene el mandato de aportar en la reducción de la vulnerabilidad climática, razón por la cual puede solicitar la implementación de este tipo de acciones que contribuyan a una reducción perceptible de la escorrentía.

#### **Actores clave:**

Alcaldías municipales, que pueden implementar a nivel local domiciliario, OPAMSS que puede exigir la incorporación de medidas para nuevos desarrollos urbanísticos dentro del AMSS. MARN, promoviendo la implementación de medidas y elaboración de guías para su diseño y construcción, proporcionando datos hidrometeorológicos. MOP-DACGER, implementando en la ciudad, elaborando evaluaciones técnicas y definiendo zonas prioritarias. Universidades, evaluando científicamente las condiciones locales, ventajas y desventajas de implementar las medidas. ADESCOS, Asociaciones comunales, contribuyendo en el cuidado y mantenimiento de los SuDS.

#### **Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

- Instituciones como OPAMSS y MARN inician un proceso de adopción de los SuDS
- DACGER elabora estudios técnicos para definir áreas prioritarias de implementación
- Existe viabilidad técnica, legal y financiera para implementar medidas
- Se inicia proceso de información a los ciudadanos y desarrolladores sobre el beneficio de los SuDS
- Las universidades están abiertas a iniciar proyectos de investigación sobre la aplicación de los SuDS.

#### **Posibles indicadores:**

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
# de Recurso Humano Institucional capacitado o formado en el diseño, construcción y mantenimiento de Sistemas de Drenaje Pluvial Sostenibles (SuDs)	Cambio en la frecuencia de inundaciones urbanas y periurbanas
#, tipo y localización de SuDs incluidas en Planes de Manejo Ambiental	Cambio en el área de espacios verdes y de esparcimiento por la implementación de SuDs
	Conocimiento popular de los beneficios de SuDs en comparación con enfoques tradicionales de drenaje pluvial en zonas urbanas
	Número de estrategias o planes de desarrollo urbanístico que incorporan SuDs como parte de la gestión sostenible de las aguas lluvias

### 6.3 Infraestructura Verde en Ámbitos Urbanos, Peri-urbanos y Rurales

A	E S	R
CS	A P	L
T	F EC	I

Es una preocupación para el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) y las principales ciudades de El Salvador, el manejo de las aguas residuales y aguas pluviales, así como asegurar un confort térmico a través de microclimas. El aumento de precipitaciones potenciado por el cambio climático y la impermeabilización masiva de la ciudad, producto del crecimiento urbano y densificación de las ciudades, son y serán un problema mayor si no se planifica en función de soluciones para el drenaje. Otro problema es la tendencia al aumento

de temperatura potenciado por el cambio climático lo que intensifica el fenómeno de las “islas de calor” dentro de las ciudades.

La expansión de las ciudades y la masiva conurbación de núcleos urbanos en El Salvador hacen que la relación entre las zonas urbanas y rurales deba de ser analizada desde la Planificación Territorial y desde el abordaje de la dinámica de las cuencas y subcuencas hidrográficas como territorios de análisis, para efecto comprender las problemáticas asociadas al uso del suelo, el manejo de las áreas verdes, zonas arboladas y la gestión de las aguas pluviales, para así proponer soluciones integrales.

La infraestructura verde es parte de esa propuesta de soluciones sostenibles en la planificación urbana y en el paisaje rural; sin embargo uno de los principales vacíos en El Salvador es su poco o nulo abordaje desde la planificación urbana y algunos avances para el sector rural propuestos desde el MARN, así también falta un marco conceptual homologado para definir el alcance de la Infraestructura Verde para la planificación urbana y rural.<sup>3</sup>

#### Objetivo general de la acción:

Promover la infraestructura verde como una medida de adaptación en contextos urbanos y rurales para contribuir a la reducción de riesgos por inundación y por las oleadas de calor, así como otros beneficios sociales-ambientales-económicos que se pueden cumplir.

#### Descripción general de la acción:

La Infraestructura Verde es un abordaje al manejo de lluvias intensas que utiliza el aumento de la vegetación en los espacios rurales y urbanos para mejorar la capacidad de regulación hídrica, reducir la erosión y transporte de sedimentos que provocan daños aguas abajo (MARN 2012). La

<sup>3</sup> Por ejemplo, desde la Unión Europea se están poniendo de acuerdo para entender lo que es la “Infraestructura Verde” <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-ES-web.pdf>

Infraestructura verde puede complementar a la Infraestructura gris, haciéndola más rentable, puede brindar un servicio ambiental al entorno, bajar la temperatura y puede reducir el volumen de aguas pluviales recogidas evitando inundaciones (BID 2013).

La Unión Europea la define como una red estratégicamente planificada en zonas naturales y seminaturales de alta calidad con otros elementos medioambientales, diseñada y gestionada para proporcionar un amplio abanico de servicios ecosistémicos y proteger la biodiversidad tanto de los asentamientos rurales como urbanos.

En algunos casos (p.ej. Santiago, Chile), la creación y el manejo de infraestructura verde como medida de adaptación incluye la participación ciudadana, bajo un marco de co-responsabilidad entre el gobierno central, gobiernos locales y ciudadanos. Además de promover la participación ciudadana en la selección, desarrollo y el monitoreo de proyectos, se busca crear una cultura de respeto y cuidado al entorno.

### **Ámbito de acción:**

La Infraestructura Verde es un concepto que se debe de implementar en las zonas urbanas y rurales. Promueve soluciones innovadoras y relativas a la gestión del suelo y permite dar soluciones desde la ingeniería para la restauración y mantenimiento de los ecosistemas rurales y urbanos.

Las soluciones desde la Infraestructura Verde pueden proteger contra las consecuencias negativas potenciadas por el cambio climático, como los son la reducción de inundaciones, la disminución de erosión del suelo y almacenando carbono. Así también tiene otros beneficios, pues mejora la calidad del aire, fomenta la calidad de vida y el bienestar humano, mejora la biodiversidad y fomenta un enfoque más inteligente e integrado (Unión Europea 2014).

Los municipios de San Salvador, Soyapango y Apopa presentan la vulnerabilidad más alta al aumento de la temperatura, por lo que debe de considerarse desde la Planificación Urbana el considerar asegurar zonas verdes en puntos estratégicos para poder contribuir a un confort térmico. Sin embargo, la integración de la infraestructura verde en la gestión municipal no se limita a esas áreas. Tanto el mapa del clima urbano en el AMSS (Figura 21) y los mapa de susceptibilidad a inundaciones pueden orientar la localización estratégica de la infraestructura verde.

### **Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:**

El concepto o planteamiento de “Infraestructura Verde” no se encuentra aún definido en la legislación salvadoreña. Es mencionado por primera vez en el Plan de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP), que se lanza e inicia en el 2012 y propone su aplicación para invertir en zonas agrícolas de ladera para introducir prácticas de agroforestería para mitigar las inundaciones y reducir la sedimentación de obras de infraestructura como puertos, así como de las bordas y drenajes en áreas críticas utilizadas para evacuar las aguas en las zonas inundables.

También se trata del uso de coberturas vegetativas en áreas de erosión crítica que acompañan a obras “grises” o de cemento para retención de deslizamientos o cárcavas. Esos beneficios son adicionales a los que se obtienen dentro de las parcelas agrícolas que estarían asociadas a mejoras en la productividad agrícola por la retención de suelo y mejoras de fertilidad, así como por la mayor retención de humedad en el suelo que resulta crítica en los períodos de sequía.

Las acciones inmediatas planteadas por el PREP a partir del 2012, fueron de establecer los acuerdos entre MARN, MAG y MOPTVDU para ejecutar las acciones en áreas prioritarias, incluyendo:

- Creación de equipo interinstitucional de alto nivel con MARN, MAG y MOPTVDU.

- Compartir estudios existentes sobre áreas críticas priorizadas de acción conjunta
- Exploración de abordaje y diseño de Bosques de galería.
- Abordaje conjunto para programa de estabilización de suelos inestables en las áreas de arranque en los territorios priorizados.
- Unificación de criterios conceptuales y de implementación de Manejo de Cuencas en cuenca piloto con MARN y MAG-Dirección Cuencas, Forestal y Riego (Usulután).

### **Resultados esperados:**

- El establecimiento del concepto de Infraestructura Verde para El Salvador, así como motivar la participación ciudadana y coordinar con la región Centroamericana para que el impacto sea mayor. Este debe de contemplar el alcance y las diferencias de abordaje para la planificación urbana y la planificación del paisaje en lo rural.
- El concepto para “Infraestructura Verde” debe de ser visto como un sistema que genera un conjunto de beneficios a los habitantes en las ciudades y en lo rural.
- Reducir el déficit de áreas verdes en el AMSS y aumentar el acceso a las mismas. Reducir las temperaturas superficiales. Existe un rango de medidas que se pueden aplicar en El Salvador, basándose en las experiencias de otros países con similares condiciones a las locales. Estas pueden ser:
  - El pavimento permeable. Puede reducir el efecto de islas de calor y reducir los riesgos por inundación.
  - Medidas que controlen y reduzcan la deforestación en lo rural y urbano.
  - Se preservan las áreas verdes urbanas y la tierra cultivable en lo periurbano.
  - Se asignan usos de suelo en lo urbano para crear cinturones verdes (Green belts) y cuñas verdes (Green wedges), conocidas como vías o bloques verdes (ver ejemplos en Figura 62). Estas pueden utilizarse también para limitar el crecimiento urbano y ayudar a contener la expansión de la ciudad y separar actividades industriales de las residenciales por ejemplo.
  - Se puede trabajar también con el concepto de “Bosques Urbanos” que promueve FAO y lo define como redes o sistemas que comprenden todos los arbolados (rodales), grupos de árboles y árboles individuales ubicados en las áreas urbanas y periurbanas; por tanto, se incluyen bosques, árboles en las calles, árboles en los parques y jardines y árboles en las esquinas de las calles. Plantea también que los bosques urbanos son la espina dorsal de la infraestructura verde porque que conecta las áreas urbanas a las rurales y mejora la huella ambiental de las ciudades (FAO 2017)
  - Medidas domiciliarias como el asesorar e incentivar los techos verdes, así como incentivar la protección de al menos el 10% de protección de área verde de cada lote privado en lo urbano.



Foto tomada de: <https://enriqueremy.lamula.pe/2016/12/13/red-de-calles-verdes-red-de-ciclovias-corredores-ecologicos-urbanos-reforestacion-urbana-bosques-urbanos-cinturones-verdes-urbanos-para-lima/eremy/>



Foto tomada de: <https://inhabitat.com/the-worlds-most-beautiful-street-is-a-tree-filled-oasis-in-the-heart-of-porto-alegre-brazil/rua-goncalo-de-carvalho1/>



Foto tomada de: [https://elpais.com/diario/2010/05/29/babelia/1275091967\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2010/05/29/babelia/1275091967_850215.html)



Foto tomada de: <http://www.rinnovabili.it/smart-city/pianificazione-urbana-del-futuro-leempio-di-fibercity-tokyo-2050-555/>

Figura 62: Ejemplos de cinturones verdes o bosques urbanos en las ciudades

**Costo de implementación estimado y tiempo de ejecución:**

Costo de la implementación: Alto (más de \$100,000) si se contempla una transformación masiva.

Tiempo de ejecución: Por ser un proceso, la medida es Permanente, aunque se pueda comenzar su implementación a corto plazo (2-5 años).

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Establecimiento conceptual del alcance de la Infraestructura Verde en ámbitos urbanos y rurales y pautas para su incorporación dentro de la planificación estratégica.	Inmediato (<2 años)

Planificación del paisaje rural con la inclusión de infraestructura verde. *	Corto plazo (2-5 años)
Planificación urbana promoviendo un enfoque de crecimiento inteligente y con la inclusión de infraestructura verde. *	Corto plazo (2-5 años)
Implementación de medidas para el establecimiento de la Infraestructura Verde.	Permanente

\* Nota: La planificación a la que se hace referencia, no es necesario hacer una nueva, sino más bien incorporarse en la Planificación Estratégica que se regula en los ámbitos rurales y urbanos.

**Potencial fuente de financiamiento e Institución responsable / con mandato para implementar la acción:**

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	FINANCIAMIENTO	INSTITUCIÓN RESPONSABLE
Establecimiento conceptual del alcance de la Infraestructura Verde en ámbitos urbanos y rurales y pautas para su incorporación dentro de la planificación estratégica.	Los Ministerios tienen personal técnico cualificado que pueden desarrollar el concepto. Se debe de incluir al MARN, MAG y MOPTVDU como mínimo.	MARN, por ser la institución que coordina el tema de Cambio Climático en El Salvador, sin embargo debe de coordinar con el MAG y MOPTVDU.
Planificación del Paisaje rural con la inclusión de infraestructura verde. *	Coordinado desde el apoyo técnico del MARN y MAG (incluyendo a MOPTVDU) con apoyo de posibles financiadores como lo es PNUD y FAO	Coordina MARN y MAG, con el apoyo del MOPTVDU.
Planificación urbana promoviendo un enfoque de crecimiento inteligente y con la inclusión de infraestructura verde. *	Coordinado desde el Coordinado desde el apoyo técnico MARN y MOPTVDU (incluyendo a MAG) con apoyo de posibles financiadores como lo es PNUD y FAO	Coordina el MARN y el MOPTVDU con el apoyo del MAG.
Implementación de medidas para el establecimiento de la Infraestructura Verde.	Fondo Verde del Clima	Dependiendo del ámbito de ejecución pueden ser MARN, MAG y MOPTVDU, así como los Gobiernos Locales

**Actores clave:**

MARN, MAG, MOPTVDU, Gobiernos Locales, Asociaciones de Municipios y las OPLAGEST (Oficina de Planificación y Gestión Territorial) vigentes.

**Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

- La infraestructura Verde es para las zonas urbanas y rurales, no pueden verse de manera aislada.
- Su abordaje de análisis debe de partir del territorio de cuenca hidrográfica, ya sea urbana o rural.
- Debe de normarse e institucionalizar su concepto para asegurar su correcta implementación (p.ej., selección de especies, localización estratégica, mantenimiento bajo un marco de co-responsabilidad).
- Debe de incluirse en la Planificación Territorial y urbana, así como en las Leyes vinculantes, como por ejemplo, la Ley de Ordenamiento Territorial, Ley de Urbanismo y Construcción, Ley de Medio Ambiente, etc.

## Posibles indicadores:

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
Homologación de criterios conceptuales y de implementación de infraestructura verde a nivel institucional (MARN, MAG, MOPTVDU)	Cambio en la frecuencia de inundaciones urbanas y periurbanas
# y tipo de incentivos (información, \$, marcos de co-responsabilidad) destinados a motivar la aplicación de infraestructura verde a nivel local y domiciliar	Cambio en las tasas de erosión del suelo
Número de estrategias o planes de desarrollo urbanístico y rural que incorporan infraestructura verde	Cambio en la huella de carbono local
	Cambio en el acceso de poblaciones socialmente vulnerables a áreas verdes en el AMSS
	Cambio en el conocimiento popular en áreas urbanas y rurales de los beneficios de la infraestructura verde

## 6.4. Edificación Sostenible

Luego de un periodo de crecimiento rápido y desordenado el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) carece de suelo urbanizable y cuenta con un déficit habitacional cuantitativo y cualitativo marcado. La expansión del área urbana, sin criterios de sostenibilidad ambiental, ha elevado la vulnerabilidad de municipios con altos niveles de suelo impermeabilizado y hacinamiento en algunos sectores. El nivel de pobreza, tipo de asentamiento y el acceso a servicios básicos hace que la vulnerabilidad de la población del AMSS se distribuya desigualmente a lo largo del territorio. Con los efectos identificados de aumento de temperatura, incremento de olas de calor, la reducción de disponibilidad hídrica y la intensificación de lluvias extremas, la promoción de edificaciones sostenibles ofrece mecanismos de adaptación, y, en su conjunto promueve el desarrollo sostenible de la ciudades, iniciando el proceso con elementos, unidades, luego en comunidades, distritos, para que en su conjunto se logre resultados a nivel de ciudad.

A	E S	R
CS	A P	L
T	F EC	I

La edificación sostenible es una manera de la industria de la construcción de actuar hacia el logro del desarrollo sostenible, tomando en cuenta aspectos medio ambientales, socioeconómicos y culturales. Concretamente, implica temas como diseño y administración de edificaciones, construcción y rendimiento de materiales y uso de recursos; todas, dentro de la órbita más amplia del desarrollo y la gestión urbana.

Un aspecto de la edificación sostenible es la arquitectura bioclimática. Esta práctica consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas, aprovechando los recursos disponibles (sol, vegetación, lluvia, vientos) para disminuir los impactos ambientales e intentando reducir los consumos de energía.

### Objetivo general de la acción:

Mejorar la calidad de vida de las comunidades con el uso eficiente de medidas y lineamientos en diseño y construcción que respondan a la variabilidad climática.

Generar una nueva visión de infraestructura resiliente a cambio climático, que sean diseñadas para que emitan pocas emisiones de carbono incluida su operación y mantenimiento, respondan a los impactos del cambio climático a lo largo del tiempo y brinden una serie de co-beneficios social-ambiental-económicos.

Mejorar las edificaciones públicas donde las comunidades reciben mayores servicios. Facilitando que el sector público se alinee para avanzar hacia la construcción de infraestructura baja en carbono resistente al clima, con prácticas de infraestructura sostenible.

Mostrar que con la construcción de viviendas e infraestructuras públicas es una oportunidad para crear comunidades y entornos productivos y autosostenibles.

#### **Descripción general de la acción:**

Lo que se busca es fomentar la aplicación voluntaria de guías y lineamientos para edificaciones sostenibles, aprender de proyectos piloto en diferentes ámbitos, para luego incorporar gradualmente componentes obligatorios. El proceso de implementación de esta acción se plantea con varios procesos y acciones paralelas de capacitación.

- La elaboración y difusión de una guía de lineamientos bioclimáticos para nuevas construcciones de manera general, esto permite apertura a inversiones privadas para su integración, además realizar un proceso de capacitación sobre las medidas y estrategias bioclimáticas, como priorizar o seleccionar su uso de acuerdo al objetivo planteado con el sector privado, gremiales y con sector público. Actualmente se encuentra en proceso de realización la Guía de edificación sostenible y en altura, desarrollado con por COAMSS con el Green Building Council de El Salvador, en base a normas de México, Brasil y Colombia.
- La realización de pruebas pilotos o un plan piloto con la selección de edificación o sector, evaluando procesos utilizados, estrategias escogidas, costos relacionados, tiempo de ejecución, resultados esperados, resultados encontrados, análisis de antes y después. Los pasos a seguir incluyen los siguientes:
  - La fase de selección de una comunidad, evaluando tipos de amenaza, clasificación de riesgo, número de familias, temas de igualdad de género e inclusión.
  - Un estudio de alternativas de ubicación de proyecto y análisis de orientación, microclima, entorno urbano, seguido de un análisis de actividades sociales, económicas y culturales de la población. El involucramiento de la misma comunidad desde el proceso de diseño es importante, abordando problemas urgentes identificados por la población, empoderando y capacitando a residentes
  - Identificación de estrategias bioclimáticas como aprovechamiento de iluminación natural, mecanicismo de protección solar, uso de materiales con baja conductividad térmica, aplicación de aislantes térmicos, uso de colores. Sistema de aprovechamiento aguas lluvias.
  - Evaluación de las estrategias, costo, beneficio, periodo de retorno considerando el beneficio a corto, mediano y largo plazo, incluyendo aspectos de infraestructura, servicios básicos, equipamientos y espacios públicos, participación y planeación comunitaria, creación de oportunidades de empleo, protección del medio ambiente, y aspectos de tenencia y microfinanzas, entre otros.
  - Estudio de Factibilidad de estrategias propuestas y selección de estrategias
  - Fase constructiva, evaluándose el incremento en tiempo de construcción y costo material %, participación de la comunidad con mano de obra.
  - Fase operativa/vida útil, contando con el involucramiento de la comunidad en el mantenimiento del proyecto, vivienda y áreas públicas, en la tomar datos sobre costos de servicios como agua y energía eléctrica, entrevistas y encuestas de bienestar, mejoras en la calidad de vida comparativa antes/después. Toma de datos de temperaturas interna y externa.
  - Evaluación con Índice de buen vivir, diagnostico de las experiencias y retroalimentación a las guías de lineamiento.

- La realización de guías sectoriales de diseño sostenible con criterios bioclimáticos que se desarrollen de manera inclusiva, iniciando con pruebas pilotos en sector público y privado, un modelo podría ser con el sector de salud, vivienda, o educación, con enfoque al tipo de uso/actividad, cantidad de personas beneficiadas, edades y género. Por ejemplo está comprobado que los centros escolares con buen uso de estrategias bioclimáticas, proporcionan al estudiante un sentimiento de bienestar y confort que permite una mejor experiencia de aprendizaje, así también se recomienda estas guías sectoriales a salud para las unidades de salud, hospitales y centros de asistencia. En el caso de viviendas de interés social o realización de proyectos para mejoras en comunidades en vías de desarrollo, las guías y planteamientos de solución deben ir de la mano a la socialización del tema a la población, pues ellos se volverán impulsores y serán actores participativos de ciertas medidas para su correcta ejecución.
- Lineamientos de Diseño con consideraciones climáticas a los Proyectos de Interés Social Nacional, para el desarrollo de programas de vivienda social sostenible, especialmente en AMSS en donde existe un importante déficit habitacional.
- Creación de Normativa que permita la integración de Consideraciones Climáticas en el diseño constructivo.

Además de manera paralela se debe realizar:

- Un sistema de alerta temprana por Olas de Calor
- Identificar zonas o mapas con más vulnerabilidad y las comunidades más afectadas, y plan de gestión de riesgo.
- Capacitaciones a técnicos de gobierno central, local y municipal sobre el tema de cambio climático, los efectos, qué son medidas adaptativas, qué es vulnerabilidad, cómo se reduce y sobre los lineamientos de edificación sostenible, su importancia, cómo nos beneficia, qué es confort térmico. Y así también ellos capaciten a la población.

#### **Ámbito de acción:**

Según los resultados del presente estudio de vulnerabilidad climática se identifican como municipios más sensibles al aumento de las temperaturas a San Salvador, Soyapango y Cuscatancingo, así también estos municipios se encuentran con vulnerabilidad muy alta frente al aumento de precipitación máxima, agregando los factores socioeconómicos, se propone que como modelo piloto se puede enfocar a la realización de un proyecto comunitario de viviendas tipo “barrio” con enfoque bioclimático.

#### **Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:**

La edificación sostenible o construcción bioclimática no tiene un respaldo legal. Es más difícil que estas puedan difundirse y aplicarse en ámbitos fuera del privado, mientras no exista una legislación que contextualice las construcciones al medio en el que se emplazan con un enfoque integral (social, económico, político, ambiental y cultural), así como la ampliación de sus ámbitos territoriales de actuación, que sobrepase las ordenanzas municipales. Sin embargo existen varios marcos legales contextualmente relevantes para impulsar estas acciones:

- El artículo 117 de la Constitución de la Republica referente al Medio Ambiente.
- Los Art. 203 y 206 de la Constitución de la Republica referente a Planes de Desarrollo Local.
- La Ley del Medio Ambiente en sus Art. 50 sobre la prevención y control de la contaminación del suelo.
- La Ley de Creación el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local de El Salvador en su artículo 3.

- La Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños. Art. 6 y 8.

### **Resultados esperados:**

Los resultados esperados de las edificaciones sostenibles es que al adaptarnos a las variaciones climáticas, se minimizan los riesgos, se mejora la calidad de vida, al poder sustentar que los resultados son costo efectivas, se pueden fácilmente promover para la reproducción con un alcance nacional.

### **Costo de implementación estimado y tiempo de ejecución:**

El costo de implementación inicia es relativamente baja, el valor inicial dependerá de la escala del proyecto piloto, si se enfoca en una infraestructura pública de interés e importancia (ejemplo: escuelas). Aunque la implementación tendrá intensidad de recursos humanos alta, así como el nivel de esfuerzo, es necesaria la coordinación entre varias instituciones de gobierno.

Es importante indicar la relación costo – benéfico de implementar la medida: en la fase conceptual de diseño, no hay incremento de costo, se hay mayor tiempo de diseño pues se estudia el microclima y la relación edificio-ambiente-uso, en la construcción implica minimizar los efectos del cambio climático sobre la infraestructura y en las comunidades de manera factible, dependerá de la estrategia así habrá un aumento en el costo o el tipo de material. Diferentes estudios estiman que el costo incremental para hacer inversiones en infraestructura resiliente al clima oscila entre el 5% y 20% de la inversión (Eichhorst, 2010). Se debe considerar que aun cuando se requiere invertir un monto adicional para incluir la componente de adaptación en los proyectos de infraestructura, sus beneficios son mayores que sus costos, como se evidencia en varios estudios (Stern 2007; ADB, 2005). Esto se debe a que hay daños evitados, es decir, costos que habrían ocurrido en ausencia de cualquier medida de adaptación (Eichhorst, 2010).

El horizonte temporal de implementación es corto de 2 a 5 años, con retroalimentación para mejoras.

### **Potencial fuente de financiamiento:**

- Promotor de financiamiento: BID, PNUD, BCIE
- Para proyectos pilotos: UNOPS

Para la realización de un proyecto piloto a nivel sector público se podría apoyar en UNOPS con los proyectos de infraestructura, adquisiciones y capital local. Información de este tipo de proyectos se encuentran bajo la campaña global de UNOPS sobre vivienda y hábitat denominada “Construyendo Comunidades” (#BuildingCommunities) con el slogan “More than a roof” (Más que un techo).

### **Institución responsable / con mandato para implementar la acción:**

OPAMSS/COAMSS, MOP, VMDU

### **Actores clave:**

Sector público: OPAMSS /COAMSS, MOP, VMVDU, FISDL, Alcaldías, MARN, COMURES.

Sector privado: CASALCO, ASIA

Otras: FUNDASAL, Hábitat para la Humanidad, FAO, OPS/OMS.

### **Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

Se asume que su aplicación iniciará de forma voluntaria y para ello es importante sensibilizar sobre el tema, explicando porque esta medida puede en gran medida reducir riesgos y generar bienestar, tendrá que ser un esfuerzo conjunto entre sector público y privado.

## Posibles indicadores:

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
# y tipo de instrumentos voluntarios y obligatorios que fomenten la edificación sostenible	# de proyectos de inversión que incorporen componentes de edificación sostenible y monto invertido
# de evaluaciones de costo-beneficio social de la implementación de técnicas de edificación sostenible desarrolladas por COAMSS/OPAMSS y aliados estratégicos	# de proyectos de interés social que incorporen componentes de edificación sostenible
# de campañas de concientización sobre la edificación sostenible y sus ventajas	# de estrategias o planes de desarrollo urbanístico que incorporen componentes de edificación sostenible
	Conocimiento entre profesionales (ingenieros, arquitectos, planificadores urbanos, contadores) en sectores privado y público sobre las ventajas de la edificación sostenible

## 6.5. Evaluar el Efecto del Cambio Climático y Actualización de las Curvas IDF del AMSS

A	E S	R
CS	A P	L
T	F EC	I

El análisis de los efectos del cambio climático depende en gran medida de un registro confiable de datos hidrometeorológicos. La magnitud y frecuencia de los eventos hidrológicos se espera que aumenten para el AMSS bajo todos los escenarios predictivos debido al cambio climático. Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) representan medios esenciales para estudiar los efectos del funcionamiento de los sistemas de drenaje (Shrestha et al., 2017).

Sin embargo, debido al cambio climático, los cuartiles de extremos de precipitación representados por las curvas IDF serán sujeto de alteración en el tiempo (Fadhel et al., 2017). Ha sido predicho que para fines del siglo 21 habrá una reducción substancial en el período de retorno para una cantidad de precipitación máxima anual con ocurrencia frecuente de eventos de lluvia (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2012). Esta es una condición que se ha observado en El Salvador durante los últimos años.

Una de las principales limitantes que tiene el AMSS para evacuar las precipitaciones extremas es que la vida útil de las tuberías de drenaje se considera caducada y tiene más de 50 años, por consiguiente fue diseñada para transportar caudales mucho menores a los generados en la actualidad y aún menores a los que se generarán en el futuro. Aún en la actualidad, muchos de los sistemas de drenaje son diseñados con curvas IDF que contienen el análisis del registro con al menos con 15 años de retraso. Estos 15 años han comprendido al menos cuatro fenómenos de lluvia extrema (Rodríguez, 2013), volviéndose más recurrentes que en los años anteriores. Se espera que esta condición se exacerbe con el clima futuro.

Actualmente las IDF de las estaciones meteorológicas del AMSS se encuentran desactualizadas, la información de las intensidades máximas de lluvia para diferentes duraciones registran hasta los años 80 y no han sido actualizadas, con excepción de la estación Ilopango, Santa Tecla y Boquerón que tienen información hasta el año 2007 (SNET, 2010). Es a partir de esta información oficial que se elaboran los diseños de infraestructura hidráulica, dejando serias dudas sobre la capacidad de las mismas para resistir fenómenos extremos que no fueron considerados en la información básica.

Esta deuda técnica de las curvas IDF actualizadas, genera mayor incertidumbre en los datos que se manejan en la evaluación de precipitaciones extremas, y aunque existen métodos para elaborar IDF proyectadas (Shrestha et al., 2017; Fadhel et al., 2017) considerando los efectos del cambio climático, que proporcionen información confiable para evaluar sus efectos debido a precipitaciones extremas, estos aún no son utilizados en El Salvador.

#### **Objetivo general de la acción:**

Elaborar las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) actuales y con clima futuro que sirvan de base para la evaluación de los efectos del cambio climático en el AMSS y puedan ser utilizadas por los diseñadores de sistemas de drenaje urbano.

#### **Descripción general de la acción:**

La relación Intensidad-Duración-Frecuencia es una relación matemática entre la intensidad de la lluvia  $i$ , la duración de la tormenta  $d$ , y el período de retorno  $T$  (Koutsoyiannis et al., 1998). Es por lo tanto una forma de representar la información de la lluvia mediante un conjunto de datos para el diseño de estructuras de manejo de la escorrentía pluvial (Shrestha et al., 2017; Rodríguez et al., 2014).

La actualización de las curvas IDF partiendo de datos actualizados y la proyección de las mismas considerando los efectos del cambio climático conlleva dos etapas principales:

- El ordenamiento, procesamiento y análisis probabilístico de los registros recientes de intensidades máximas de lluvia para distintas duraciones. Dando como resultado las IDF históricas actualizadas.
- La derivación confiable de curvas IDF que considere las proyecciones del clima y la incertidumbre asociada (Graham et al., 2012; Rodríguez et al., 2014; Fadhel et al., 2017). Ello requiere datos de lluvia diaria para modelos climáticos globales (GCM) bajo distintos escenarios y someterlos a una reducción de escala para transformarlos en modelos climáticos regionales (RCM) que puedan utilizarse para cada estación hidrométrica. La adopción de un período de referencia de 30 años, lo cual requiere una evaluación rigurosa de la información ya que para el caso el período comúnmente adoptado (1961-1990) no precisamente refleja las predicciones de lluvia más extremas (Figura 63). Este es un elemento de mucha importancia para el diseño confiable de drenajes.

#### **Ámbito de acción:**

La implementación de esta medida es a nivel regional del AMSS, sin embargo el análisis de proyección de las IDF es para las estaciones meteorológicas seleccionadas y de mayor importancia para el diseño de drenajes en el AMSS.

#### **Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:**

El uso de las curvas IDF está soportado por métodos internacionales de diseño de drenaje pluvial, la información oficial es generada por el MARN, a través del Observatorio Ambiental, quién tiene el mandato de proveer la información del monitoreo hidrológico. En general, el diseño de infraestructura hidráulica pluvial requiere del análisis de información de las IDF. Instituciones como el FISDL, OPAMSS, MARN, MOP-VMTVDU, empresa privada, entre otros, requieren dentro de los estudios técnicos que contienen diseño de drenajes, el uso de las curvas IDF.

Recientemente la DACGER (MOP) ha retomado información de IDF existentes y complementado la información con datos de tormentas extremas para generar curvas IDF que permitan analizar los efectos de tales tormentas (Rodríguez, 2013). Ante la carencia de IDF actualizadas y con proyecciones

climáticas, muchas veces se recurre al diseño de infraestructura partiendo de datos de eventos extremos específicos.

**Resultados esperados:**

- Curvas IDF actualizadas y disponibles para todos, que puedan tomarse como estándar para diseños sin consideraciones climáticas.
- Curvas IDF proyectadas considerando los efectos del cambio climático, que sirvan de base para el diseño de infraestructura de drenaje con consideraciones climáticas.
- Información confiable y accesible, provista por el ente rector

**Costo de implementación estimado:**

El costo de implementación puede variar de bajo a medio, dependerá principalmente de la figura que se adopte para realizarla. Así, es posible realizar la actualización de las IDF con los registros históricos actualizados, con el apoyo de proyectos de tesis de grado en convenio de cooperación con Universidades, bajo la supervisión de técnicos del MARN y MOP-DACGER. Mientras que las IDF proyectadas podrían elaborarse ser elaboradas mediante tesis de posgrado, similarmente mediante tesis de posgrado en convenio con Universidades, ello conlleva la supervisión de asesores más especializados, siempre con el apoyo del MARN y MOP-DACGER. Esta figura tendría un costo bajo (inferior a \$ 50,000), sin embargo tiene la limitante del plazo para su ejecución puede ser de 2 a 5 años. Si se contrata una consultoría para realizar el trabajo, los costos de implementación podrían ser medios (\$ 50,000 - \$ 100,000) y el plazo se volvería inmediato (< 2 años).

**Potencial fuente de financiamiento:**

La realización de la acción mediante convenio con universidades, podría tener como fuente potencial de financiamiento, los fondos propios del presupuesto de ambas instituciones para la investigación. Es posible plantear un proyecto de investigación y buscar soporte con instituciones que financien estudios de cambio climático. La consultoría requeriría de más fondos, por lo tanto deben evaluarse opciones de financiamiento para la reducción de la vulnerabilidad climática.

**Institución responsable / con mandato para implementar la acción:**

El MARN sería el coordinador de la acción ya que tiene el mandato del monitoreo hidrológico.

**Actores clave:**

MARN, MOP-DACGER, Universidades, OPAMSS.

**Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

- La actualización de IDF actuales y con clima futuro es incorporado dentro del Plan Operativo Anual del MARN para un período próximo (como 2018-2019)
- MOP-DACGER, OPAMSS y DACGER apoyan y brindan asesoría técnica-científica para ejecutar la acción.

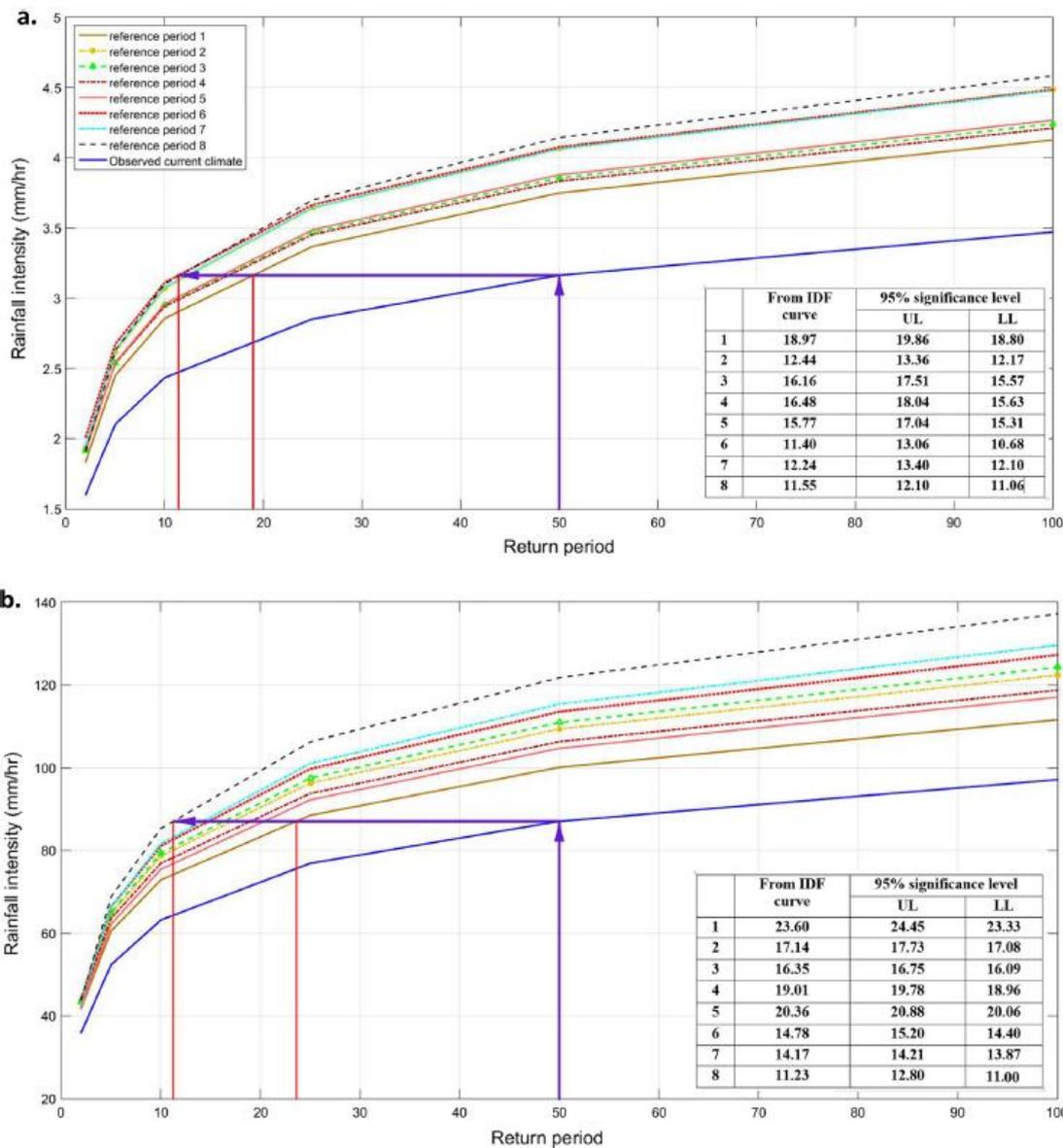


Figura 63: Intensidad de lluvia para clima actual y futuro y distintos períodos de retorno (a) 24 horas de duración, (b) 15 minutos de duración. Fuente: Fadhel et al. (2017)

**Posibles indicadores:**

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
Curvas IDF actualizadas que puedan tomarse como estándar para diseños en el AMSS, sin consideraciones climáticas	# de proyectos diseñados en base a curvas IDF actualizadas
Curvas IDF proyectadas considerando los efectos del cambio climático, que sirvan de base para diseños con consideraciones climáticas en el AMSS	# de proyectos diseñados en base a curvas IDF que consideren los efectos del cambio climático
# y tipo de mecanismos para divulgar las curvas IDF actualizadas y proyectadas	Cambio en la frecuencia e intensidad de inundaciones urbanas y periurbanas

## 6.6. Monitoreo y Reporte Sobre Niveles de Acuífero y Disponibilidad de Agua

El agua es un recurso indispensable para la vida del planeta. Diversas actividades humanas demandan grandes cantidades de agua en todos los ambientes. En El Salvador, el agua subterránea es determinante para garantizar la mayor parte del abastecimiento de agua de consumo a poblaciones, es además un recurso fuertemente aprovechado para las actividades agrícolas, industriales, recreativas y de generación energética.

A	E S	R
CS	A P	L
T	F EC	I

Durante las últimas décadas, el acceso a la tecnología ha aumentado y se ha fortalecido capacidades en temas relativos al aprovechamiento y gestión del agua subterránea en El Salvador. El número de pozos ha aumentado y con las nuevas perforaciones también han aumentados las profundidades de explotación de los acuíferos, de forma tal que se están aprovechando aguas más profundas.

El MARN (2016) en el PNGIRH enfatiza que el número de estudios disponibles para caracterizar las masas de agua subterránea es deficiente, especialmente menciona la información relativa a la estructura geológica, balance hídrico e información de redes de control de calidad y cantidad del agua subterránea. Principalmente en zonas con mayores niveles de aprovechamiento del acuífero se requiere información de la respuesta de los acuíferos a las actividades humanas y procesos del ciclo hidrológico, así como de sus tendencias de calidad y cantidad. **El monitoreo brinda información para controlar los impactos de las extracciones y la carga contaminante, permite establecer condiciones de partida y darle seguimiento en el tiempo, en un clima cambiante.**

De acuerdo al MARN (2016), en la actualidad se cuenta con información sistematizada en 12 puntos de control piezométrico de la red automática del MARN, localizados en 6 municipios del AMSS y del valle de Zapotitán (Figura 64). Monitoreo adicional de forma esporádica es realizado en 142 puntos de control de pozos excavados en 65 municipios de El Salvador (Figura 1). Se tiene conocimiento que al menos 5 pozos de monitoreo adicionales en el AMSS y valle de Zapotitán han sido perforados y equipados por algunas industrias, a requerimiento de la ANDA y/o el MARN como uno de los requisitos para la emisión de la Constancia de No Afectación (ANDA) y del permiso de aprovechamiento de agua (MARN dentro del Permiso Ambiental).

Aunque ya se cuenta con una pequeña red de monitoreo automático, la información, tendencias y análisis de resultados aún no se encuentran disponibles a la población, ni se consideran base para la toma de decisiones. Esta condición, hasta cierto punto limita las acciones de prevención de la sobreexplotación y la planificación de las inversiones que conllevan aprovechamiento de agua en acuíferos que se consideran fuertemente presionados como San Salvador, Santa Ana y San Miguel.

Similar carencia de información se presenta con la disponibilidad de agua subterránea, la cual ha sido establecida por el MARN (2016) a nivel de Zona Prioritaria, sin embargo, queda pendiente la elaboración de estudios específicos que identifiquen las zonas de mayor explotación y con limitaciones para aumentar la extracción y las zonas con potencial para ser aprovechadas, así como los usos preferenciales por zona. Lo anterior en camino a la sustentabilidad de los recursos hídricos del país.

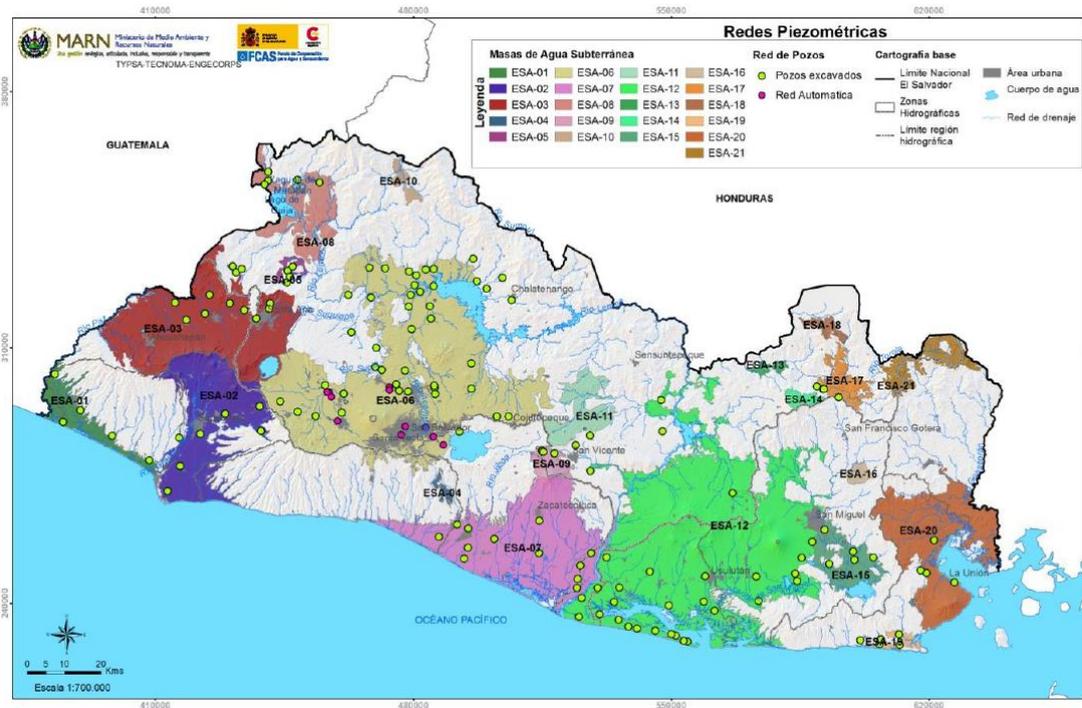


Figura 64: Red de monitoreo de agua subterránea de El Salvador. Fuente: MARN (2016).

### Objetivo general de la acción:

Mejorar la red de monitoreo de agua subterránea del país para obtener información que permita evaluar el estado actual y el comportamiento histórico y proyectado de los acuíferos, especialmente frente a los efectos del cambio climático; como parte de las acciones para el desarrollo sostenible de los recursos hídricos de El Salvador.

### Descripción general de la acción:

El monitoreo de las aguas subterráneas consiste en la recolección de datos temporales que se registran las variaciones de los acuíferos en cantidad y calidad. La información del monitoreo conjuntamente con información de la ocurrencia del agua subterránea, propiedades hidráulicas del acuífero; usos del agua subterránea e información meteorológica y geológica, conformarán información básica inicial para establecer modelos conceptuales a partir de los cuales se podrán tomar decisiones más acertadas sobre el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico subterráneo. En base a lo anterior se planteas distintas etapas para el desarrollo de la acción:

- a) Revisión y diagnóstico y mejoras de la red piezométrica existente: Aunque se cuenta con una red piezométrica, varios de los pozos consisten en pozos antiguos de producción que se dejaron sin uso principalmente por su bajo rendimiento de caudal. En muchas ocasiones se desconoce los detalles constructivos e hidrogeológicos del pozo (profundidad, estratos geológicos aprovechables, ubicación de la rejilla, conductividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento, entre otros). Por lo tanto es probable que las mediciones de nivel que se realicen no estén reflejando el comportamiento del acuífero aprovechado por los pozos de producción distribuidos en el AMSS, por ejemplo.

El diagnóstico de la red brindará información para proponer las mejoras necesarias en la red de monitoreo. En muchas ocasiones se considera que es mejor un número bajo de pozos con información confiable, que muchos pozos con información menos fiable. Posteriormente, es muy probable que el diagnóstico indique la construcción de nuevos pozos de monitoreo los cuales

deben diseñarse en base al objetivo de monitoreo que se persiga, y localizarse en estratégicamente atendiendo el objetivo que puede ser monitoreo de la calidad y/o cantidad (Figura 65).

La implementación de pequeñas redes de monitoreo en los acuíferos de Santa Ana y San Miguel, y zonas costeras prioritarias también se hacen necesarios.

- b) Actualización de inventarios de fuentes de agua (pozos y manantiales): esta es una actividad que se ha venido realizando de manera informal en el transcurso del tiempo. El PNGIRH actualizó algunos datos MARN (2016), sin embargo hay mucho trabajo por hacer al respecto. La falta de información de los puntos de extracción, registros de producción, variación de niveles de agua y usos deja claridad sobre la incertidumbre de la información que se genera referente a los aprovechamientos y disponibilidad del agua subterránea. Vale la pena mencionar que el monitoreo hidrológico se encuentra bastante fortalecido por lo que se cuenta con información de apoyo.

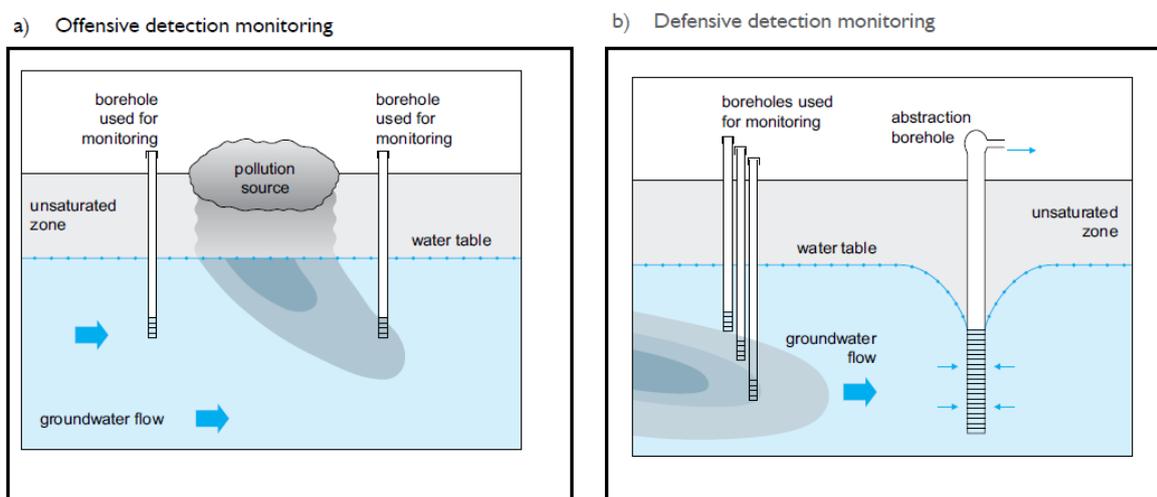


Figura 65: Figura 2 Red de monitoreo específicamente diseñada para las condiciones del sitio. Se monitorea cantidad y calidad. En a) el monitoreo es ofensivo y se ha colocado el pozo con el fin de detectar los impactos de la contaminación de un sitio potencialmente contaminante; en b) se ha colocado una batería de pozos de monitoreo para prevenir que llegue contaminación al pozo de extracción (se protege el pozo). Se nota también la diferencia entre los pozos de monitoreo y de extracción. Fuente: Cap-Net (2010).

- c) Colección y análisis de información de las redes de monitoreo: La información a obtener de los pozos debe responder a los objetivos del monitoreo: calidad y/o cantidad, ello dependerá de las condiciones específicas del sitio y las actividades que se desarrollen en el área de influencia del pozo. Los datos deben ser debidamente almacenados, interpretados y divulgados a las autoridades competentes y a la población (Cap-Net, 2010). La información debe ser útil para la implementación de medidas de gestión del agua subterránea tendientes hacia el manejo sostenible del recurso (Figura 66).

Algunos países como la Cuba, basan sus decisiones sobre los límites aprovechables de sus acuíferos en el monitoreo de niveles de su red piezométrica y los registros de precipitación, de esa forma pueden prever el tipo de condición de acceso al agua que tendrán en el siguiente período hidrológico: sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía agrícola, y regulan los consumos sobre la base de estas condiciones.

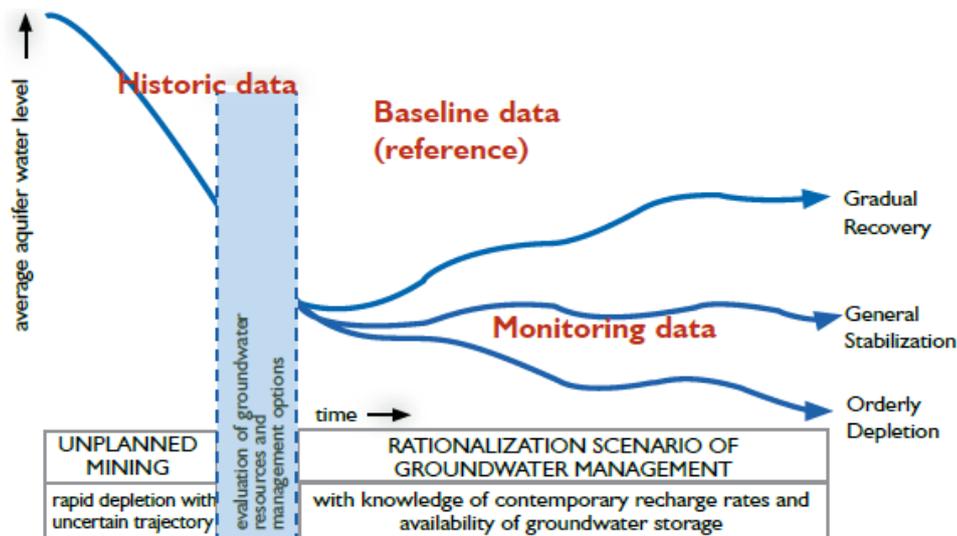


Figura 66: Implementación de monitoreo combinado con acciones de gestión (se ha reducido el bombeo) puede llevar a un desarrollo más estable del agua subterránea. Fuente: Cap-Net (2010).

### Ámbito de acción:

La implementación de esta medida debe realizarse a nivel nacional, iniciando por zonas prioritarias como el AMSS, acuíferos de Santa Ana y San Miguel. Dentro del acuífero se definirán los puntos técnicamente más convenientes para desarrollar la acción.

### Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:

La Ley del Medio Ambiente en su Art. 49 establece que el MARN será el responsable de supervisar la cantidad y calidad del agua, lo cual va en consonancia con el monitoreo. Mientras que el Reglamento General de la misma ley, establece los criterios para el uso del agua de las cuencas hidrográficas y los mantos acuíferos, que debe basarse en la calidad y la disponibilidad del recurso, así como en enfoques de uso sostenible.

Como se mencionó anteriormente, ya se cuenta con una red de monitoreo de agua subterránea funcionando.

### Resultados esperados:

- Niveles del agua subterránea divulgados
- Fortalecida la red de monitoreo de agua subterránea en áreas prioritarias
- Evaluados los resultados del monitoreo y elaborado el modelo conceptual de los acuíferos

### Costo de implementación estimado:

Los costos de implementación para el fortalecimiento de la red de monitoreo son altos (+\$100,000) ya que se requieren estudios técnicos especializados y sobre todo la perforación de pozos que podrían ser de grandes profundidades.

### Potencial fuente de financiamiento:

- Fondos de implementación del PNGIRH
- Fondos de compensación ambiental por aprovechamiento de agua FONAES , FIAES
- Apoyo internacional

**Institución responsable / con mandato para implementar la acción:**

MARN

**Actores clave:**

MARN, ANDA, Industrias, Universidades

**Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

- Se elabora diagnóstico de la red de monitoreo de agua subterránea
- Se gestionan fondos para el fortalecimiento de la red y el personal técnico

**Posibles indicadores:**

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
# de Recurso Humano Institucional capacitado o formado en el monitoreo y reporte sobre el estado y tendencias de aguas subterráneas	Cambio en la cobertura de la red de monitoreo de agua subterránea en áreas prioritarias
% de avance en elaboración de diagnóstico de la red piezométrica existente	Cambio en el acceso a información confiable sobre el estado y tendencias de aguas subterráneas para la toma de decisiones sobre el desarrollo de recursos hídricos
% de avance en la actualización de inventarios de fuentes de agua (pozos y manantiales)	
% de avance en la colección y análisis de información de las redes de monitoreo, según objetivos de monitoreo claros	
Elaboración de un modelo conceptual de los acuíferos, a partir de la evaluación de los resultados de monitoreo	
# y alcance de mecanismos de divulgación de niveles de agua subterránea	

**6.7. Fortalecimiento de Unidades Ambientales Municipales**

A	E S	R
CS	A P	L
T	F EC	I

La capacidad de los gobiernos locales como generadores del desarrollo local se encuentra condicionada no solo por su capacidad de gestión pública, sino también por las sintonías que se puedan desarrollar con otras instancias del gobierno central, como con los actores de la sociedad civil. Sin una comprensión de estos aspectos político-institucionales que fortalecen o debilitan la implementación territorial de las políticas públicas, difícilmente se podrán mejorar las condiciones institucionales para la gestión local; se destaca que dentro de la municipalidad, la unidades ambientales son las llamada a tomar un papel protagónico en la canalización de las demandas ambientales y sociales que se interconectan en las comunidades además son las que buscan la generación soluciones para la promoción de desarrollo ambiental, social y económica integral, por lo que al tener mayor capacidad técnica podrán dar un mejor seguimiento, estos actores son claves pues podrán identificar los potenciales efectos de la variabilidad climática, proponer soluciones e identificar zonas críticas.

Los técnicos de las unidades son los que mayor conocimiento tienen de las particularidades del lugar; los antecedentes de fenómenos naturales que se hayan dado antes; las alteraciones derivadas por

acciones humanas que podamos reconocer, por ejemplo: actividades de edificaciones, de talado de bosques, etc.; y por lo que el fortalecimiento de las Unidades Ambientales aportaría a incrementar los niveles de organización de la comunidad, su eficacia y su capacidad de adaptación al cambio climático.

**Objetivo general de la acción:**

Desarrollar y fortalecer integralmente a las municipalidades del país, pues se percibe la necesidad de fortalecer a las Unidades Ambientales de cada municipio, ya que estas dentro de sus funciones tienen: asesorar la elaboración de normativas, instrumentos y procedimientos de contenido ambiental, incluyendo temas estrechamente vinculados con la adaptación como es la gestión de riesgos de desastre y la gestión ambiental desde un enfoque de servicios ecosistémicos.

Contribuir a la protección de la calidad del ambiente y la adecuada gestión de los recursos naturales en la jurisdicción municipal, con herramientas y procedimientos que garanticen la sostenibilidad y participación de la comunidad. Así pues, que contribuya tanto a crear como a fortalecer los mecanismos institucionales que hacen posible la gestión municipal en el ámbito territorial.

**Descripción general de la acción:**

La capacitación debe brindarse a las Unidades de Gestión Ambiental Municipal distribuidas en toda la geografía nacional, con la participación de sus gobiernos locales, el gobierno central y organismos de cooperación internacional, permitiendo una excelente iniciativa para impulsar y consolidar la Gestión Ambiental Municipal a nivel nacional. Con el fin de fortalecer la capacidad técnica y el alcance en el territorio se busca hacer mayor uso de herramientas como la red de observadores locales (ROLAS), proveer a los gobiernos locales una mayor capacidad de seguimiento de medidas y de favorecer el cumplimiento de normativas y legislación nacional vigente, especialmente en lo que es la restricción de cambios de usos de suelo.

**Ámbito de acción:**

El ámbito de acciones es a nivel nacional y tiene consonancia con el SINAMA (Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente), el mismo que busca el fortalecimiento de las unidades ambientales con el factor de capacitación continua, pues son el enlace entre la normativa y regulación nacional y las políticas locales del municipio. La relación entre los gobiernos locales y el gobierno Central es fundamental para establecer procesos de gobernabilidad articulada y sostenible.

**Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:**

El art. 6 y 7 de la Ley de Medio Ambiente y los art. 4,30 y 31 del código municipal. La reactivación coordinada del SINAMA.

**Resultados esperados:**

Fortalecimiento de las instituciones en la gestión del recurso natural, considerando los riesgos climáticos, y que con el acompañamiento, guía y supervisión del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se asegure una gestión ambiental y adaptación planificada coherente con la política nacional del gobierno.

**Costo de implementación estimado:**

El costo de la realización de un programa de fortalecimiento de unidades ambientales, las guías y herramientas de capacitación. Dotar de un conjunto de instrumentos de gestión que faciliten los procesos y las actividades de forma que cumplan con sus función con eficiencia podría ser medio de US\$50,000 a \$100,000.

**Tiempo de ejecución:**

Para el primer programa de capacitación se plantea un tiempo de 2 a 5 años, por el proceso inicial de formulación de guías, herramientas y mecanismos de capacitación, así como la coordinación interinstitucionales. Además de identificar actores y responsabilidades, establecer mecanismo de seguimiento, indicadores y resultados.

Luego de la socialización de resultados, es factible proceder al Marco del Plan de Gestión Ambiental municipal, la matriz y marco lógico así como con el Plan Operativo, cuya actualización debe ser cada cierto periodo luego de programas de inspección de resultados y participación pública. El tiempo de ejecución podría ser de 2 a 5 años

**Potencial fuente de financiamiento:**

BID, PNUD, USAID. Una idea que surgió durante un grupo focal fue que el gobierno asigne 1% de presupuesto general de la nación a las Unidades Ambientales municipales.

**Institución responsable / con mandato para implementar la acción:**

MAG y MARN

**Actores clave:**

COMURES, ISDEM, REDNET, Alcaldías, MAG, MARN.

**Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

Como toda guía, el alcance inicial de este instrumento dependerá del usuario. Por ejemplo en un municipio será de mayor utilidad que en otro, sobre todo si se disponen de los recursos necesarios para su aplicación. No obstante, incluso en aquellos municipios que no dispongan de las Unidades Ambientales, podrá ser de utilidad si desean emprender la gestión ambiental de manera asociada con otros municipios o distritos vecinos. Una vez establecido el Plan de Gestión Ambiental y su plan Operativo su implementación será de más fácil manejo.

**Posibles indicadores:**

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
# de Recurso Humano capacitado o formado en temas técnicos y gerenciales	# de medidas de adaptación o gestión de riesgo climático lideradas por alcaldías
# y tipo de guías, herramientas y planes de gestión ambiental con consideraciones climáticas	Cambio en el cumplimiento de normativas y legislación ambiental y de manejo de recursos naturales a nivel local
# y alcance de mecanismos nuevos o fortalecidos con el fin de promover el intercambio de conocimientos y experiencias entre unidades ambientales locales	Cambio en los presupuestos asignados a unidades ambientales locales

## 6.8. Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia (SCALL)

A	E	R
	S	
CS	A	L
	P	
T	F	I
	EC	

En el Corredor Seco son los pequeños agricultores, quienes viven la problemática de la sequía que ha venido afectando el país desde hace varios años. Se sabe que con los efectos del cambio climático a nivel mundial y la tendencia a futuro es una situación que aumentará en cuanto a duración y temperaturas más altas y también reduciendo el promedio de lluvia anual, aunque esto no excluye que ocurran eventos extremos, como fuertes precipitaciones con riesgos de inundaciones y desbordes de ríos. Lo que está claro es que la sequía es un fenómeno que está presente y aumentará su intensidad. A esto se le debe sumar el deterioro de las tierras por mal manejo agrícola y erosión, la destrucción del bosque nativo, la pérdida de la biodiversidad, todo lo cual ha provocado, entre otras causas, un avance de la desertificación. Uno de los impactos más graves y palpables de la sequía y la desertificación es la escasez de agua.

Se prevé que la sequía y los procesos de degradación ambiental afectarán la viabilidad de los ecosistemas y exacerbará la ocurrencia de eventos extremos como los incendios, lo cual vendría a incrementar aún más la vulnerabilidad del país. El fenómeno de la sequía en el Corredor Seco podría tener repercusiones particularmente severas y se manifiestan en picos de desnutrición aguda en la población que ya sufre desnutrición crónica.

En el país, contar con agua para los cultivos y la preparación de alimentos es crucial para la subsistencia, el agua forma parte de las responsabilidades tradicionales de las mujeres, por ser ellas a quienes se les atribuye el cargo de la administración y satisfacción de las necesidades primarias del núcleo familiar y, por lo tanto, quienes más sufren el impacto por su escasez (Alianza por el Agua, 2010), por lo que la medida propone un enfoque inclusivo con sensibilización de género.

### Objetivo general de la acción:

Presentar herramientas a los entes gubernamentales que trabajan en zonas con deficiencia hídrica que los ayuden a analizar y planificar soluciones para mejorar la convivencia de los pobladores con su territorio, reduciendo la escasez de agua y, de esta manera, mejorar la calidad de vida de las comunidades atendidas. Por esta razón, si bien los temas se deben abordar técnicamente, es importante utilizar un lenguaje sencillo y directo.

Este instrumento para los pequeños agricultores, que están en condiciones donde el agua es un factor limitante para la producción animal y vegetal, como también para el procesamiento y preparación de alimentos. Tendrá como fin brindar orientaciones sobre los conceptos, estrategias y métodos acerca de cómo se puede captar y aprovechar del agua en el medio rural, reduciendo así la vulnerabilidad de las comunidades y promoviendo la sostenibilidad. La promoción de técnicas para la recolección o “cosecha” de agua, se fundamenta en dos tipos de fuentes: la zona donde se genera o la fuente del recurso hídrico (zona de recarga) y una zona que es la que capta o almacena la escorrentía y permite su acopio o uso directo, por medio de depósitos (cisternas, estanques, presas, represas, etc.).

### Descripción general de la acción:

Existen diferentes tipos sistemas de cosecha de aguas lluvias:

#### Captación en el suelo

- La captación de agua de lluvia en el suelo, con barreras físicas, que se ubican en curvas a nivel y en forma perpendicular a la dirección de la pendiente del terreno. Al ser ubicados en curvas de nivel en un terreno en pendiente, reducen la velocidad de escurrimiento superficial del agua, evitan con ello la erosión y facilitan la infiltración y acumulación del agua en el suelo.
- También se pueden realizar zanjas de infiltración, y consiste en un canal sin desnivel construido en una ladera con el objetivo de captar el agua de lluvia que escurre por la superficie del terreno,

lo que permite disminuir la erosión y aumentar la infiltración en el suelo. De esta manera, la humedad almacenada en el suelo favorece el desarrollo de las especies forestales establecidas en áreas fuertemente degradadas.

- El subsolado del terreno, realizado a 40-45 cm de profundidad, tiene como objetivo romper las capas compactadas de suelo. El subsolado permite reducir la erosión por existir menos escurrimiento superficial de las aguas lluvias y una mayor infiltración y acumulación en el terreno.

#### Mini tanques a nivel de suelo (excavación)

- El agua caída es conducida a través de surcos hasta un pequeño tranque construido en el predio. Incluso el agua de lluvia captada desde los techos de las casas se puede recoger con canaletas de plástico polietileno o de Zinc y conducirla a través de tuberías hasta los pequeños tanques. El agua acumulada es utilizada para riego de cultivos y praderas y para bebida animal.

#### Captación desde los techos

- Consiste el captar el agua de lluvia desde los techos de las casas, establos, bodegas u otras construcciones que existen en el predio y en conducirla hacia un estanque de acumulación. En territorios con déficit hídrico, esta tecnología ha adquirido gran importancia como alternativa para mitigar la escasez de agua.

Se busca crear directrices y o guías para la construcción de SCALL, ordenanzas municipales, capacitaciones técnicas a personal de gobierno local y municipal, y transferir conocimiento a los pequeños agricultores, las guías de obras de canalización, guías sobre estructuras de almacenamiento de agua, y tienen como objetivo la buena ejecución para lograr una cosecha de agua eficiente. Por ejemplo en sistemas de captación desde los techos, que cada milímetro de agua caída en un metro cuadrado de techo permite captar un litro de agua. Se calcula que hay un 20% de pérdida debido a la salpicadura de la lluvia al impactar el techo y a posibles pérdidas en las canaletas cuando el agua sobrepasa su capacidad de conducción. De esta manera, siguiendo con el ejemplo, un milímetro de agua caída en un metro cuadrado de techo permite captar 0,8 litro de agua. Considerando una pérdida de un 20%, es decir, una eficiencia de un 80%.

Se busca, además, crear capacidades a nivel municipal, con inclusión y sensibilidad de género, incluyendo la realización de talleres de fontanería, instalación y mantenimiento de un sistema de cosecha de aguas lluvias para mujeres. Se plantea crear un sistema económico que permita crear empresas comunitarias para dar servicios de instalación y mantenimiento, creando una oferta y demanda, que permita la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas.

#### **Ámbito de acción:**

El ámbito de acción debe ser a nivel nacional, aunque la capacidad adaptativa en general del Corredor Seco es muy baja, donde mayor impacto tendrían estas medidas es en los municipios y comunidades de pequeños agricultores ubicados en Jucuaran, departamento de Usulután, Intipuca, El Carmen, Conchagua, La Unión, Meanguera del Golfo, San Alejo, Yantique, San José del departamento de la Unión y Sensembrera del departamento de Morazán, estos muestran una mayor sensibilidad a los cambios de temperatura y precipitación y es donde también la superficie del municipio dedicada al cultivo de granos básicos es mayor.

#### **Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:**

Art. 117 de la Constitución de la República, es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente para garantizar el desarrollo sostenible y declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución de

los recursos naturales. El Anteproyecto de Ley General de Agua, que es un instrumento para ordenar y regular la gestión integral de los recursos hídricos del país.

Además, esta medida se enmarca dentro de las 65 acciones específicas con una fuerte orientación hacia la mejora de las capacidades para enfrentar el cambio climático y la gestión de riesgos agroclimáticos. Bajo el Plan Nacional de Cambio Climático y Gestión de Riesgos Agroclimáticos para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola.

#### **Resultados esperados:**

Dentro de los resultados esperado con la realización de los lineamiento o guía para aplicar algunos sistemas para cosechar y almacenar el agua de lluvia en el propio hogar, es proporcionar a la población con una solución factible, explicando lo necesario para su construcción y puesta en funcionamiento, con el fin de aprovechar el agua no solo para regar cultivos y así poder producir a lo largo de gran parte del año para el autoconsumo y para vender los excedente, logrando una reducción de la vulnerabilidad de la población en cuanto salud, alimento y calidad de vida.

Al iniciar el proceso conceptual, es importante tomar una muestra de la población donde se podría ejecutar la medida y poder valorar la Indicación de la relación costo – beneficio (\$) de implementación.

#### **Costo de implementación estimado:**

El costo de implementación de la medida desde la concepción de la guía, con la capacitación a los técnicos a nivel nacional, sub-nacional y local; la socialización y la capacitación a los pequeños agrícolas tiene una inversión media (\$50,000-\$100,000), el costo de implementar campañas de publicidad que fomenten en los agricultores la captación de agua a través de reservorios tendrá un costo medio por todo el proceso de concientización que se debe realizar.

En cuanto a la obra de construcción, el costo de un modelo de cosecha de aguas lluvias compuesto por un estanque de plástico polietileno de 5.400 litros, una base de concreto de 2,50 x 2,50 metros y un cobertizo de 3 x 3 metros, alrededor de US \$900 dólares. Estimación incluye materiales, no incluye mano de obra.

Para facilitar la realización de estas medidas también será importante contar con un mecanismo de financiamiento. Una propuesta es a través de alianza de múltiples actores, como autoridades locales, sector privado, organización regional o internacional y Universidades.

#### **Tiempo de ejecución:**

El proceso desde su fase de concepción hasta la realización de proyectos pilotos es factible en un tiempo corto, menor a 2 años.

#### **Potencial fuente de financiamiento:**

Con Programas de desarrollo Local, a través de la FAO, bajo el programa de Hambre Cero, PNUD, MAG, CENTA, BANDESAL, BFA.

#### **Institución responsable / con mandato para implementar la acción: MAG**

#### **Actores clave:**

MARN, PNUD, FAO, CATIE, Ministerio de Hacienda, MINSAL, Alcaldías, Agencias de Cooperación Internacional. CENDEPESCA, CENTA, ISTA, ENA

### **Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

Como nuevo lineamiento o guía, es una medida voluntaria y su implementación dependerá mucho de la cooperación y coordinación interinstitucional y de transmitir la importancia a la población para su correcta adaptación, el proceso de involucramiento de los pequeños agricultores debe ser desde la fase de realización de la guía, así se creara con un lenguaje de fácil uso y ejecución.

Destacar la importancia de mecanismo de financiamiento para esta acción, tanto con entes nacionales como internacionales y de los beneficios de la medida a nivel socio-económico y de salud.

A nivel nacional, se recomienda que dentro del código de construcción se exija que toda nueva construcción tenga sistema de almacenaje de agua y todo edificio debe tener cisterna.

Crear un programa de monitoreo de los municipios o localidades con su implementación, lecciones aprendidas y sistematización de prácticas utilizadas.

Construir sobre aprendizajes de programas previos y actuales, pro ejemplo, el programa Techo y Agua:

El Fondo Ambiental de El Salvador (FONAES), la Dirección Departamental de Chalatenango y el Ministerio de Educación (MINED), firmaron el Convenio Marco del Programa “Techo y Agua” fase 2017, la cual facilitará la dotación de sistema de captación de agua lluvia a 100 centros escolares de 33 municipios del departamento de Chalatenango. Este proyecto social nace debido a los efectos del cambio climático; en el país más de 5 mil 184 escuelas carecen de agua potable. De ahí que FONAES trabajará de la mano con las municipalidades para implementar tanques de captación de aguas lluvias en cada una de las escuelas del municipio de Chalatenango. El programa Techo y Agua surge como una respuesta ante la carencia del recurso hídrico que afronta el país. De hecho, la ejecución de este proyecta será de \$300 mil, beneficiando a 8 mil 309 estudiantes y 475 profesores del departamento de Chalatenango



**Figura 67: Programa Techo Y Agua (Fuente: Pagina Web FONAES)**

## Posibles indicadores:

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
# y tipo de guías y lineamientos para favorecer la aplicación de SCALL	# personas con acceso a agua
# de Recurso Humano capacitado o formado en el diseño, instalación y mantenimiento de SCALL	\$/m <sup>3</sup> de agua no bombeada
# y tipo de sistemas instalados en municipios vulnerables	Tiempo o cantidad de producción lograda durante el año
	Cambio en la incidencia de enfermedades transmitidos por agua o alimentos

## 6.9. Mejora de Áreas de Recarga Hídrica

En el régimen hidrológico, El Salvador se caracteriza por dos estaciones bien marcadas, una época seca y una lluviosa, las cuales tienen una duración aproximada de 6 meses cada una. Aunque el promedio de precipitación anual del país ronda los 1800 mm/año, existen regiones afectadas por sequía, una de ellas es el Corredor Seco, siendo la escasez de agua el factor más limitante para el establecimiento de las especies vegetales, como pasturas, arbustos forrajeros, granos básicos y recursos forestales diversos. A ello se suman las tierras degradadas por los altos niveles de deforestación y las prácticas inapropiadas de cultivos. Todos estos factores combinados afectan severamente a los cultivos, con las consiguientes pérdidas y ponen en riesgo la seguridad alimentaria de la población.

A	E	R
	S	
CS	A	L
	P	
T	F	I
	EC	

La búsqueda de alternativas para mejorar la disponibilidad de agua es diversa, algunos productores utilizan agua superficial de ríos y quebradas, mientras esta se encuentre disponible, en muchas ocasiones estos cuerpos de agua reducen considerablemente su caudal y hasta llegan a secarse, convirtiéndose en flujos estacionales. Según la FAO (2012), algunas obras de cosecha de agua ayudan a paliar la situación por algún tiempo, sin embargo, cuando los primeros períodos “Niño” son prolongados, se presenta la sequía y se espera la disminución de la recarga de agua, pudiéndose llegar al extremo de no poder proveer suficiente agua a la población de ciertas localidades, especialmente a la que depende del agua de los acuíferos de montaña.

El agua subterránea es más resiliente al cambio climático que el agua superficial (<http://bgs.ac.uk/GWresilience/>). Es por esa razón que las acciones encaminadas a aumentar su disponibilidad pueden ayudar a adaptarse mejor a la sequía. De ahí que la mejora de la recarga hídrica es de suma importancia para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Dicha mejora lleva consigo la reducción de la escorrentía y en consecuencia de la erosión del suelo. A lo largo de los años se han desarrollado métodos para mejorar la recarga de las aguas subterráneas, dependiendo de la disponibilidad de la fuente y la calidad del agua, las condiciones geológicas e hidrogeológicas, usos del agua recuperada, condiciones socioeconómicas, marcos de gobernanza e institucionales, conciencia pública y participación en el manejo de los recursos hídricos (<https://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua/hidrologia/agua-subterranea/estrategias-manejo-acuiferos>).

La recuperación y mejora de zonas de recarga hídrica puede aumentar el caudal base de los ríos, y en algunos casos, por períodos más prolongados. También puede aumentar y prolongar el caudal de los manantiales, ofreciendo agua accesible a los pobladores. En algunos casos la mejora se puede reflejar en el aumento de los niveles del agua subterránea, proporcionando acceso más prolongado al agua de pozos.

### Objetivo general de la acción:

Implementar técnicas de mejora de la recarga hídrica en el Corredor Seco oriental para aumentar la disponibilidad de agua en la región y reducir pérdidas a los agricultores.

### Descripción general de la acción:

La recarga es el proceso por el cual se incorpora agua a un acuífero desde fuera del contorno que lo limita (Custodio, 2010; Scanlon et al., 2002). En el presente documento se entenderá áreas de recarga como aquellas zonas que en el territorio analizado corresponden a los mayores valores de recarga potencial. Actualmente El Salvador cuenta con un mapa de recarga hídrica, el cual indica que la recarga del Corredor Seco varía entre valores cercanos a 0 y 450 mm/año (<http://mapas.marn.gob.sv/VIGEA/entry.aspx>). Recientemente el MARN (2016) determinó valores de recarga anual a nivel de cuenca prioritaria para la zona que varían entre 65 mm y 267 mm. Sin embargo, definir zonas principales se vuelve difícil ya que es un término relativo, y la recarga que para algunos lugares es baja, para otros es la más elevada e importante.

La recarga principalmente proviene de la precipitación y riego. Las acciones de mejora por lo tanto deben tener en cuenta a los componentes del ciclo hidrológico. Acciones concretas requieren que se defina cuáles son las principales fuentes de abastecimiento que se tienen en la zona, es decir, río, manantial o pozo (Figura 68). El tipo de fuente proporciona información preliminar sobre la ocurrencia del agua subterránea y por lo tanto ofrece líneas sobre las mejores acciones que favorezcan los resultados.

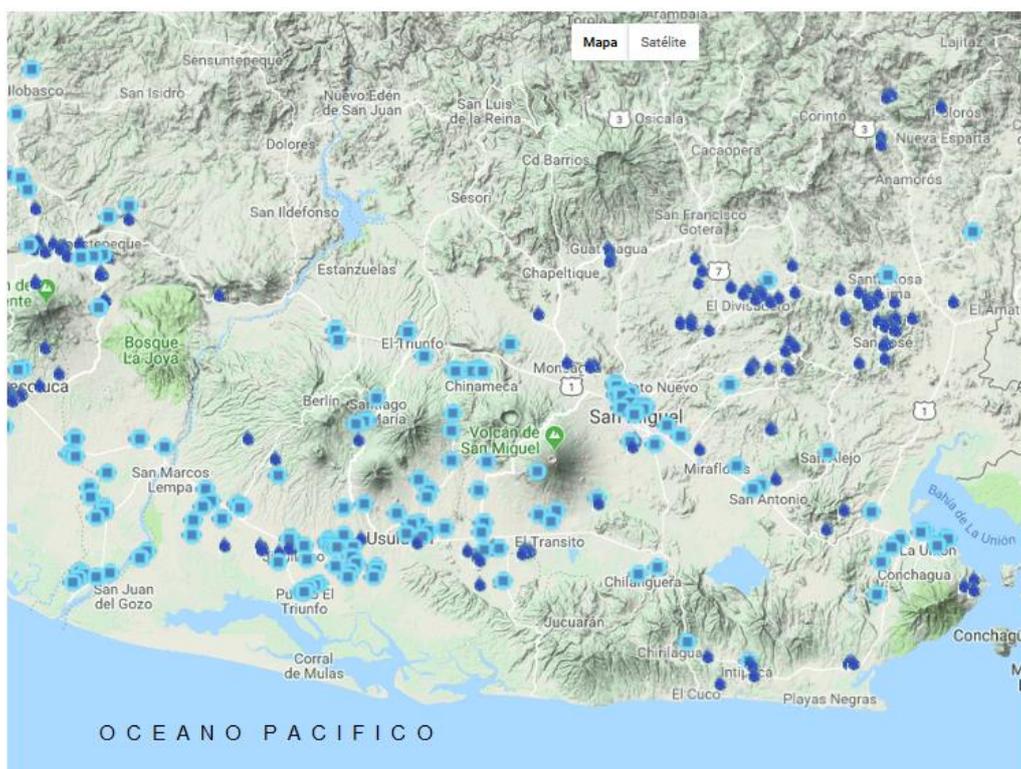


Figura 68: Inventario de Pozos y manantiales en la zona oriental de El Salvador. El norte oriental tienen una mayor dependencia de manantiales, en esta zona los pozos son escasos y los pocos que existen, en su mayoría alcanzan profundidades que pueden superar los 200 m. Cerca de la costa y en el centro la dependencia del agua subterránea a través de pozos es predominante. Fuente: <http://agua.marn.gob.sv/index.php/servicios/mapas-en-linea/pozos-y-fuentes>

La infiltración es la etapa previa a la recarga. El agua penetra a través de la superficie del terreno y se redistribuye desde las zona radicular saturada hacia las no saturadas (FAO, 2013; Scanlon et al., 2002).

Los principales factores que afectan la infiltración son el tipo de cubierta vegetal, características hidráulicas del terreno, estado de humedad del suelo, intensidad de la lluvia o cantidad de riego, calidad de agua, formación de costras superficiales y los trabajos agrícolas. Por lo tanto las prácticas para mejorar la recarga deben encaminarse a (FAO, 2013):

- Mantener la superficie cubierta por vegetación, viva o muerta, para proteger la superficie del impacto de las gotas de lluvia y evitar la erosión.
- Mantener la estructura del suelo “abierta” con elevada estabilidad de agregados de tamaños mayores.
- Aumentar los contenidos de materia orgánica para garantizar estructuras más estables y favorecer el almacenamiento de agua.

Las acciones de mejora de la recarga hídrica que se proponen a continuación han sido agrupadas a partir del efecto que el componente del ciclo hidrológico genera en la recarga.

#### Regulación de la intensidad de evapotranspiración

Siendo la evapotranspiración una pérdida de agua del sistema, deben adoptarse acciones que reduzcan tales salidas, entre ellas pueden mencionarse (FAO, 2013):

- En zonas de cultivos se facilita la cobertura del terreno con rastrojos o residuos vegetales (Figura 4). Wang et al. (2014) evaluaron el efecto de tres coberturas del terreno (suelo desnudo, con pasto y con rastrojo de paja) en la recarga de agua subterránea, bajo condiciones controladas. Sus resultados indican que cuando el suelo desnudo se cubrió con pasto, la recarga se incrementó 1.5 veces, mientras que cuando se cubrió con rastrojo, la recarga creció 2 veces. Aunque los resultados no pueden extrapolarse a gran escala u otros sitios, Wang et al. (2014) proporcionan información altamente valiosa para fundamentar el uso de rastrojo para aumentar la recarga de agua subterránea.
- Utilización de películas plásticas en superficie (Figura 69).
- Contrarrestar la incidencia solar directa (uso de sombra, cobertura muerta, ambiente protegido).
- Implementación de cortinas rompeviento.
- Implementar siembra de plantas que presenten mayor capacidad de preservar el agua absorbida y sean resistentes a la sequía. Por ejemplo marañón, jocote, mango, cactáceas diversas.

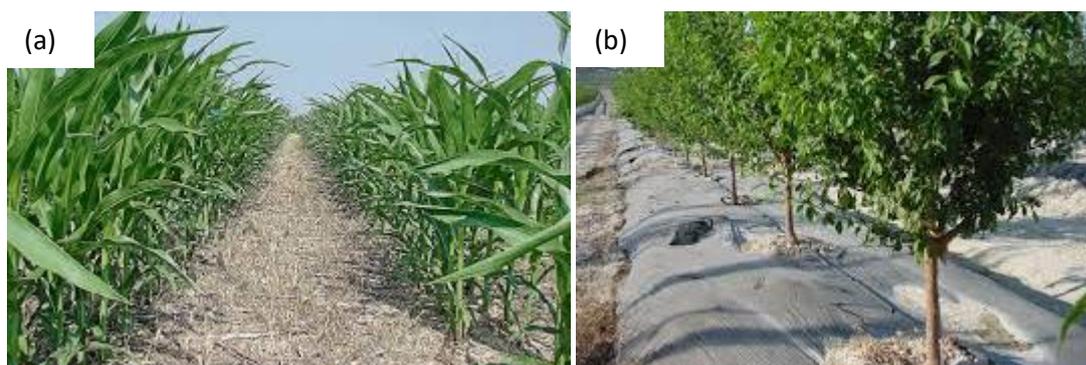


Figura 69: Acciones para aumentar la recarga a través de la reducción de la evapotranspiración (a) Uso de rastrojo. Fuente: El Heraldo (<https://goo.gl/3Pv2Hx>) (b) Cubierta plástica para reducir la evaporación. Fuente: Interempresas (<https://goo.gl/wUpqHG>)

#### Reforestación adecuada para maximizar la recarga

Muchas de las acciones para aumentar la recarga de agua subterránea se basan en el pensamiento prevaleciente de que a más árboles mayor será la recarga hídrica. De hecho, existen programas y proyectos muy exitosos de reforestación, que ofrecen una gran cantidad de beneficios ambientales, entre ellos la reducción de la escorrentía y el consumo de gases de efecto invernadero, sin embargo, en regiones áridas, es desalentador que los árboles reduzcan la disponibilidad de agua. Ilstedt et al. (2016) desarrollaron y probaron una teoría de cobertura óptima en la cual la recarga de agua subterránea se maximiza con una densidad intermedia de cobertura arbórea. Los resultados indican valores máximos de recarga para densidades que varían entre 10 y 20 árboles por hectárea, y para aquellos casos en que los árboles consumen agua hasta una profundidad de 1.5 m, lo cual podría relacionarse con profundidad de raíces. Esto deja establecida la profundidad del prisma en el cual se realiza el balance de agua.

Por lo anterior, se recomiendan acciones encaminadas a la plantación de especies con una densidad media en los terrenos, lo cual deja abierta la posibilidad de implementar sistemas agroforestales que aumenten la capacidad productiva de los agricultores y a su vez mejoren la recarga de agua subterránea.

#### Otras acciones de mejora de las áreas de recarga

Otras técnicas que contribuyen a la mejora de áreas de recarga hídrica incluyen las prácticas de restauración de suelos y bosques, y las técnicas de cosecha de agua en distintos niveles de las parcelas agrícolas. Estas acciones se abordan en secciones 6.8 y 6.10.

Una práctica poco común en nuestro medio es el tratamiento de bajo costo de las aguas grises para su posterior infiltración al terreno. En la zona rural, muchas comunidades poseen acceso a agua potable, sin embargo, el saneamiento es escaso, generando condiciones insalubres en las comunidades. La implementación de sistemas de recarga de aguas grises tratadas puede contribuir al aumento de la disponibilidad de agua en algunas zonas del Corredor Seco.

Otra acción implementable para mejorar las zonas de recarga consiste en el aprovechamiento de los desechos sólidos orgánicos para fertilizar los terrenos, con lo cual se mejora la cobertura que contribuye a la infiltración de agua en el terreno y a la mejora en el rendimiento de los cultivos.

#### **Ámbito de acción:**

La implementación puede promoverse a nivel regional del Corredor Seco, pero acciones específicas deben ser evaluadas a nivel de microcuencas, acuíferos o región hidrográfica. También pueden implementarse acciones a nivel de parcelas agrícolas, por medio de asociaciones de regantes o a nivel municipal.

#### **Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:**

La *Ley del Medio Ambiente y su Reglamento General* promueven la recuperación y protección de áreas de recarga, las cuales son consideradas como áreas críticas y tienen restricciones de uso. Algunos municipios han aprobado ordenanzas municipales para la protección y recuperación de los recursos hídricos y contemplan la mejora de las áreas de recarga. La *Ley de Riego y Avenamiento* también contempla un marco adecuado para la mejora del sector agrícola que lleva consigo la mejora de las áreas de recarga hídrica.

Aunque su fin principal no es la mejora de las áreas de recarga hídrica, la *Ley de Áreas Naturales Protegidas* es el instrumento más fuerte de protección de áreas con importante capacidad de recarga ya que limita ampliamente su uso y promueve su conservación y protección, además de que existen fondos del estado asignados para este fin.

**Resultados esperados:**

- Recarga hídrica del Corredor Seco Oriental mejorada.
- Rendimiento de los cultivos mejorado.
- Erosión reducida.
- Suelos más productivos.

**Costo de implementación estimado y tiempos de ejecución:**

El costo de implementación puede variar de bajo (hasta \$50,000) a alto (más de \$100,000), dependerá principalmente de las acciones que se adopten y la envergadura de los proyectos, por lo tanto el plazo de ejecución también será variable. Proyectos a nivel de parcelas individuales o cooperativas agrícolas podrían tener costos bajos y plazos cortos. Acciones de cobertura de suelo con rastrojo pueden ser significativamente eficaces y de muy bajo costo, además de que pueden ser implementadas de inmediato y ejecutarse de forma permanente.

**Potencial fuente de financiamiento:**

- FAO como institución interesada en reducir los efectos del cambio climático en los sectores productivos de alimentos de la región.
- MARN a través del Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes y los fondos de ejecución del plan hídrico.
- FONAES y FIAES a través de los fondos de compensación ambiental
- Municipalidades por medio de gestión de fondos con agencias de cooperación y alianzas internacionales.
- MARN como apoyo a los agricultores.

**Institución responsable / con mandato para implementar la acción:**

El MAG y MARN podrían de forma coordinada liderar las acciones ya que el beneficio se da en todos los niveles, productivo, población, ecosistemas.

**Actores clave:**

MARN, MAG, Alcaldías, Asociaciones Agrícolas, Agricultores individuales, ONGs (CRS trabaja en esa área actualmente); Juntas de Agua.

**Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

- Los agricultores están dispuestos a implementar mejores prácticas de cosecha para aumentar su disponibilidad hídrica.
- Los actores clave están interesados en promover y ejecutar proyectos encaminados a ejecutar la acción.
- Se elaboran estudios técnicos para definir el tipo de medida adecuadamente implementable en el nivel de acción que se requiere.

## Posibles indicadores:

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
Área (ha) y tipo de técnicas de mejora de la recarga hídrica implementadas	# personas con acceso a agua subterránea Cambio en el nivel de recarga hídrica en microcuencas del Corredor Seco Cambio en las tasas de erosión del suelo Cantidad de producción lograda durante el año Cambio en la productividad de suelos

## 6.10. Escalonamiento y Replica de Programas de Conservación y Restauración de Suelos y Bosques para Mejorar la Productividad Agronómica

A	E	R
	S	
CS	A	L
	P	
T	F	I
	EC	

El proceso acelerado de la deforestación, sobre todo en terrenos con pendientes mayores al 12%, causa erosión y degradación de los suelos, la cual conlleva a una menor capacidad de retención del agua, pérdida de fertilidad, pérdida de capacidad de infiltración, y por lo tanto, pérdida de rendimiento de los cultivos y mayor susceptibilidad de los sistemas productivos al impacto de canículas, las cuales se han exacerbado en los últimos años en el Corredor Seco. Además, el uso inadecuado de fertilizantes y pesticidas químicos ha favorecido a las plagas y malezas, disminuyendo el uso de los recursos propios del sistema de producción, aumentando los costos y descapitalizando a las familias productoras. En otras palabras, las condiciones de vulnerabilidad que enfrenta la población del Corredor Seco, por la falta de recursos económicos, marginalidad social, debilidad institucional e inadecuada planificación de las actividades productivas, obliga a invertir en programas de conservación restauración de suelos y bosque, con carácter urgente y estratégico, de lo contrario los impactos socioeconómicos y ambientales ocasionados por fenómenos serán de mayor relevancia en el territorio.

### Objetivo general de la acción:

- **Controlar la erosión:** las prácticas de conservación de suelos están orientadas a frenar la velocidad del paso de agua por sobre el suelo (escorrentía), evitando que la corriente arrastre suelo y sus nutrientes.
- **Aprovechar mejor el agua:** las obras de manejo de suelo y agua permiten el almacenamiento y/o el aprovechamiento del recurso hídrico, ya que aumentan la infiltración del agua en el suelo; caso contrario se perdería en forma de escorrentía sin ser aprovechada por los cultivos.
- **Mejorar la fertilidad de los suelos y prevenir con más eficiencia las plagas y enfermedades.** La conservación de suelos, además de contemplar la construcción de obras físicas para el manejo del mismo, consiste también en la aplicación de medidas que ayuden a mejorar la fertilidad del suelo con el propósito de evitar las pérdidas por erosión y mejorar el rendimiento de los cultivos.
- La **restauración de bosques** busca mejorar las áreas de infiltración y recarga acuífera, generando una restauración inducida de bosques en sitios con suelo desnudo, y con enriquecimiento a base de especies forestales en áreas que aún conservan remanentes de bosque.
- Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador

### **Descripción general de la acción:**

La conservación de suelos es un sistema que complementa y combina obras estructurales, medidas agronómicas, de fertilidad y agroforestales, con el objetivo de prevenir y reducir la erosión, la conservación o drenaje del suelo; y el mantenimiento o mejoramiento de su fertilidad. Para lograr esto, existen numerosas prácticas de conservación que giran alrededor de los siguientes cuatro principios, para el manejo de suelos: (i) proteger el suelo con una capa de material vegetal muerto (rastrajo), siembra de abono verde, labranza mínima y siembra al contorno; (ii) reducir el largo de la pendiente y con eso la velocidad de la escorrentía, mediante barreras vivas, zanjas de ladera, y terrazas de formación lenta; (iii) reducir la inclinación de la pendiente para reducir la velocidad de la escorrentía y aumentar la infiltración del agua, mediante terrazas de banco, terrazas de base angosta, camellones, y terrazas individuales; (iv) incorporar materia orgánica al suelo para mejorar su fertilidad, con abonos orgánicos a base de composta, lombrihumus, estiércol descompuesto, gallinaza, entre otros.

Por su parte, la restauración de bosque consiste en el establecimiento o gestión de árboles en tierra agrícola activa, bien sea mediante plantación o por regeneración natural, con la finalidad de mejorar la producción de cultivos, aumentar la fertilidad del suelo, y acrecentar la retención de agua.

Cabe señalar que la conservación del suelo y la restauración del bosque constituyen acciones previstas dentro del Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP), bajo el enfoque de una agricultura resiliente al clima y amigable con la biodiversidad; y la restauración y conservación inclusiva de ecosistemas críticos, con un enfoque innovador de intervención integral de los paisajes y territorios continuos. Asimismo, se trata de acciones llevadas a la práctica por ONGs e instituciones públicas, como CRS (Programa Agua Verde; y Agricultura, Suelos, y Agua) y el CENTA/MAG (Proyecto de Fortalecimiento de la agricultura familiar). Esta acción además está incluida dentro del Plan de Acción de restauración de ecosistemas y paisajes de El Salvador, lanzado oficialmente en 2017, dentro de un conjunto de acciones de restauración con enfoque de mitigación basada en adaptación.

El término escalonamiento de la acción, supone la expansión de los efectos positivos en la recuperación de suelo y cobertura forestal, de tal forma que logre beneficiar a más familias y comunidades agrícolas. Sin embargo es crítico que para que el escalonamiento alcance niveles significativos, las acciones deberán superar limitantes de acceso y tenencia de tierra, y de servicios de asistencia técnica, entre otros aspectos.

### **Ámbito de acción:**

La unidad territorial de aplicación debería ser la microcuenca, sobre todo en aquellas zonas en donde la pendiente supera el 12%.

### **Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:**

Ley de Medio Ambiente y su Reglamento General, en lo relacionado al manejo de suelos y ecosistemas terrestres, y a la gestión y aprovechamiento sostenible de los bosques.

Política Forestal de El Salvador 2016-2036. Eje Estratégico 4. Reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales, y sistemas agropecuarios.

### **Resultados esperados:**

El suelo retenido puede superar las 450 ton/ha/mes y retener más de 3000 m<sup>3</sup> de agua al mes, cuando se implementan barreras vivas; y más de 100 ton/ha/mes y más de 4000 m<sup>3</sup> de agua al mes, con el manejo de rastrojos y las terrazas individuales<sup>4</sup>.

**Costo de implementación estimado:**

La protección del suelo con cobertura vegetal ronda los US\$160/ha; las terrazas de formación lenta alcanzan los US\$220.20/ha; la siembra de cultivos con curvas de nivel (siembra en contorno) alrededor de US\$113.8. Por su parte, la restauración del bosque tiene un costo de US\$687/ha<sup>5</sup>

**Tiempo de ejecución:**

Al menos durante 5 años

**Potencial fuente de financiamiento:**

Fondo de la Iniciativa para las Américas (FIAES), Fondo Ambiental de El Salvador, CRS.

**Institución responsable / con mandato para implementar la acción:**

MAG, MARN, Municipalidades.

**Actores clave:**

GIZ, JICA, AECID, KOICA

**Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

- Requieren de cierta capacitación para la correcta construcción.
- Requiere de inversión inicial y mano de obra relativamente alta y sus beneficios en el rendimiento pueden percibirse a mediano y largo plazo.
- Problemas de tenencia de la tierra y tamaño de la parcela pueden limitar la decisión del agricultor de implementar la práctica.

---

<sup>4</sup> Programa de Agua y Saneamiento Rural, MARN-BID 2358/OC; GRT/WS-12281-ES, No.09/2012. Las obras y prácticas de conservación de agua y suelos en la zona geográfica San Vicente, Cabañas y Cuscatlán redujeron los efectos de la Canícula.

<sup>5</sup> Asociación Mangle, EcoVIVA y CATIE. (2016). Plan de Inversiones para el primer año del Plan de Desarrollo Local Sostenible de la Reserva de Biósfera Xiriualtique-Jiquilisco. San Salvador, El Salvador: Fondo de la Iniciativa para Las Américas (FIAES).



Barreras vivas



Manejo de rastrojos



Zanjas de infiltración



Zanjas de infiltración

Figura 70: Ejemplos de prácticas de agricultura de conservación de suelos

**Posibles indicadores:**

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
# y tipo de incentivos (información, \$, marcos de corresponsabilidad, capacitación, acceso a servicios de extensión) destinados a motivar la aplicación de técnicas de conservación y restauración de suelos y bosques	<p>Área (ha) y tipo de técnicas de conservación y restauración de suelos y bosques implementados</p> <p>Cambio en el nivel de recarga hídrica en microcuencas del Corredor Seco</p> <p>Cambio en la captura de CO<sub>2</sub> y fijación de carbono en el suelo y la vegetación</p> <p>Cambio en las tasas de erosión del suelo</p> <p>Cantidad de producción lograda durante el año</p> <p>Cambio en la productividad de suelos</p>

## 6.11. Diversificación de Cultivos y Siembra de Materiales Adaptados al Clima Futuro

A	E S	R
CS	A P	L
T	F EC	I

La introducción de nuevas especies los cultivos y variedades mejoradas constituye una tecnología que apunta a reforzar la productividad, calidad, salud y valor nutritivo de la planta y/o la resiliencia del cultivo a las enfermedades, plagas y estrés ambiental. La diversificación de cultivos se refiere a la suma o introducción de nuevas variedades o sistemas de asociados de cultivos para la producción agrícola en un campo particular, tomando en cuenta los diferentes ingresos de las cosechas con valor agregado, con oportunidades de mercadeo complementarias. Ambas acciones son necesarias para afrontar los efectos del cambio climático.

### Objetivo general de la acción:

Asegurar que la producción agrícola pueda continuar e incluso mejorar a pesar de las incertidumbres respecto de los impactos del futuro cambio climático.

### Descripción general de la acción:

La selección de cultivos nuevos y mejorados incrementa la resistencia de las plantas a una variedad de tensiones que podrían ser causadas por el cambio climático. Estas tensiones potenciales incluyen el estrés hídrico y térmico, la salinidad del agua y el surgimiento de nuevas plagas. Las variedades que se desarrollen para resistir estas condiciones ayudarán a asegurar que esa producción agrícola pueda continuar e incluso mejorar a pesar de las incertidumbres respecto de los impactos del futuro cambio climático. En El Salvador, el CENTA ha producido una serie de materiales de materiales genéticos de granos básicos tolerantes a sequía y suelos con poco contenido de materia orgánica, así como también cultivos adaptados a laderas y otros con mayor contenido de proteínas, como el caso del frijol. Las variedades con contenido nutricional mejorado pueden beneficiar a animales y seres humanos por igual, reduciendo la vulnerabilidad a la enfermedad y mejorando la salud global.

La diversificación de cultivos es una estrategia de gestión de riesgo a nivel de finca o parcela. Existen varias fuerzas impulsoras para incrementar la diversificación de los cultivos incluyen:

- Aumentar el ingreso de pequeños productores y productoras.
- Mitigar los efectos crecientes de la variabilidad climática.
- Balancear la demanda de alimentos.
- Mejorar el forraje para el ganado.
- Conservar los recursos naturales.
- Reducir la dependencia de los insumos externos de la parcelas de producción.
- Dependiendo de la rotación del cultivo, reducir las plagas de insectos, enfermedades y problemas con las malezas.

### Ámbito de acción:

Los sistemas de producción agrícola basados en el cultivo de granos básicos (maíz y frijol) localizados en los municipios de El Tránsito, Pasaquina, Uluazapa, Yucuaiquin, Bolívar, Guatajiagua, San Francisco Gotera, El Divisadero, Jucuaran, Intipuca, El Carmen, Conchagua, La Unión, Meanguera del Golfo, San Alejo, Yayantique, San José, y Sensembra.

### Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:

Ley de Medio Ambiente y su Reglamento General, en lo relacionado al manejo de suelos y ecosistemas terrestres, y a la gestión y aprovechamiento sostenible de los bosques.

Política Forestal de El Salvador 2016-2036. Eje Estratégico 4. Reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales, y sistemas agropecuarios.

Además, queda plasmada en el Plan Estratégico de MAG 2014-2019 y en el Plan Nacional de Cambio Climático y Gestión de Riesgos Agroclimáticos.

**Resultados esperados:**

- Incrementar la resistencia de las plantas a una variedad de tensiones que podrían ser causadas por el cambio climático, incluyendo el estrés hídrico y térmico, la salinidad del agua y el surgimiento de nuevas plagas.
- Reducir la vulnerabilidad a la enfermedad y mejorando la salud global.
- Incrementar la capacidad de afrontar choques.

**Costo de implementación estimado:** La inversión por hectárea puede ser de US\$200.00 por la compra de semillas de cultivos mejorados.

**Tiempo de ejecución:** al menos 5 años

**Potencial fuente de financiamiento:** FIDA, GIZ, Banco de Desarrollo de El Salvador (BANDESAL), Fomento de la actividad como el Fondo de Desarrollo Productivo (FONDEPRO), Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), Banco de Fomento Agropecuario (BFA), Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

**Institución responsable / con mandato para implementar la acción:** MAG / CENTA

**Actores clave:** Productores, Universidades

**Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

- Se pueden enfrentar limitaciones en cuanto a la disponibilidad de información y financiamiento.
- Debe existir una buena adopción de Buenas Prácticas Agrícolas

**Posibles indicadores:**

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
# y tipo de incentivos (información, \$) destinados a motivar la diversificación de cultivos y la adopción de materiales mejorados	<p>Área (ha) de cobertura y tipo de técnicas adoptadas</p> <p>Cambio en la resistencia de los cultivos (ante estrés hídrico y térmico, la salinidad del agua, surgimiento de nuevas plagas y enfermedades)</p> <p>Cambio en la dependencia de los insumos externos a nivel de parcela de producción</p> <p>Cantidad de producción lograda durante el año</p> <p>Cambio en la disponibilidad interna suficiente y estable de alimentos</p>

## 6.12. Sistemas de Producción Agrícola Resilientes Mediante Cadenas de Valor

El territorio del Corredor Seco mantiene una alta incidencia de pobreza rural, localizada en la mayoría de sus municipios y comunidades, situación que empeora a causa de las condiciones medioambientales y la limitada base de recursos para la producción agropecuaria de la mayoría de la población rural. Estos grupos-objetivo cuentan, generalmente, con los más bajos niveles de capital humano y social, un acceso limitado a la tierra y a los activos productivos en general, infraestructura deficiente de transporte y comunicación en las zonas rurales, una baja capacidad para generar ingresos y una base de recursos naturales gravemente deteriorada. Siendo estos los principales factores que determinan sus condiciones de vida, su vulnerabilidad económica y medioambiental (incluyendo vulnerabilidad frente a efectos del cambio climático) permanece a niveles considerablemente altos, incluyendo los impactos negativos que enfrentan estos grupos de parte de las manifestaciones del cambio climático sobre la agricultura de temporal, además de los efectos económicos que se presentan en el ámbito de la liberalización del comercio regional.

A	E	R
	S	
CS	A	L
	P	
T	F	I
	EC	

### Objetivo general de la acción:

Mejoramiento de los sistemas de producción por parte de las familias productoras, que les permita incursionar en actividades de mayor rentabilidad económica, que se traduciría en capitalización de sus medios de vida y en mejores ingresos para las familias, lo que unido a otros ingresos, les permitiría hacer inversiones en vivienda, mayor capacidad de ahorro, y mejorar la educación de los miembros de la familia; beneficios que de manera conjunta fortalecen la resiliencia de las comunidades agrícolas.

### Descripción general de la acción:

El término “cadena del valor” se refiere a una red de alianzas verticales o estratégicas entre varias empresas de negocios independientes dentro de una cadena agroalimentaria. Una cadena de valor tiene cuatro dimensiones importantes: (i) relación estratégica entre eslabones; (ii) actividades relacionadas; (iii) actores en cada eslabón; y (iv) ubicación. Por su parte, las actividades en una cadena de valor se agrupan en cada uno de los siguientes eslabones:

- **Aprovisionamiento o abastecimiento de insumos:** esta actividad está relacionada con el suministro de los insumos para la prevención y combate de plagas y enfermedades, nutrición, equipos de fumigación, semillas mejoradas, materiales para la construcción de invernaderos, equipos y accesorios para riego, maquinaria agrícola y producción de plantines en bandeja.
- **Producción:** es una de las actividades más importantes en la cadena de valor, ya que es aquí donde se verifica la producción, para suplir a los diferentes mercados, entre estos las mismas agroindustrias procesadoras.
- **Procesamiento y transformación:** es la actividad a través de la cual se procesa o transforma la materia prima obtenida en la etapa de la producción, en esta función tienen participación los procesadores tanto artesanales como la industria formal.
- **Comercialización, distribución y venta al consumidor final:** es la actividad donde se llevan a cabo todas las transacciones de un producto entre un oferente y un demandante.

En el esquema siguiente se muestran las actividades relacionadas en la cadena de valor:



**Ámbito de acción:**

Los sistemas de producción agrícola basados en el cultivo de granos básicos (maíz y frijol) localizados en los municipios de El Tránsito, Pasaquina, Uluazapa, Yucuaiquin, Bolívar, Guatajiagua, San Francisco Gotera, El Divisadero, Jucuaran, Intipuca, El Carmen, Conchagua, La Unión, Meanguera del Golfo, San Alejo, Yayantique, San José, y Sensembra.

**Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:**

El MAG, a través de la Dirección General de Desarrollo Rural, ejecuta con préstamos del Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) y del Fondo de la OPEC para el Desarrollo Internacional (OFID), el Programa de Competitividad Territorial Rural – Amanecer Rural, cuyo objetivo está orientado a contribuir a mejorar las oportunidades de generación de ingresos y empleo, además de garantizar la seguridad alimentaria de las familias de los pequeños/as productores rurales, por medio del aumento y diversificación de la producción y del acceso a mercados competitivos. El Componente 1 del Programa se denomina Competitividad Empresarial y Acceso a Mercados, a través del componente se apoya tanto las cadenas agroalimentarias como las cadenas comerciales de los grupos-objetivo (café, granos básicos, frutas, hortalizas, lácteos, acuicultura, apicultura, artesanías y servicios de turismo rural), bajo las siguientes líneas de acción: 1.- Desarrollo de Encadenamientos Empresariales; 2.- Fondos de Capitalización, para la Competitividad, y para la Seguridad Alimentaria y Adaptación al Cambio Climático y 3.- Servicios Financieros Rurales.

**Resultados esperados:**

- Desarrollo de Encadenamientos Empresariales: Las asociaciones de productores/as rurales pueden fortalecer sus capacidades de producción, agregación de valor/transformación, comercialización y administración.
- Seguridad Alimentaria y Adaptación al Cambio Climático: Los productores/as de subsistencia podrían mejorar sus niveles de producción agropecuaria, manejo post-cosecha, agregación de valor y el manejo de los recursos naturales en un marco de prácticas mejoradas, adaptación tecnológica y mitigación de los riesgos resultantes del cambio climático.
- *Desarrollo Humano, Asociativo y Gestión Territorial*: los usuarios/as podrían fortalecer sus capacidades de organización comunitaria, asociación empresarial, y de gestión para el desarrollo productivo, económico y social, en un contexto consolidado de promoción de liderazgos y empresarialidad juvenil y de la mujer rural, y de planificación territorial en función de las cadenas de valor en el ámbito municipal.
- *Fortalecimiento Institucional del MAG*: El Ministerio podría fortalecer sus capacidades institucionales y operativas, para el desarrollo e implementación de políticas, estrategias y programas de desarrollo rural.

**Costo de implementación estimado:** Medio, es decir entre US\$50 mil y US\$100 mil.

**Tiempo de ejecución:** al menos 5 años

**Potencial fuente de financiamiento:** FIDA, GIZ, Banco de Desarrollo de El Salvador (BANDESAL), Fomento de la actividad como el Fondo de Desarrollo Productivo (FONDEPRO), Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), Banco de Fomento Agropecuario (BFA), Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

**Institución responsable / con mandato para implementar la acción:** MAG, MINEC

**Actores clave:** Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), concejos municipales, Comisión Nacional de la Micro y Pequeña Empresa (CONAMYPE), Universidades, Cámaras Empresariales.

**Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

- Se pueden enfrentar limitaciones en cuanto a la disponibilidad de información.
- La estacionalidad de la producción por falta de riego resulta en baja productividad, bajos precios y falta de continuidad en el abastecimiento de los mercados.
- Debe existir una buena adopción de Buenas Prácticas Agrícolas y sistemas de inocuidad para obtener buena calidad de los productos.
- Acceso a financiamiento.



Snacks nutritivos con base en fruta deshidratada

Procesamiento de maíz para almacenamiento en centro de acopio

**Figura 71: Ejemplos de actividades asociadas a las cadenas de valor**

**Posibles indicadores:**

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
# y tipo de incentivos (información, \$) destinados a motivar el desarrollo de encadenamientos empresariales	Diversificación de la producción agropecuaria Cantidad de producción lograda durante el año
# de Recurso Humano Institucional capacitado o formado en el desarrollo de cadenas de valor	Cambio en la disponibilidad interna suficiente y estable de alimentos
# de Recurso Humano con capacidades de organización comunitaria, asociación empresarial, y de gestión adquiridas	Cambio en las oportunidades de empleo, aumento y diversificación de ingresos para los productores/as de subsistencia

### 6.13. Fortalecimiento Curricular Sobre Manejo Agronómico, Forestal y Cambio Climático en Programas Académicos y Técnico / Vocacionales

Frente a esta realidad cotidiana en materia de cambio climático, en las aulas de centros académicos y

A	E	R
	S	
CS	A	L
	P	
T	F	I
	EC	

de formación, los contenidos educativos se presentan con frecuencia con unos niveles de abstracción y descontextualización muy elevados respecto a esa temática. Fuera de la enseñanza infantil y primaria, los contenidos pocas veces se organizan en torno a centros de interés naturales para los alumnos o se relacionan con sus experiencias. Este tipo de educación, que distancia al alumno del conocimiento, es claramente inadecuada para tratar el objeto cambio climático.

No obstante, el reto no es (sólo) conocer el fenómeno. Es necesario saber sobre sus causas, porque se necesita ir a las raíces del problema. Es necesario saber sobre sus consecuencias, porque es necesario construir una percepción del riesgo más realista y comprender las vulnerabilidades. Pero, sobre todo, es necesario saber sobre sus soluciones, sobre todo en el campo de la agronomía y la forestería.

Desde una perspectiva disciplinar, es innegable que el cambio climático plantea grandes retos a las ciencias de la tierra o la tecnología. Pero el cambio climático necesita ser concebido más allá de un mero conjunto de contenidos que debe ser incorporado a la enseñanza de las ciencias. Porque para comprender el cambio climático y los retos que plantea es necesario considerar cuestiones como las responsabilidades personales y colectivas, la solidaridad con las generaciones futuras o el reparto de los riesgos y los esfuerzos de mitigación y adaptación. La educación debe incorporar las aportaciones hechas desde la psicología, la sociología, el derecho, la economía, la política o la ética, que acercan a ese “fenómeno social” al quehacer educativo en los centros académicos y técnicos.

#### Objetivo general de la acción:

Fortalecer los programas educativos y técnico-vocacionales, sobre todo en el territorio del Corredor Seco, mediante la inclusión de los temas de adaptación y mitigación del cambio climático, asociado al manejo agronómico y forestal, a fin de que profesionales y técnicos en esas ramas tomen las medidas necesarias para mitigar los impactos de esas actividades sobre los recursos naturales, así como las acciones requeridas para adaptarse a las nuevas dinámicas previstas para el Corredor Seco.

El grupo meta de profesionales y técnicos agrícolas y forestales requiere de un trato especial en la oferta de información, desde un portafolio de servicios de información científica, hasta volúmenes digitales del conocimiento generado por las instituciones gubernamentales encargadas de orientar el tema (MARN, MINED, MAG, entre otros), cuyo acceso debe ser fácil y cuya presentación haya pasado por un proceso de ajuste pedagógico.

#### Descripción general de la acción:

Lo que se busca es incorporar la educación sobre el cambio climático en planes de estudios, con adaptaciones para el contexto local del Corredor Seco. En las comunidades en riesgo se deben desarrollar políticas y prácticas de adaptación local para abordar la reducción del riesgo de desastres, la preparación para emergencias y otras opciones sostenibles para el desarrollo que sean pertinentes a nivel territorial. Por ejemplo, las partes interesadas, incluidos los Programas de Educación del MINED y el Observatorio Ambiental del MARN, deben diseñar materiales sobre el cambio climático para los programas académicos y técnico-vocacionales, sobre todo los que se localizan en los municipios más vulnerables al fenómeno. Las herramientas incluyen guías de recursos, talleres de capacitación, un concurso entre los centros de formación y una campaña nacional en los medios de comunicación. Esta acción también prevé aumentar la comprensión de los profesores sobre los aspectos sociales del

cambio climático, incluyendo las funciones de género, la condición social y otros diferenciadores sociales.

**Ámbito de acción:**

Centros educativos localizados en los municipios de El Tránsito, Pasaquina, Uluazapa, Yucuaiquin, Bolívar, Guatajiagua, San Francisco Gotera, El Divisadero, Jucuarán, Intipuca, El Carmen, Conchagua, La Unión, Meanguera del Golfo, San Alejo, Yayantique, San José, y Sensembra. Universidades localizadas en el territorio del Corredor Seco, tales como: el Instituto Tecnológico Centroamericano (ITCA) de San Miguel y La Unión, Sede de la Universidad de El Salvador (UES) en San Miguel, Universidad Capitán General Gerardo Barrios en San Miguel y Usulután, Universidad de Oriente (UNIVO), Sede San Miguel de la Universidad Dr. Andrés Bello, y el Instituto Tecnológico de Usulután.

**Leyes, normativas, políticas vigentes que respalden la implementación de la acción y antecedentes de su aplicación en El Salvador:**

La Política de Cambio Climático para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola (2017), plantea como un Objetivo Estratégico el fortalecimiento de la gestión del conocimiento entre los principales actores en los territorios para la adaptación y mitigación al cambio climático y a la variabilidad asociada, y tiene como propósito, desarrollar nuevas capacidades y fortalecer las ya adquiridas, privilegiando el acceso a la información técnica en los territorios a los grupos de mujeres, jóvenes y pueblos originarios, con la cual se pretende una mejor implementación de las medidas de adaptación y mitigación en el sector.

**Resultados esperados:**

- Se mejoran los sistemas a través de los cuales se comparte el nuevo conocimiento en materia de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Se crean o refuerzan las redes de aprendizaje y acción (un ejemplo, en el ámbito local, sería la Red de agricultores por el clima).
- Se fortalecen los esquemas que facilitan el intercambio entre iguales y la producción social de conocimiento.

**Costo de implementación estimado:** Alto, más de US\$100 mil.

**Tiempo de ejecución:** al menos 5 años

**Potencial fuente de financiamiento:**

Fondo Verde del Clima, Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE).

**Institución responsable / con mandato para implementar la acción:** MAG y MARN

**Actores clave:** Ministerio de Educación (MINED), Dirección General del Observatorio Ambiental del MARN, Protección Civil, entre otros.

**Supuestos o condicionantes para su buena implementación:**

- Las acciones o procesos educativos deben permanecer en el tiempo y no transformarse en pequeñas iniciativas en pequeños y aislados períodos de éxito e impacto.
- Suficientes recursos disponibles.
- Capacidades y voluntades institucionales

**Posibles indicadores:**

Indicadores de ejecución de la medida de adaptación	Indicadores de resultados de la medida de adaptación
<p>Homologación de conocimiento en temas de adaptación y mitigación del cambio climático generado por las instituciones gubernamentales (MARN, MINED, MAG, entre otros)</p> <p># y tipo de recursos pedagógicos desarrollados y de fácil acceso (información en línea, cursos, diplomados)</p> <p># de profesionales y técnicos agrícolas y forestales capacitado o formado en temas de adaptación y mitigación del cambio climático</p>	<p>Número de estrategias, planes o proyectos agrícolas o forestales en el Corredor Seco que incorporan líneas de acción de adaptación y mitigación</p>

## 7. Glosario

<b>Adaptación</b>	En los sistemas humanos, el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos, a fin de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En los sistemas naturales, es el proceso de ajuste al clima real y sus efectos; la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado.
<b>Amenaza (climática)</b>	El acontecimiento potencial de un evento físico o un fenómeno de lento desarrollo inducido por el clima que cause la pérdida de la vida, lesiones, u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas de los bienes, la infraestructura, los modos de sustento, la prestación de servicios, y los recursos ambientales.
<b>Cambio climático</b>	Un cambio en el estado del clima que puede ser identificado (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) por cambios en el valor medio de sus propiedades y/o por la variabilidad de las mismas, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antrópicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra.
<b>Fenómenos climáticos extremos (fenómenos meteorológicos o climáticos extremos)</b>	La ocurrencia de un valor de una variable meteorológica o climática por encima (o por debajo) de un valor de umbral cercano al extremo superior (o inferior) de la horquilla de valores observados de la variable. En aras de la simplicidad, tanto los fenómenos meteorológicos extremos como los fenómenos climáticos extremos a los que se hace referencia en el presente informe se denominarán “fenómenos extremos”.
<b>Indicador</b>	Factor o variable cuantitativa o cualitativa que proporciona una forma sencilla y confiable de describir una problemática, permitiendo el seguimiento de tendencias en el tiempo en relación a una línea base.
<b>Resiliencia (climática)</b>	La habilidad de un sistema y sus componentes para anticipar, absorber, adaptarse o recuperarse de los efectos de un fenómeno peligroso, de forma oportuna y eficiente, incluso velando por la conservación, restauración o mejora de sus estructuras y funciones básicas esenciales.
<b>Riesgo</b>	La combinación de la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias de un fenómeno adverso. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y la amenaza. En el presente informe, el término riesgo se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático.
<b>Seguridad alimentaria y nutricional</b>	Aquel estado en el cual las personas gozan, en forma oportuna, del acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan en calidad y cantidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo
<b>Variabilidad climática</b>	Un cambio en el estado del clima en escalas de tiempo desde unos pocos años hasta varias décadas.

## Apéndice 1: Factores de Vulnerabilidad

La exposición a motores o amenazas climáticas es solo un componente de vulnerabilidad al cambio climático. A continuación se resumen tendencias y condiciones que atenúan o modulan los impactos del cambio climático en los sistemas naturales y humanos del AMSS y del Corredor Seco. Esta información incorpora las perspectivas de actores entrevistados/as al iniciar el proyecto.<sup>6</sup>

### AMSS

#### Procesos de Urbanización y Desigualdad Socio-Económica

El AMSS concentra alrededor del 27% de la población de El Salvador (COAMSS-OPAMSS, 2013) en una extensión territorial de 610 km<sup>2</sup> que abarca solamente el 3% de la superficie total del país. La región ha sufrido un proceso de urbanización acelerada en los últimos años. Se estima que un 35% de la mancha urbana corresponde a asentamientos urbanos con algún grado de precariedad (Calderón, 2014), lo cual es consistente con el porcentaje de pobreza multidimensional para el departamento de San Salvador, que supera el 42% (STPP, MINEC y DYGESTIC, 2015). Persisten altos niveles de desigualdad socioeconómica, que se manifiestan en varios indicadores, como las tasas de mortalidad y morbilidad infantil y materna, los niveles de desnutrición y acceso a agua potable, servicios de salud, educación, seguridad social, y capital y crédito productivo (DYGESTIC, varios años). El nivel de pobreza, tipo de asentamiento y el acceso a servicios básicos hace que la vulnerabilidad de la población del AMSS se distribuya desigualmente a lo largo del territorio.

Este aumento exacerbado del área urbana implica problemas relacionados a inundaciones más frecuentes debido a la incapacidad de la infraestructura para transportar volúmenes de agua que no fueron planificados en el momento de su diseño. La problemática se agrava además al presentarse con mayor frecuencia, la aparición de grandes cárcavas a orillas de colonias que se construyeron en zonas colindantes a ríos o quebradas. La expansión del área urbana también reduce las zonas permeables y por lo tanto impacta en la recarga de agua subterránea, flujo base de ríos y manantiales. Hay más suelo impermeabilizado y menos áreas de infiltración o retención de agua, por tanto hay un aumento de la escorrentía y de los caudales punta que llegan a las zonas más densamente pobladas.

Un estudio reciente sobre la vulnerabilidad socioeconómica en el AMSS frente al aumento de temperaturas recalca *“la expansión del área urbana, sin criterios de sostenibilidad ambiental, ha elevado la vulnerabilidad de municipios con altos niveles de suelo impermeabilizado y hacinados (como San Marcos, Ciudad Delgado, San Martín y Ayutuxtepeque)”* (Abajo, 2017).

#### Condiciones Físicas y Ambientales

La ubicación del país en una región recurrentemente afectada por sequías, huracanes y el fenómeno El Niño-Oscilación Sur exagera la vulnerabilidad al cambio climático. Gran parte del territorio nacional se considera zona de riesgo debido a su ubicación geográfica y condiciones geológicas, con alta propensión a deslizamientos y movimientos de ladera, inundaciones y amenazas geológicas (sismos, actividad volcánica). La gran mayoría de la población (9/10 habitantes) se encuentra bajo condiciones de riesgo, situación favorecida por la elevada densidad de población, la pobreza, la precariedad en la urbanización, la deforestación, el bajo nivel de conciencia sobre los riesgos entre la población y la falta de información técnica para mejorar la gestión de los riesgos (UNDAC, 2010; Fuentes, 2012).

Las características geológicas y edafológicas de los suelos y roca madre presente en el AMSS, se convierten en factores naturales de vulnerabilidad. Gran parte de la extensión territorial está cubierta

---

<sup>6</sup> Emilio Ventura (DACGER), Rosa Elena Pérez de Villeda (ISDEM), Celina Kattan (Observatorio Ambiental –MARN), Edna Valle (VMDU) y Bernardo Romero (MAG).

por materiales piroclásticos (Weber et al., 1974) asociados a la erupción del lago de Ilopango. Estos materiales y los suelos derivados de ellos son altamente erosionables por las crecidas de los ríos en la estación lluviosa, lo cual se refleja en cárcavas, socavones y altas tasas de erosión en zonas descubiertas de vegetación.

La disponibilidad del recurso hídrico es una preocupación emergente en la zona y en 2016 se emitió la primera alerta naranja por desabastecimiento de agua. Se estima que un 41.7% del abastecimiento de la región se da a partir del acuífero de San Salvador (ANDA, 2016), el cual fluye bajo el AMSS. El resto del agua proviene del Sistema Zona Norte, otro sistema de aprovechamiento de agua subterránea localizado en el acuífero Opico Quezaltepeque en la subcuenca del río sucio; y de la Planta Potabilizadora Las Pavas, la cual consiste de una represa para tratar agua del río Lempa. De acuerdo al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (MARN, 2016) la recarga acuífera de la zona varía entre 151 - 600 mm/año. La reducción de las áreas permeables en el AMSS amenaza con reducir de forma importante la disponibilidad de agua en la zona, lo cual puede repercutir en el deterioro de la calidad de vida de la población y en aumento de costos de producción de la industria asentada en ese área.

De acuerdo al Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos la sub-cuenca del río Acelhuate fue definida como zona prioritaria (ZP) 8, localizada dentro de la región hidrográfica Lempa, cuyo índice de estrés hídrico<sup>7</sup> es de 0.12. Un estrés hídrico de 0.12 se considera bajo. Sin embargo habría que considerar las restricciones que el mismo plan sugiere para el consumo de agua superficial, ya que desaconseja su uso tanto para riego de cultivos que se consuman crudos como para consumo humano.

### **Productividad e infraestructura crítica**

El 70% de la inversión pública y privada se da en la zona, por lo tanto es la región con mayor actividad económica, política, financiera y cultural del país. Por consecuencia, afectaciones al funcionamiento de la infraestructura física y social de la zona repercute a nivel nacional. La mayor parte de la infraestructura física en El Salvador, en particular la vial y social, fue diseñada bajo parámetros que no se corresponden con la realidad actual de la amenaza climática, por lo cual se ha vuelto más vulnerable a ser afectada por fenómenos climáticos extremos y, de hecho, ya ha empezado a ser fuertemente impactada por el aumento de la frecuencia e intensidad de tales eventos. Por tanto, una mayor frecuencia de estos extremos debe ser ahora una premisa en el diseño y construcción de las obras de infraestructura, aun cuando los nuevos parámetros de diseño podrían elevar sus costos iniciales de manera significativa.

La tabla siguiente los factores de vulnerabilidad climática en el AMSS que se rescataron de entrevistas en la fase de arranque del proyecto.

---

<sup>7</sup> Se considera el índice de estrés hídrico como la relación entre las demandas de agua o los usos consuntivos frente a los recursos hídricos disponibles (MARN, 2016).

**Tabla 38: Factores de vulnerabilidad climática en el AMSS resaltados por actores entrevistados (representantes de la OPAMSS, MARN-Observatorio Ambiental, MOPVDT)**

Sensibilidad	Capacidad adaptativa
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geomorfología</li> <li>- Construcciones antiguas y obras cuya vida útil caducó localizados próximamente a los ríos y quebradas</li> <li>- Crecimiento de la ciudad no se compensa con aumentos en la capacidad de sistemas (p.ej., redes de drenaje)</li> <li>- Densificación de viviendas en altura sin la densificación de la obra pública</li> <li>- Malas prácticas de diseño y construcción (p.ej., colectores conectados directamente en vez de usar pozos, propiciándose la erosión)</li> <li>- Puentes construidos con normativa que no contemple las crecidas de caudales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia de planificación en los sistemas de drenaje</li> <li>- Ausencia de datos / información que permita la caracterización de las problemáticas (p.ej., solo está catastrado el 28% del sistema de drenaje de aguas lluvias)</li> <li>- Ausencia de suelo urbanizable en el AMSS</li> <li>- Ausencia de una institución rectora en el tema de los drenaje, los ríos, quebradas y colectores</li> <li>- Carencias en instrumentos regulatorios</li> <li>- Funcionamiento de CODEMET, para la articulación de prioridades y coordinación de inversiones</li> <li>- Capacidad de generar dictámenes técnicos (p.ej., desde la DACGER) para evitar el emplazamiento de viviendas en suelos no aptos por estar expuestos a riesgo por inundaciones</li> <li>- Existencia de normas de porcentaje de ventilación (OPAMSS)</li> </ul>

## Corredor Seco

### Condiciones físicas y ambientales

El Salvador se encuentra en el Corredor Seco de Centroamérica, constituido por un grupo de ecosistemas que se combinan en la ecoregión del bosque tropical seco con unas condiciones biofísicas y de temperatura, evo-transpiración y precipitación particulares. Esas condiciones naturales incluyen fenómenos cíclicos de sequía severa y alta. El riesgo de sequías es aún mayor durante los años del fenómeno de El Niño. En épocas de La Niña, lluvias intensas y prolongadas ocasionan inundaciones en las áreas costeras, deslizamientos y erosión de suelos en las áreas montañosas (Banco Mundial et al, 2014; CENTA, 2017). Por ubicarse en el cinturón tropical, la pluviosidad del territorio se caracteriza por una estación seca (de noviembre a abril) y una estación lluviosa (de mayo a octubre), aunque estos patrones se han vuelto menos predecibles en los últimos años (MARN, 2013). Cabe destacar el concepto de la canícula, correspondiente a periodos secos y elevadas temperaturas en julio y agosto de duración variable que pueden alcanzar hasta 30 días o más (CENTA, 2017).

Dentro del Corredor Seco, las áreas críticas sujetas a procesos de degradación de suelos y sequía se encuentran particularmente en la zona oriental del país. Según información del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) las áreas que año a año han sufrido problemas de escasez de lluvia se concentran en 98 municipios a nivel nacional ubicados en su mayor parte la región oriental. Los 98 municipios con déficit hídrico recurrente representan el 40% del país, de los cuales 44 son afectados de forma moderada y 54 de forma severa impactando la producción agrícola especialmente en granos básicos (maíz, frijol y arroz), lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria, especialmente en el caso de los agricultores de subsistencia.

Las sequías se asocian con procesos de degradación ambiental que, combinados con condiciones climáticas adversas, incrementan su recurrencia y sequedad y hacen del Corredor Seco una de las zonas de mayor vulnerabilidad ambiental en toda la región. El fenómeno de El Niño suele causar daños y pérdidas considerables en todos los países de la región y amplificar el deterioro ambiental debido al mal uso de la tierra e inadecuadas prácticas agrícolas, expansión de la frontera agrícola sin regulación, proliferación de asentamientos humanos sin planificación y una falta de ordenamiento territorial (MARN, 2015).

Dada la estrecha relación entre las sostenibilidad de los recursos agua, suelo y bosque, el mal uso de los mismos, incluyendo la deforestación, la aceleración de procesos erosivos, la contaminación del agua y el suelo, ha ido alterando los ecosistemas y los servicios que brindan. Los usos insostenibles de recursos, incluyendo la sobre explotación de especies silvestres, combinados con el cambio climático presentan un gran riesgo para la biodiversidad (Caballero, 2014).

Dentro del Corredor Seco se han definido dos zonas prioritarias para el mejoramiento de la gestión de recursos hídricos: zonas prioritaria (ZP) 3 Bahía de Jiquilisco y ZP 4 Grande de San Miguel y La Unión (MARN, 2016). Según las evaluaciones correspondientes se han definido una serie de problemáticas, resumidas en la siguiente tabla:

**Tabla 39: Problemáticas de la gestión integrada del recursos hídrico en el Corredor Seco**

Eje	Temas / problemas
Aprovechamiento de recursos hídricos y preservación del medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La insuficiente cobertura de agua potable</li> <li>- Insatisfacción de las demandas</li> <li>- En el sector agrícola, falta de implantación de caudales ecológicos y problemas de erosión que deterioran el régimen hidrológico</li> </ul>
Calidad de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación de aguas superficiales y subterráneas debido a vertidos de aguas residuales y contaminación agrícola</li> <li>- Presencia de fenoles (insumos industriales) en aguas superficiales</li> <li>- Contaminación de suelos</li> <li>- Salinidad en las aguas subterráneas en la ZP3 que es se encuentra en la zona costera</li> </ul>
Riesgo por fenómenos extremos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo por inundación en centros poblados, infraestructuras esenciales y áreas agrícolas</li> <li>- Riesgo por sequías que afectan al recurso hídrico, a los suelos, a los sectores agrícola, forestal, generación de energía hidroeléctrica, a la población y a la economía</li> </ul>
Gobernanza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insuficiente conocimiento de la disponibilidad del recurso hídrico y de su calidad, que se traduce en falta de adecuación de las redes de monitoreo</li> <li>- Un marco normativo deficiente, débil institucionalidad y baja capacidad de gestión del recurso hídrico</li> <li>- Una inadecuada cultura del agua y participación ciudadana</li> </ul>

### Condiciones socio-económicas desfavorables

De los aproximadamente 6.5 millones de habitantes de El Salvador, la tercera parte habita en asentamientos que combinan pobreza con condiciones insalubres y servicios de saneamiento básico y de salud deficientes. En las zonas rurales casi el 40% vive en situación de pobreza y más de 10% en pobreza extrema (cifras más altas que en áreas urbanas). Persisten altos niveles de desigualdad socio-económica, que se manifiestan en varios indicadores, como las tasas de mortalidad y morbilidad infantil y materna, los niveles de desnutrición y acceso a agua potable, servicios de salud, educación, seguridad social, y capital y crédito productivo (DYGESTIC, varios años).

Recientemente se midió la pobreza multidimensional en el país sobre una base de 20 indicadores en las áreas de educación; condiciones de la vivienda; trabajo y seguridad social; salud, servicios básicos y seguridad alimentaria; y calidad del hábitat. Este estudio determinó que la intensidad de la pobreza multidimensional a nivel nacional es del 43%, siendo del 44% para áreas rurales. Esta condición deja ver que cerca de la mitad de la población tiene privaciones importantes que exacerban los efectos del cambio climático y limitan su capacidad de respuesta ante los mismos (STPP, MINEC-DYGESTIC, 2015).

Los efectos del cambio climático se manifiestan a nivel local y las diferencias en capacidades y sensibilización entre municipalidades de la región son factores importantes a considerarse. Por ejemplo, la municipalidad de San Miguel, que es cabecera departamental, es una alcaldía más grande

y más fortalecida técnicamente que el resto de municipalidades de la región. La municipalidad de San Miguel está pendiente por las lluvias, seguimiento de huracanes, implementando estrategias de emergencia; todas estas capacidades se pueden potenciar para la adaptación al cambio climático.

### **Productividad, infraestructura y medios de vida**

La mayor parte de la infraestructura física en El Salvador, en particular la vial y social, fue diseñada bajo parámetros que no se corresponden con la realidad actual de la amenaza climática, por lo cual se ha vuelto más vulnerable a ser afectada por fenómenos climáticos extremos y, de hecho, ya ha empezado a ser fuertemente impactada por el aumento de la frecuencia e intensidad de tales eventos. Por tanto, una mayor frecuencia de estos extremos debe ser ahora una premisa en el diseño y construcción de las obras de infraestructura, aun cuando los nuevos parámetros de diseño podrían elevar sus costos iniciales de manera significativa.

El cambio climático y la variabilidad climática tienen también implicaciones fuertes para la generación energética, debido tanto a sus efectos sobre la generación hidroeléctrica como a la transición en curso hacia otras fuentes renovables de energía. Una estrategia de adaptación al cambio climático en la infraestructura vial e hidroeléctrica implica un proceso de intervención más amplia en las cuencas, para transformar las prácticas agropecuarias y mejorar la regulación hídrica. Por consiguiente, la combinación de inversiones en infraestructura gris tradicional, con la protección y restauración de infraestructura natural (p.ej., expansión de agro-forestería, recuperación de manglares) puede ser una alternativa costo-eficiente para desarrollar obras de infraestructura más resilientes al cambio climático.<sup>8</sup>

Un sector productivo particularmente sensible al cambio climático en el país es el agropecuario, cuyo valor agregado representa 12% del PIB (21% si se incluye la agroindustria). La variabilidad climática se ha constituido en la principal causa de la fluctuación anual de la producción agrícola en El Salvador, como consecuencia del exceso de lluvias en algunos años y de los fenómenos de sequía en otros. Además de la variabilidad climática, la agricultura será crecientemente afectada por los cambios lentos pero inexorables en las condiciones promedio del entorno como temperatura y disponibilidad de agua, que son factores determinantes de la actividad agropecuaria, pues afectan su productividad y la tornan más vulnerable a la difusión de enfermedades transmitidas por vectores.

Los cultivos principales del Corredor Seco son maíz, sorgo, caña de azúcar y café, predominando patrones del 65% de maíz y el 17% de sorgo en la mayor parte del territorio (Bouroncle et al., 2015). Sin embargo, el aumento de las temperaturas previstas en los escenarios de cambio climático, acompañado de la intensificación de los períodos secos y de calor y de menos lluvias, provocará un déficit de agua y consecuentemente, un cambio en las zonas aptas para los cultivos. Se estima que en el Corredor Seco, las áreas aptas para cultivos cambiarán en la mayor parte del territorio, entre un 0 a 6%, y en una menor extensión las áreas sufrirán un descenso entre 6 -18%. Esta situación evidencia un problema futuro de seguridad alimentaria, especialmente considerando la baja capacidad adaptativa de la población rural de pequeños y medianos agricultores pobres y en situación de desigualdad social (Bouroncle et al., 2015).

Dado que estos alimentos son fundamentales en la provisión de calorías y proteínas a grandes sectores de la población, la pérdida de productividad en estos cultivos debido al cambio climático tendría serias consecuencias para la seguridad alimentaria, en particular para la producción de autoconsumo de los pequeños agricultores de bajos ingresos, al reducir la producción de alimentos, además de aumentar

---

<sup>8</sup> Por ejemplo, la expansión de la agroforestería en las cuencas y la recuperación de manglares y de bosques de galería en las riberas de los ríos pueden proteger presas hidroeléctricas, puentes y puertos marítimos mediante la reducción de las crecidas de ríos y la sedimentación. Estas prácticas también densifican las redes ecológicas, mejorando así la conservación de la biodiversidad y la regulación hídrica.

los precios y/o la escasez para los consumidores, dependiendo de las posibilidades del país de compensar con importaciones las pérdidas de producción doméstica.

## Apéndice 2: Opciones de adaptación consideradas

A continuación se presentan las opciones de adaptación seleccionadas por el equipo consultor para su análisis. Las opciones de adaptación fueron generadas de manera participativa y son producto de nuestro análisis de la retroalimentación recibida por actores interesados mediante grupos focales. Se analizaron un total de 17 opciones de adaptación para el AMSS y 14 para el Corredor Seco oriental.

### AMSS

#### Línea 1: Reducción de la exposición a amenazas climáticas

1. Sistema de alerta temprana y respuesta ante olas de calor
2. Pronósticos y sistemas de alerta temprana por impacto de lluvias extremas
3. Vivienda elevada y en altura en zonas susceptibles a inundaciones
4. Política de reasentamiento de poblaciones vulnerables al cambio climático en zonas precarias

#### Línea 2: Suelos

1. Protección y restauración de las áreas de recarga hídrica
2. Normativa para la manutención de áreas permeables en el AMSS
3. Sistemas de drenaje pluvial urbano sostenibles
4. Infraestructura verde en ámbitos urbanos y rurales
5. Edificación sostenible (incluyendo criterios bioclimáticos)

#### Línea 3: Manejo de agua

1. Catastro y mejoramiento del sistema de acueductos y alcantarillados del AMSS
2. Catastro de la red de drenaje y análisis y mejoramiento de su capacidad<sup>9</sup>
3. Instrumentos económicos para el financiamiento de servicios de suministro y tratamiento de agua
4. Evaluación del efecto del cambio climático y actualización de las curvas IDF del AMSS
5. Monitoreo y reporte sobre niveles de acuíferos y disponibilidad de agua
6. Coordinación interinstitucional de manejo de cuencas para asegurar RRHH en cantidad y calidad

#### Línea 4: Sensibilización y fortalecimiento institucional local

1. Fortalecimiento de Unidades Ambientales municipales
2. Política de divulgación sobre los avances del país en cambio climático

### Corredor Seco Oriental

#### Línea 1: Suelos y agua

1. Sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia (SCALL)
2. Protección y restauración de las áreas de recarga hídrica
3. Monitoreo y reporte sobre niveles de acuíferos y disponibilidad de agua
4. Conservación y restauración de suelos y bosques para mejorar la productividad agronómica

#### Línea 2: Sistemas de producción resilientes

1. Sistemas de alerta temprana ante amenazas agroclimáticas (exceso o falta de agua, plagas y enfermedades)
2. Diversificación de cultivos y siembra de materiales adaptados al clima futuro
3. Sistemas de producción agrícola resilientes mediante cadenas de valor
4. Seguros y micro-seguros agropecuarios para manejar el riesgo climático de pequeños productores y arrendatarios

---

<sup>9</sup> En nuestro análisis multi-criterio esta medida obtuvo una ponderación alta. Sin embargo, no la presentamos como una acción recomendada ya que su implementación ya está asegurada (<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=40741082>).

5. Creación y uso de líneas de crédito como incentivo para que pequeños productores y arrendatarios integren el enfoque de protección de microcuenca

**Línea 3: Capacitación y fortalecimiento institucional local**

1. Educación ambiental y sobre el cambio climático y manejo ecológico
2. Rescate, sistematización y transferencia de conocimientos intergeneracional sobre la práctica en el cultivo de granos básicos, frutales y hortalizas
3. Fortalecimiento curricular sobre manejo agronómico, forestal y cambio climático en programas académicos y técnico / vocacionales
4. Formación de profesionales y funcionarios en temas de adaptación al cambio climático y mitigación
5. Fortalecimiento de Unidades Ambientales municipales

## Bibliografía

Abajo, B.; Acero, J.; Cuellar, N.; Fernández, M.; Handal, C.; Kandel, S.; Herrera, E.; Membreño, A.; Quiñónez, N. (2017) Proyecto: Planificación para el incremento de la temperatura debido al cambio climático en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS). Informe: Análisis de vulnerabilidad socioeconómica frente al aumento de temperaturas en los municipios del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS).

ANDA (2016). Memoria de Labores 2015 (Memoria anual), Memoria de Labores. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados - ANDA, San Salvador.

Anglian Water Services Ltd, 2009. Guidance on the use of sustainable drainage systems (SUDS) and an overview of the adoption policy introduced by anglianwater.

Asociación Mangle, EcoVIVA y CATIE. (2016). Plan de Inversiones para el primer año del Plan de Desarrollo Local Sostenible de la Reserva de Biósfera Xiriualtique-Jiquilisco. San Salvador, El Salvador: Fondo de la Iniciativa para Las Américas (FIAES).

CCAD-GIZ. (2016). Fichas Técnicas de Restauración de Paisajes para el Área de Conservación El Imposible-Barra de Santiago, El Salvador. San Salvador, El Salvador: Programa REDD+ Landscape.

Banco Mundial; CIAT; CATIE. 2014. Agricultura climáticamente inteligente en El Salvador. Serie de perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para América Latina. Washington, D.C.: Grupo del Banco Mundial.

BID. Ciudades Sostenibles (Blog). Infraestructura gris y verde para mayor resiliencia urbana. 2013. <https://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/2013/08/28/infraestructura-gris-y-verde-para-mayor-resiliencia-urbana/>

BID/VMVDU/Inypsa. 2015. Diagnóstico Sectorial Medio Ambiente, municipio de Jucuarán. Formulación de Los Planes de Ordenamiento Urbano de los Municipios de la Cuenca de la Bahía de Jiquilisco. El Salvador.

Bouroncle, C., Laderach, P., Rodriguez, B., Medellín, C., Fung, E., 2015. La agricultura de El Salvador y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para adaptación? CGIAR Res. Program Clim. Change Agric. Fod Secur. CCAFS.

Caballero, K. (2014). Escenarios Climáticos en El Salvador. Documento de “La Economía del Cambio Climático en El Salvador”. CEPAL.

Cabrera, O. y P. Amaya. (2012). Vulnerabilidad Socioeconómica ante el Cambio Climático en El Salvador. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural-(RIMISP).

Calderón, S., 2014. Cambio Climático en Zonas Urbanas: Caso de Estudio Área Metropolitana de San Salvador.

Cap-Net, 2010. Groundwater Management in IWRM (Training Manual). International Network for Capacity Building in Integrated Water Resource Managemet (Cap-Net UNDP), South Africa.

CATHALAC.2017. Consultoría: Elaboración de Escenarios de Clima para El Salvador.

CATIE. 2007. Plan de Manejo de la Cuenca Binacional del Río Goascorán. Programa Binacional de Desarrollo Fronterizo Honduras-El Salvador. Unión Europea.

CCAFS América Latina, MAG, CAC, CIAT (2014). Estado del Arte en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria en El Salvador.

CENTA. (2017). Plan Agropecuario: “Incremento de la Capacidad de Recuperación de los Medios de Vida de los Pequeños Productores frente a la Sequía en Municipios del Corredor Seco, Región Oriental”.

CEPAL (2010). El Salvador: Efectos del cambio climático sobre la agricultura.

CEPAL (2011). Economía del Cambio Climático en Centroamérica.

Chou et al. (2014). Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. *American Journal of Climate Change*, 2014, 3, 512-525.

COAMSS - OPAMSS, 2013. Generalidades del AMSS. ¿Quiénes Somos.

COAMSS-OPAMSS, 2016. Esquema Director Área Metropolitana de San Salvador – Resumen Ejecutivo.

Consejo de Salud Ocupacional (CSO) de Costa Rica. 2015. DECRETO Nº 39147 S-TSS Reglamento para la prevención y protección de las personas trabajadoras expuestas a estrés térmico por calor.

Custodio, E., 2010. Estimation of aquifer recharge by means of atmospheric chloride deposition balance in the soil. *Contrib. Sci.* 81–97. <https://doi.org/10.2436/20.7010.01.86>

DACGER. 2013. Proyecto GENSAI-JICA Equipo de Cooperación Técnica para el Proyecto de Desarrollo de Capacidades de la DACGER-MOP “Análisis de Período de Retorno para Lluvia de Dos Días en El Salvador-Septiembre 2013”

Debortoli, N.S., Camarinha, P.I.M., Marengo, J.A., Rodrigues, R.R. (2017). An index of Brazil’s vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. *Nat Hazards* (2017) 86:557–582.

Environment Agency, n.d. Sustainable Drainage Systems (SUDS) A guide for developers.

Fadhel, S., Rico-Ramirez, M.A., Han, D., 2017. Uncertainty of Intensity–Duration–Frequency (IDF) curves due to varied climate baseline periods. *J. Hydrol.* 547, 600–612. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.02.013>

FAO, 2012. Estudio de caracterización del Corredor Seco Centramericano (Países CA-4), Primera Edición. ed. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Honduras.

FAO, 2013. Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina regional de la FAO para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile.

FAO. «Directrices para la silvicultura urbana y periurbana.» Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2017. <http://www.fao.org/3/b-i6210s.pdf>

Fernández-Lavado, Carles. 2010. Caracterización de la inundabilidad en el AMSS (El Salvador, CA). Programa IPGARAMSS.

Field, C.B. et al. (2014): Technical summary. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [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, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 35-94.

- Fuentes, A.B. (2012). Sistematización de Estudios de Vulnerabilidad al Cambio Climático en El Salvador.
- Graham, A., Day, J., Bray, B., Mackenzie, S., 2012. Sustainable drainage systems. Maximising the potential for people and wildlife. A guide for local authorities and developers. The Royal Society for the Protection of Birds (RSPB) y Wildfowl & Wetlands Trust (WWT), United Kingdom.
- Graham, A., Day, J., Bray, B., Mackenzie, S., 2012. Sustainable drainage systems. Maximising the potential for people and wildlife. A guide for local authorities and developers. The Royal Society for the Protection of Birds (RSPB) y Wildfowl & Wetlands Trust (WWT), United Kingdom.
- Grande Ayala, Carlos & Escalante, Arturo. (2014). Análisis de la cobertura vegetal del Área Metropolitana de San Salvador y determinación de Índices de cobertura vegetal del municipio de Antiguo Cuscatlán
- Guillén Bolaños, T., Máñez Costa, M., Nehren, U. (2016): Development of a prioritization tool for climate change adaptation measures in the forestry sector – A Nicaraguan case study. Report 28. Climate Service Center Germany, Hamburg.
- Hernandez, M., Odianose, S., Fouvet, C. and Firth, J. (2017). Supply Chain Climate Change Risk Assessment. Acclimatise. Newark, UK.
- Illman, S., Wilson, S., 2017. Guidance on the construction of SuDS.
- Ilstedt, U., Bargués Tobella, A., Bazié, H.R., Bayala, J., Verbeeten, E., Nyberg, G., Sanou, J., Benegas, L., Murdiyarsa, D., Laudon, H., Sheil, D., Malmer, A., 2016. Intermediate tree cover can maximize groundwater recharge in the seasonally dry tropics. *Sci. Rep.* 6. <https://doi.org/10.1038/srep21930>
- Interempresas (<https://goo.gl/wUpqHG>)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.), 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, NY.
- Koutsoyiannis, D., Kozonis, D., Manetas, A., 1998. A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. *J. Hydrol.* 206, 118–135. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00097-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00097-3)
- Kreft, S., D. Eckstein and I. Melchior. 2017. GLOBAL CLIMATE RISK INDEX 2017 Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2015 and 1996 to 2015
- Kumar, P., Genelettia, D. and Nagendraba, H. (2016). Spatial assessment of climate change vulnerability at city scale: A study in Bangalore, India. *Land Use Policy* 58 (2016) 514–532.
- MAG. 2013 - 2016. Anuario de Estadísticas Agropecuarias. Dirección General de Economía Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Santa Tecla, La Libertad.
- Mallari, A.E.C. (2016). Climate Change Vulnerability Assessment in the Agriculture Sector: Typhoon Santi Experience. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 216, 440 – 451.
- MARN & CDKN. (2017). Informe Técnico: Revisión y propuestas de actuación para afrontar el incremento de temperatura en AMSS. El Salvador: Proyecto Planificación para el incremento de la temperatura debido al cambio climático en el Área Metropolitana de San Salvador.
- MARN (2013). 2a Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (Comunicación Nacional). Gobierno de El Salvador, San Salvador, El Salvador.

MARN (2013a). Informe Nacional del Estado de los Riesgos y Vulnerabilidades.

MARN (2016). Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en Zonas Prioritarias (Versión Preliminar). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, San Salvador, El Salvador.

MARN, 2016. Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en Zonas Prioritarias (Versión Preliminar). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, San Salvador, El Salvador.

MARN. Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP). El Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012.

Marshall, N., Marshall, P., Tamelander, J., Obura, D., Malleret-King, D., & Cinner, J. 2010. A framework for social adaptation to climate change sustaining tropical coastal communities and industries. Gland: UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).

MOPTVDU (2011). Informe de daños a la infraestructura pública, vulnerabilidades y costos por la Depresión Tropical 12E.

NC State Extension. (nd). Assessing Historical Significance and Use Potential of Buildings within Historic Districts.

Nelitz, M., Boardley, S. and Smith, R. 2013. Tools for climate change vulnerability assessments for watersheds; Prepared by ESSA Technologies Ltd. for the Canadian Council of Ministers of the Environment.

OPAMSS. 2007. Mapa y Estudio de Recarga Acuífera del Área Metropolitana de San Salvador, Zona Prioritaria No 1: Faldas del Volcán de San Salvador – Cuenca del Río Acelhuate.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012). Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano. Tomo I.

Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof y Coautores (2007). Resumen Técnico. Cambio Climático 2007: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Aportes del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

Peraza, S., C. Wesseling, A. Aragon, R. Leiva, R.A. García-Trabanino, C. Torres, K. Jakobsson, C.G. Elinder, and C. Hogstedt, 2012: Decreased kidney function among agricultural workers in El Salvador. *American Journal of Kidney Diseases*, 59(4), 531-540.

PRISMA. 2017. Tendencias de abastecimiento de agua en el AMSS y desafíos de restauración ambiental en El Salvador.

Rodríguez, J., 2013. Metodología para la generación de inventario de drenaje pluvial en redes urbanas con distribución desconocida.

Rodríguez, R., Navarro, X., Casas, M.C., Ribalaygua, J., Russo, B., Pouget, L., Redaño, A., 2014. Influence of climate change on IDF curves for the metropolitan area of Barcelona (Spain). *Int. J. Climatol.* 34, 643–654. <https://doi.org/10.1002/joc.3712>

S.E. GILL, J.F. HANDLEY, A.R. ENNOS and S. PAULEIT. 2007. Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *BUILT ENVIRONMENT VOL 33 NO 1 (CLIMATE CHANGE AND CITIES)*

Scanlon, B.R., Healy, R.W., Cook, P.G., 2002. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeol. J.* 10, 18–39.

Seneviratne, S.I. et al. (2012): Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [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.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 109-230.

Shrestha, A., Babel, M., Weesakul, S., Vojinovic, Z., 2017. Developing Intensity–Duration–Frequency (IDF) Curves under Climate Change Uncertainty: The Case of Bangkok, Thailand. *Water* 9, 145. <https://doi.org/10.3390/w9020145>

SNET, 2010. Umbrales de intensidad de lluvia para la generación de un sistema de alerta temprana contra inundaciones en el AMSS, Servicio Hidrológico Nacional. Servicio Nacional de Estudios Territoriales, San Salvador, El Salvador.

Stocker et al. (2013): Technical summary. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Doschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley, Eds. Cambridge University Press, 33-115.

STPP, MINEC-DIGESTYC, 2015. Medición multidimensional de la pobreza. Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia y Ministerio de Economía, a través de la Dirección General de Estadísticas y Censos, San Salvador, El Salvador.

Tapia, Carlos & Abajo-Alda, Beñat & Feliu, Efrén & Mendizabal, Maddalen & Martinez-Saenz, Jose A. & J Fernández, German & Laburu, Txomin & Lejarazu, Adelaida. 2017. Profiling urban vulnerabilities to climate change: An indicator-based vulnerability assessment for European cities. *Ecological Indicators*. 78. 142-155. 10.1016/j.ecolind.2017.02.040.

Unión Europea. Construir una infraestructura verde para Europa. 2014. <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-ES-web.pdf>

UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (ISDR).

Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU). 2010. Análisis de Riesgo Naturales de la Subregión La Unión. El Salvador

Wang, H., Gao, J., Li, X., Wang, H., Zhang, Y., 2014. Effects of Soil and Water Conservation Measures on Groundwater Levels and Recharge. *Water* 6, 3783–3806. <https://doi.org/10.3390/w6123783>

Weber, H.S., Wisemann, G., Wittekindt, H. (1974). Geologische Übersichtskarte der Republik El Salvador.

---

<sup>i</sup> De acuerdo a FAO (2012) un 4% del área total del corredor de El Salvador es afectado potencialmente por la sequía en el grado Severo; incluye los 25 municipios siguientes: San José, Bolívar, Comarcarán, Meanguera del Golfo, San Antonio Pajonal (norte y este), San Alejo, Metapán (oeste), Yucuaiquín, San Miguel (centro-este), San Lorenzo (norte), Santa Rosa Guachipilín (oeste), Masahuat (noroeste), Pasaquina (oeste y sureste), San Idelfonso (sur), Santa Rosa de Lima, Texistepeque (norte), La Unión (norte), Conchagua (norte); también son afectadas pequeñas áreas: Uluazapa, Ahuachapán (norte), Santiago de la Frontera (norte), San Miguel y Apastepeque y San Vicente (norte)