



## Evaluación de vulnerabilidad socioambiental en la microcuenca del Arenal Monserrat



## Evaluación de vulnerabilidad socioambiental en la microcuenca del Arenal Monserrat



## Evaluación de vulnerabilidad socioambiental en la microcuenca del Arenal Monserrat

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador

Elaboración:

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL)

Supervisión y asesoría:

Por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: Marta Moneo, Leyla Zelaya

Por la Universidad de Wageningen: Manuel Winograd, Michiel van Eupen, Jorgelina Hardoy

Diseño y diagramación:

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL)

Colaboradores:

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Ministerio de Obras Públicas y de Transporte (MOPT)

Consejo de Alcaldes y Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (COAMSS-OPAMSS)

Alcaldía Municipal de Antiguo Cuscatlán

Alcaldía Municipal de San Salvador

Alcaldía Municipal de Santa Tecla

Asociación de Proyectos Comunales de El Salvador (PROCOMES)

# Índice

<b>Siglas</b> .....	<b>i</b>
<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	<b>ii</b>
<b>Prólogo</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>vi</b>
<b>01 Conceptos Básicos</b> .....	<b>01</b>
<b>02 Análisis Contextual</b> .....	<b>10</b>
Metodología .....	12
Alcance geográfico .....	14
Contexto .....	16
Situación climática .....	22
<b>03 Vulnerabilidad Socioambiental</b> .....	<b>24</b>
Exposición .....	26
Derrumbres .....	26
Deslizamientos .....	28
Inundaciones .....	30
Sequía .....	32
Incendios .....	34
Erosión hídrica .....	36
Zonas de riesgo .....	38
Exposición final .....	40
Sensibilidad socioeconómica .....	42
Impacto potencial .....	46
Capacidad adaptativa .....	48
Análisis ecosistémico .....	48
Biomasa .....	54
Provisión de agua .....	56
Regulación de temperatura .....	58
Captura de carbono .....	60
Prestación de servicios .....	62
Vulnerabilidad socioambiental .....	64
Cambio climático .....	66
<b>04 Análisis Ecosistémico</b> .....	<b>68</b>
Análisis crítico por ecosistema .....	70
Valorización del rol de los ecosistemas .....	82
Propuesta de medidas AbE .....	86
Medios de vida y ecosistemas .....	88
<b>04 Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>90</b>
<b>05 Bibliografía</b> .....	<b>96</b>

# Siglas

AbE	Adaptación basada en Ecosistemas
ANP	Área Natural Protegida
AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
CENTA-Café	Gerencia de Café y Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”
CLUSA	Liga de Cooperativa de Los Estados Unidos de América
CMNUCC	Conferencia Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNR	Centro Nacional de Registros
COAMSS	Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador
FUNDASAL	Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transporte
OPAMSS	Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador
PREP	Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes del MARN
PROCAFE	Fundación Salvadoreña para Investigaciones de Café
PROCOMES	Asociación de Proyectos Comunales de El Salvador
SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
UCA	Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”
UES	Universidad Nacional de El Salvador
WENR	Wageningen Environmental Research

# Resumen ejecutivo

El Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) incluye 14 municipios y es un área en pleno crecimiento poblacional, donde vive casi el 30 % de la población total del país. El área del proyecto es la microcuenca del Arenal Montserrat que se encuentra sobre parte del territorio de los tres municipios más poblados y más urbanizados del país: San Salvador, Santa Tecla y Antiguo Cuscatlán. La población en la zona del Arenal Montserrat es de aproximadamente 115,500 habitantes y comprende un área de 54.98 km<sup>2</sup>.

La microcuenca tiene un clima de bosque seco tropical, con lluvias promedio de 1,700 a 2,000 mm/año. El relieve predominante es el de valle y montaña, de los cuales, casi el 31% corresponde a cobertura vegetal, donde el 90% de este es cafetal, 2% bosque latifoliado, 2% pastos, 3% bosque ripario y 3% suelo desnudo. El resto es tejido urbano continuo que se ha ido incrementando con la consiguiente disminución de la

cobertura boscosa y cafetalera de la zona.

Esta microcuenca tiene como principal canal de drenaje la quebrada Arenal Monserrat, y en su parte intermedia es conocida como quebrada La Lechuza y su parte más alta como quebrada El Piro; a este afluente se le suman las siguientes quebradas: Merliot, Buenos Aires, El Suncita, La Mascota y Arenal San Felipe.

En la microcuenca se generan importantes servicios para el AMSS en cuanto a zonas de recarga hídrica, preservación de la biodiversidad, soporte a la conservación de suelos, control de derrumbes y deslizamientos, regulación de las concentraciones de la contaminación atmosférica y de temperatura y oferta de paisaje de belleza natural cercano a la ciudad.

Sin embargo, el AMSS es una de las áreas climáticamente más vulnerables de El Salvador. Esto se

refleja en aumentos de la temperatura promedio anual, reducción de la precipitación media anual, fuertes variaciones en la distribución temporal y espacial de las precipitaciones, y aumento de la frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos.

Todos estos factores impactan sobre la producción de cultivos, la propagación de plagas, el caudal de ríos, la disponibilidad de agua, la erosión de suelos y en definitiva altera los medios de vida, los ingresos de las familias, la capacidad de sustento, las infraestructuras y servicios, con fuertes impactos sociales y económicos.

Con los impactos potenciales y las zonas críticas identificadas, se definen las intervenciones de AbE, tomando en cuenta los ecosistemas prioritarios de la zona y sus servicios ecosistémicos que prestan, y aplicando dichas medidas a nivel de cuenca, de paisaje y de comunidades locales. Particularmente en la

microcuenca, estas serán complementarias a la aplicación de otras medidas de ingeniería o infraestructura gris como la laguna de laminación, que está siendo construida en la colonia Luz, en la zona baja de la microcuenca y de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS) dentro del Plan Maestro de Drenaje del AMSS, que se están implementando en la parte media, ambas bajo la responsabilidad del Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

Estas medidas de infraestructura verde, como también se denominan a las medidas AbE, tienen como fundamento la atención a poblaciones más vulnerables, fomento a la prevención, sustentabilidad en el aprovechamiento y uso de los recursos naturales, conservación de los ecosistemas y su biodiversidad, factibilidad, participación activa de la población objetivo, costo-efectividad y flexibilidad.

# Prólogo

En el marco del proyecto City Adapt – Construyendo resiliencia climática en los sistemas urbanos a través de la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) en Latinoamérica y el Caribe, se elabora el presente Análisis de vulnerabilidad socioambiental en la microcuenca del Arenal Monserrat. Este análisis ha sido desarrollado por la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL), bajo el Acuerdo de Financiamiento de Pequeña Escala SSFA- CC-007-2018 con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés). Contó con la asesoría técnica de Wageningen Environmental Research (WENR) y el apoyo del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, quien es la contraparte de este proyecto, así como instituciones y actores locales.

City Adapt es un proyecto que tiene como objetivo reducir la vulnerabilidad de las comunidades urbanas a los efectos del cambio climático, implementando

intervenciones de AbE, así como el fortalecimiento de capacidades para integrar la AbE en la planificación urbana. Es un proyecto que se realiza de forma simultánea en Xalapa, Veracruz, México; Kingston, Jamaica y San Salvador, El Salvador.

Según el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, la vulnerabilidad *“es la medida en la que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación”* (IPCC, 2007).

El objetivo de este estudio es analizar la variabilidad y los riesgos actuales y su posible relación con el cambio climático en las áreas urbanas como en las zonas periurbanas de los municipios de San Salvador, Antiguo Cuscatlán y Santa Tecla, que conforman la microcuenca del Arenal Monserrat. Asimismo, define de una manera

focalizada las medidas de adaptación basada en ecosistemas que pueden ser implementadas para reducir la vulnerabilidad al cambio climático, proporcionando al mismo tiempo múltiples cobeneficios ambientales y socioeconómicos a través de la conservación, el uso sostenible y la rehabilitación del ecosistema.

Para la elaboración de los mapas, los datos fueron facilitados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como también el Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

Para la realización de las entrevistas a las comunidades con el objetivo de explorar la percepción y el riesgo de fenómenos climáticos, se contó con el apoyo de la Gerencia de Cooperación Internacional y la de Desarrollo Social, así como los Distritos III, IV y V de la Alcaldía Municipal de San Salvador y las Gerencias Ambientales de las Alcaldías de Antiguo Cuscatlán y de Santa Tecla.

Sobre la información correspondiente a la descripción de los ecosistemas y valorización del rol de los mismos, como los medios de vida existentes en el área, se llevó a cabo a través de talleres participativos con expertos tanto de FUNDASAL como de PROCOMES, así como información proveniente de las entrevistas con los actores.

Finalmente agradecer al equipo técnico de FUNDASAL, por su enorme esfuerzo para la elaboración de este documento.

Leyla Zelaya  
Coordinadora City-Adapt, San Salvador  
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

# Introducción

El concepto de “vulnerabilidad al cambio climático” nos ayuda a comprender mejor las relaciones causa/efecto detrás del cambio climático y su impacto en las personas, sectores económicos y los sistemas socioecológicos (GIZ, 2017).

Por lo tanto las evaluaciones de vulnerabilidad cumplen diversos propósitos (GIZ, 2017):

- Identificación de puntos críticos actuales y potenciales
- Identificación de los puntos de entrada para la intervención
- Seguimiento a los cambios en la vulnerabilidad y el monitoreo y evaluación de la adaptación

El presente análisis identifica en primer lugar, las áreas que están expuestas a riesgos como un resultado de vincular datos como temperatura y precipitación, con los atributos naturales y/o físicos del sistema, como pendiente, cobertura y tipo de suelos, índice de vegetación, entre otros. Al mapa

que resume estos riesgos es agregado el de densidad de población, para obtener la **EXPOSICIÓN** al cambio climático.

Para mostrar la **SENSIBILIDAD** de este sistema se adicionan las características sociales y económicas de la población. Al respecto, el estudio “Escenarios de vida de la exclusión urbana” (FUNDASAL/PNUD, 2009) proporciona dicha información y caracteriza la precariedad de los asentamientos urbanos en 32 ciudades del país, utilizando indicadores físicos (acceso a servicios básicos, uso de materiales informales o de baja calidad en las viviendas, integración a la trama urbana y tenencia de la tierra) y socioeconómicos (desempleo, ingresos, inseguridad)<sup>1</sup>.

Asimismo, en este apartado se incluyen los resultados de las encuestas realizadas a las comunidades ubicadas en zonas de alto riesgo, que muestra el nivel de conocimiento ante temáticas relacionadas con el clima y riesgo a desastres y el nivel de preparación ante estos eventos.

Con la información combinada de exposición y sensibilidad

se determina el **IMPACTO POTENCIAL** del cambio climático en los ambientes naturales/físico y en el entorno social.

En el análisis que se realiza hay un cuarto componente: la **CAPACIDAD ADAPTATIVA**, que se describe como el conjunto de factores que determinan la capacidad de un sistema de generar e implementar medidas de adaptación. Estos factores se relacionan en gran medida con los recursos disponibles de los sistemas humanos y sus características y capacidades socioeconómicas, estructurales, institucionales y tecnológicas (GIZ, 2017). Para este análisis se determina la provisión de servicios ambientales que moderan los daños potenciales y permite manejar los impactos adversos del cambio climático. Al respecto, se hace un análisis de los ecosistemas presentes en la microcuenca, que muestra los diferentes servicios ecosistémicos que estos brindan. Se reconocen cuatro de los servicios ecosistémicos más relevantes: biomasa, provisión de agua (recarga hídrica potencial), regulación de clima (temperatura superficial) y captura de carbono. Esta información es resumida en un mapa que junto con el de impacto potencial, expone la

**VULNERABILIDAD SOCIOAMBIENTAL** del área de estudio.

Se incluye un apartado referido a los escenarios de cambio climático que permite evaluar las consideraciones para la vulnerabilidad futura y que deben ser incluidos en la implementación de las medidas de intervención AbE.

El último capítulo desarrolla para cada uno de los ecosistemas, una descripción y valorización del rol de los mismos y los servicios que producen, así como los medios de vida que existen y que se interrelacionan con dichos servicios. Esto permite concluir una propuesta de intervenciones de AbE que permitirá aumentar la capacidad de adaptación y disminuir la sensibilidad en el sistema y por consiguiente, reducir la vulnerabilidad.

<sup>1</sup> La georreferencia actualizada de dichos asentamientos fue proporcionada por el MOPT.



**01**

**Conceptos  
básicos**

# Adaptación basada en Ecosistemas

De acuerdo con el Convenio sobre Diversidad Biológica, se entiende por Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) el “uso de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas como parte de una estrategia global de adaptación para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático” (CDB, 2009). Incluye el manejo sostenible y la conservación y restauración de los ecosistemas para proveer servicios que ayuden a los pueblos a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático, lo cual puede traducirse en beneficios sociales, económicos, culturales y la conservación de la biodiversidad (UICN, 2017).

En términos generales, la AbE presenta una gran oportunidad de concebir medidas adaptativas integrales, incluyendo la convergencia con medidas puramente grises, que permitan un equilibrio sostenible que promueva y conserve los ecosistemas y sus servicios, flexibilizándolas y sensibilizándolas a los cambios ambientales no previstos, puede ayudar a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible y contribuir a la mitigación, y produce cobeneficios ambientales, sociales y económicos en la forma de bienes y servicios de los ecosistemas.



## **BENEFICIOS SOCIALES:**

Identifica las necesidades de las comunidades y prioriza las de mayor dependencia con los servicios ecosistémicos; fomenta alternativas económicas mixtas y diversificadas a partir de los bienes y servicios ecosistémicos; motiva la participación comunitaria y fomenta la toma de decisiones informadas, incluyentes y diferenciales; propicia espacios de articulación entre políticas locales, regionales y nacionales; aporta a la implementación de estrategias sectoriales y al cumplimiento de objetivos estratégicos.



## **BENEFICIOS ECOSISTÉMICOS:**

Restaura, mantiene o fortalece a los ecosistemas terrestres, dulceacuícolas y marinos; impulsa el manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales; propicia acciones integrales que contribuyan a la salud ecosistémica y a la conectividad para tener impactos de mayor escala. Estos atributos generan beneficios a mediano y largo plazo que favorecen el aumento de resiliencia territorial frente a los eventos actuales y futuros de la variabilidad y el cambio climático.



## **BENEFICIOS ADAPTATIVOS:**

Brinda alternativas para enfrentar los retos actuales y futuros de la variabilidad y el cambio climático; se fundamenta en las prioridades de adaptación a partir de análisis de amenazas, vulnerabilidad y/o riesgos; vincula información y conocimiento científico con saber local y ancestral. La biodiversidad juega un papel protagónico como alternativa de solución al cambio climático. Por lo tanto, es vital tener presente que la implementación de medidas de adaptación y mitigación con enfoque AbE potenciará la resiliencia ecosistémica y territorial.

Fuente: MADS, 2018.



## Amenaza

Acaecimiento potencial de un suceso relacionado con el clima que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros objetos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales (IPCC, 2014).



## Biodiversidad

Variedad de vida en la tierra, lograda a través de procesos naturales como la selección natural y analizada en tres ámbitos específicos: genes, especies y ecosistemas, que permiten la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones con el resto del entorno fundamentan el sustento de la vida sobre el mundo



## Calentamiento global

El calentamiento de la superficie de la tierra, dirigido por fuerzas naturales o antropogénicas.



## Cambio climático

Variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se mantiene durante un período prolongado (generalmente durante decenios o por más tiempo). El cambio del clima puede deberse a procesos naturales internos o a un forzamiento externo, o a cambios antropogénicos duraderos en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra.



## Capacidad adaptativa

Capacidad de un sistema (ex. Ecosistemas) para ajustarse al cambio climático (incluso a la variabilidad del clima y a los episodios extremos) para mitigar posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias.



## Clima

Síntesis de las condiciones atmosféricas predominantes durante un período sobre un lugar o región determinada, caracterizada por estadísticas a largo plazo (30 años o más) de los elementos meteorológicos en dicho lugar (OMM, 2012).



## Ecosistema

Es un sistema natural formado por un conjunto de seres vivos y un medio que se compone de factores químicos y físicos que interactúan entre sí. Allí, las especies (también llamadas comunidades biológicas) crean relaciones de interdependencia entre ellas y con el ambiente, de las que depende su supervivencia y la salud del ecosistema.



## Exposición

La naturaleza y grado en que un sistema experimenta estrés ambiental o socio-político. Las características de estos incluyen la magnitud, frecuencia, duración y extensión superficial del riesgo.



## Resiliencia ecosistémica

Resiliencia es el opuesto a vulnerabilidad (Darnhofer et al 2008). La resiliencia, definida originalmente por Holling (1973), es una medida de la persistencia de un sistema (ecológico) y su habilidad de absorber cambios e impactos para lograr mantener en iguales términos las relaciones entre sus componentes.



## Riesgo climático

Probabilidad de que ocurra un desastre. Depende de la amenaza de que se produzca un fenómeno, tanto natural como humano, capaz de desencadenar un desastre y de la vulnerabilidad de un sistema socio ecológico a resultar afectado por la amenaza. Los riesgos surgen de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y la amenaza (IPCC, 2014). La gestión del riesgo por cambio climático se encuentra ligada a la adaptación. Así pues, se busca reducir la exposición y la vulnerabilidad ante los efectos asociados a variabilidad y cambio climático y al aumento de la resiliencia del sistema en riesgo (IDEAM, 2017).



## Sensibilidad

Grado en el que un sistema se modifica o afecta por perturbaciones



## Sistemas socioecológicos

Sistema complejo y adaptativo que hace referencia a los procesos de acoplamiento e interacción entre los sistemas sociales (cultura, economía, organización social y política) y los sistemas ecológicos (naturaleza) en un espacio tiempo determinado (Salas et al., 2012, en VIBSE e IAvH, 2014). "No se trata solamente de un sistema que se estructura en torno a un problema ecológico, sino que considera también sistemas sociales humanos que interactúan en un espacio determinado." (Urquiza, 2018).



## Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad. La biodiversidad es la diversidad existente entre los organismos vivos, que es esencial para la función de los ecosistemas y para que estos presten sus servicios. Si bien se estima que estos bienes tienen un valor de 125 billones de dólares, no reciben la atención adecuada en las políticas y las normativas económicas, lo que significa que no se invierte lo suficiente en su protección y ordenación.

# TIPOS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS



## APROVISIONAMIENTO

Bienes o productos obtenidos de la naturaleza para consumo o utilización, ya sea de manera directa o previo procesamiento

- Comida
- Agua dulce
- Materias primas
- Materiales geóticos
- Combustibles renovables
- Recursos genéticos
- Recursos ornamentales
- Compuestos bioquímicos



## SOSTENIMIENTO

Procesos necesarios para la producción y existencia de los demás servicios

- Formación de suelo
- Fotosíntesis
- Producción primaria
- Ciclo de nutrientes
- Ciclo del agua



## REGULACIÓN

Procesos ecológicos que mejoran, o en algunos casos, hacen posible nuestra vida

- Calidad del aire y purificación de aguas residuales
- Regulación del clima
- Regulación en el ciclo del agua
- Control de la erosión
- Mantenimiento de la fertilidad del suelo
- Reciclado de desechos
- Control de enfermedades y plagas
- Polinización
- Reducción de daños ante catástrofes naturales



## CULTURALES

Valores o beneficios no materiales que se obtienen de la naturaleza

- Diversidad cultural
- Espiritualidad y valores religiosos
- Valores educativos
- Fuente de inspiración
- Valores estéticos
- Relaciones sociales
- Arraigo
- Patrimonio cultura
- Servicios recreativos y de ecoturismo
- Conocimiento científico



## Tiempo atmosférico

Estado de la atmósfera en un instante dado. Se determina a partir de la valoración (cualitativa o cuantitativa) de diversos elementos meteorológicos (temperatura y humedad del aire, presión atmosférica, vientos, fenómenos, entre otros) (OMM, 2012).



## Variabilidad climática

Desviación de las estadísticas del clima de un determinado período (mes, estación o año) respecto a las estadísticas a largo plazo de dicho lapso (OMM, 2012). Oscilaciones del clima en períodos de años y decenios.



## Vulnerabilidad

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



**02**

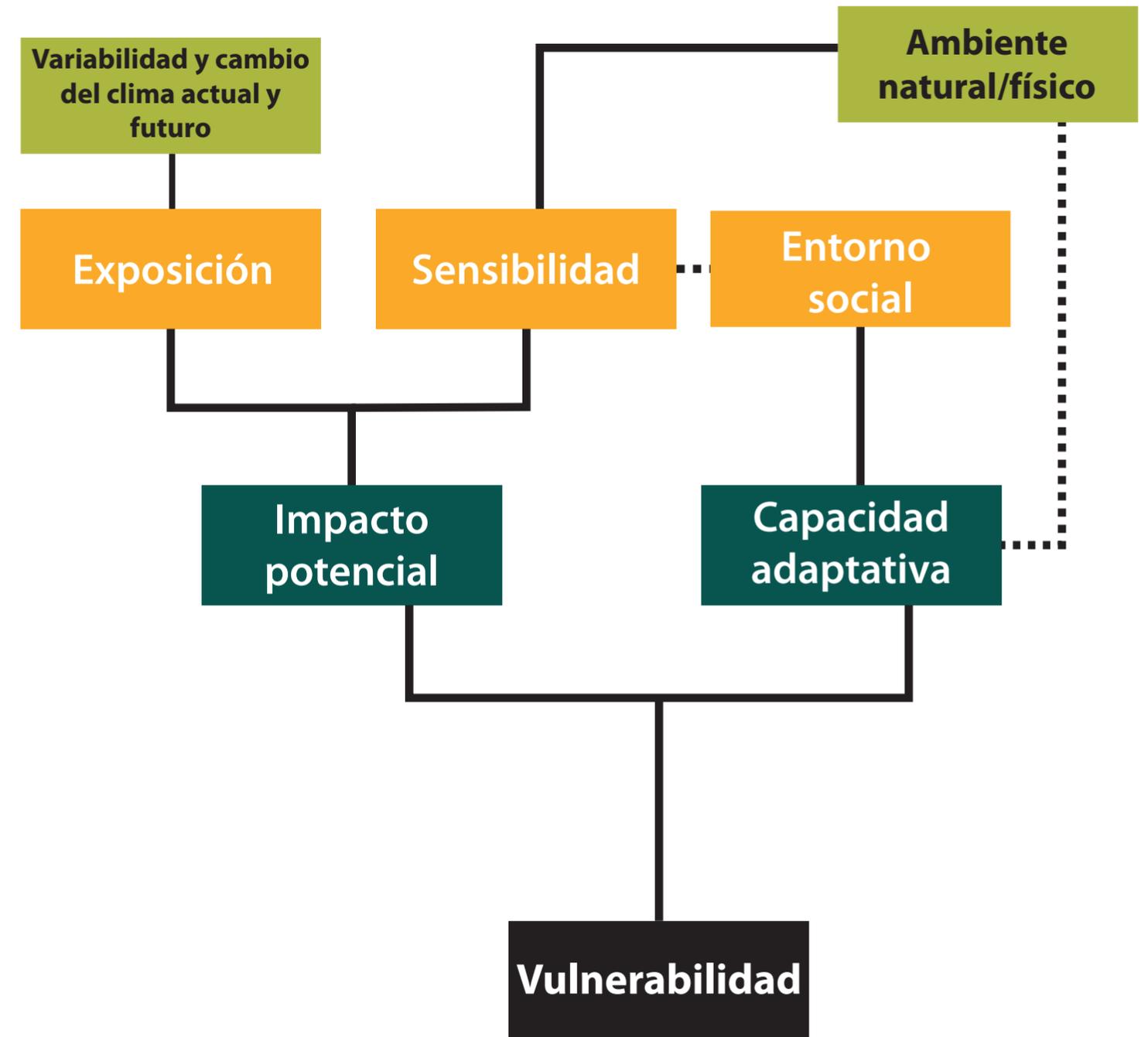
**Análisis  
contextual**

# Metodología

Hemos hablado ya sobre los conceptos básicos claves alrededor de los temas de cambio climático, vulnerabilidad, adaptación, los ecosistemas y sus servicios, y la Adaptación basada en Ecosistemas. Sin embargo, es necesario integrar todos estos conceptos en una metodología que nos permita recopilar y analizar la información necesaria y básica a fin de definir los objetivos, el enfoque y el contenido de las intervenciones y estrategias de adaptación y, principalmente, cómo integrar el papel de los ecosistemas y sus servicios en el análisis y evaluación de vulnerabilidad al cambio climático. Para comprender la aproximación metodológica comprendida en este análisis de vulnerabilidad socioambiental, retomaremos el concepto de sistema socioecológico.

Los seres humanos dependemos de los ecosistemas y los servicios que estos nos brindan para vivir. Todos los asentamientos humanos son parte de un sistema complejo que se recoge en el concepto de sistema socioecológico: un sistema social y un sistema ecológico, formando un conjunto inseparable, en el cual las relaciones recíprocas entre los componentes conducen la dinámica del sistema como un todo. Bajo esa óptica, se vuelve imposible desvincular el rol de los ecosistemas y sus servicios en la dinámica poblacional, y la necesidad de aumentar su resiliencia como parte del proceso de la mejora de las capacidades adaptativas de todo el sistema.

Para este estudio, bajo una visión integral, se han analizado las situaciones de exposición y sensibilidad, para así definir el impacto potencial, además de realizar una valoración crítica de los ecosistemas presentes dentro del área de estudio y los servicios brindados como base de la capacidad adaptativa del sistema (ver esquema adjunto).

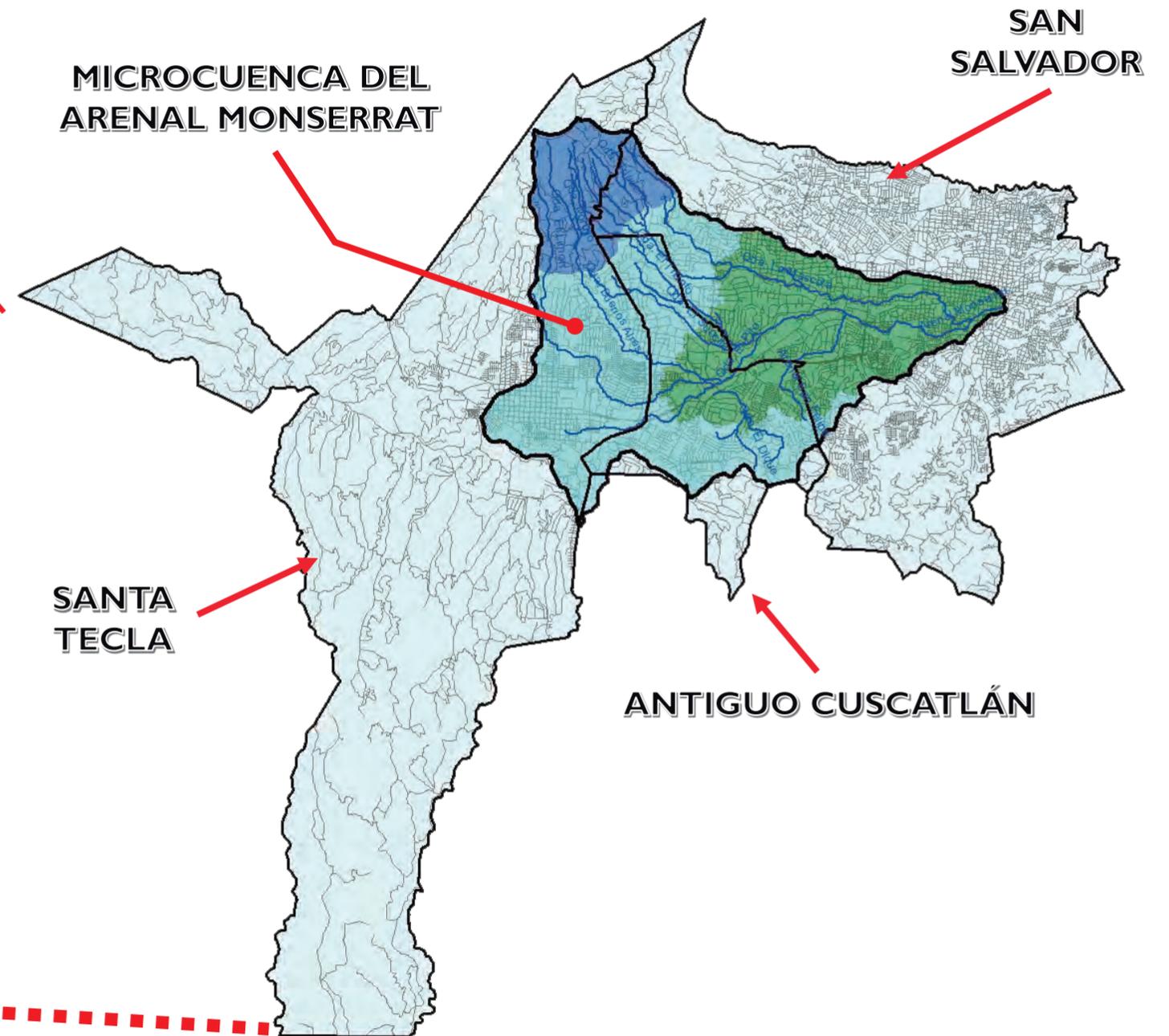
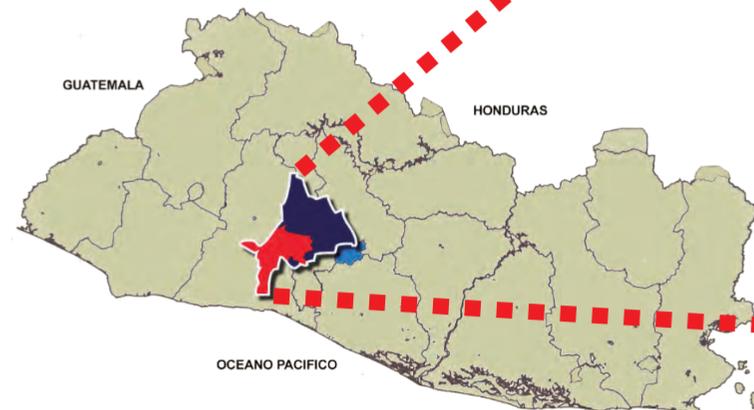


Fuente: GIZ, 2017.

# Alcance Geográfico

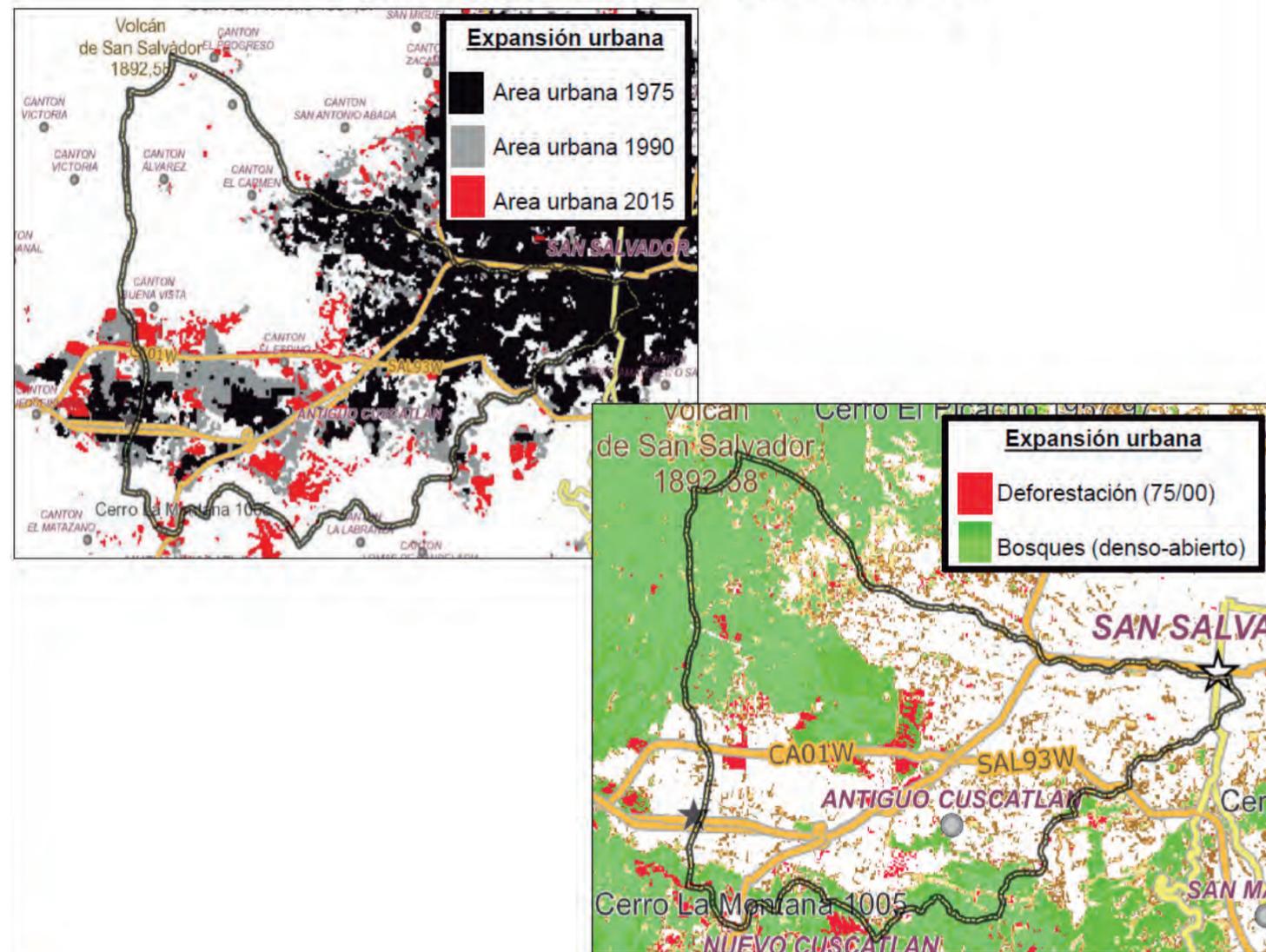
El alcance geográfico para este estudio es la microcuenca del Arenal Monserrat. La cuenca tiene un área de 54.98 kilómetros cuadrados. Administrativamente la cuenca está comprendida mayormente por los municipios de San Salvador, Antiguo Cuscatlán y Santa Tecla. De acuerdo al estudio realizado a la cuenca liderado por el CNR y el SNET, la cuenca posee alta actividad sísmica y vulcanismo activo, con predominancia de tierra blanca y de pómez como material pioplástico. El relieve predominante es el de valle y el de montaña; las pendientes predominantes son de 5 a 25% en la zona de valle y en la zona de montaña con pendientes promedios del 25 al 100%.

La microcuenca cuenta con una red de drenajes dentro de los cuales dos son los más importantes, el río Arenal Monserrat y la quebrada La Mascota. Por encontrarse parte de la ciudad capital en el área de la cuenca, la densidad de población es alta; así se tienen densidades mayores a 5,000 habitantes por kilómetro cuadrado; de igual forma la densidad de las parcelas oscila entre los 50 a 100 metros cuadrados con una densidad en estas áreas de 15,000 a 7,500 parcelas por kilómetro cuadrado.



Ubicación de la Microcuenca del Arenal Monserrat dentro del AMSS. Fuente: Elaboración propia

# Contexto



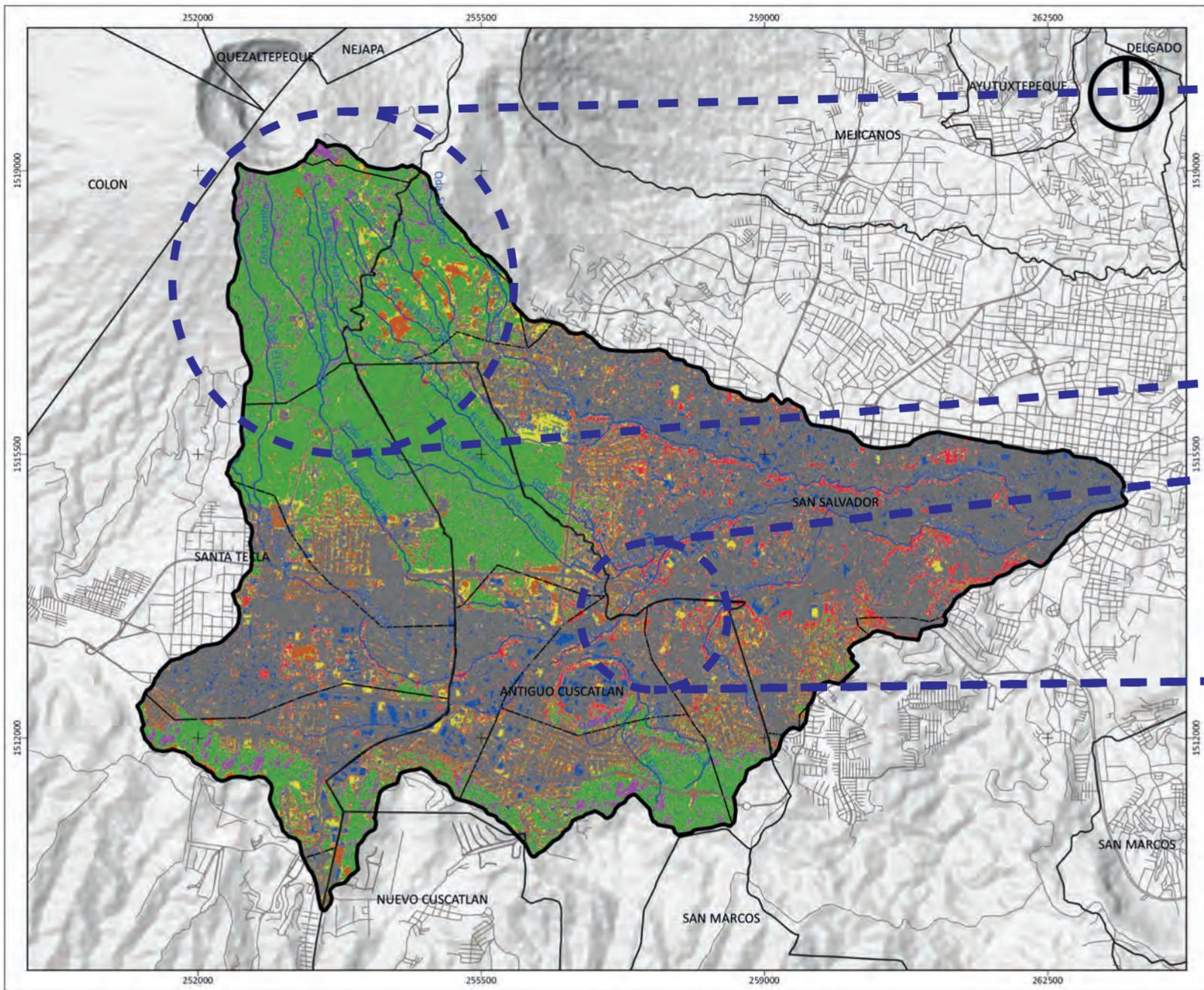
El área de la microcuenca del Arenal Monserrat se encuentra sobre parte del territorio de tres de los municipios más poblados de todo El Salvador, que además a su vez forman parte del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), el área urbanizada más extensa y densamente poblada del país, que ha llevado un proceso de crecimiento urbano exponencial desde hace muchos años. Adicionalmente, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con base a los últimos estudios de vulnerabilidad realizados, destaca al AMSS como una de las áreas climáticamente más vulnerables (MARN, 2018).

El aumento de la población en los últimos años ha incidido en el cambio de la cobertura del suelo. Para el año de 1949, el área de cubrimiento por alta densidad de infraestructura era muy baja, la cual se ha incrementado en los años subsiguientes como se demuestra en la figura 1 para los años de 1975 y 1990, hasta su última expansión significativa en 2015. Como se puede observar, el crecimiento urbano ha sido mayormente horizontal, cubriendo las planicies y luego empezando a cubrir parte considerable del volcán de San Salvador, cordillera de El Bálsamo y montañas aledañas.

Desde hace 50 años la ocupación del uso del suelo por infraestructura se ha extendido en toda la cuenca y se espera que se expanda más en futuro próximo (CNR, 2009), como se muestra en la figura 1 y se complementa con el uso de suelos actualizado a 2019 detallado en el mapa 1.

Como se mencionó anteriormente, por estar dentro del área urbana de San Salvador se tiene una alta densidad de calles, entre ellas está la Carretera Panamericana; además de una red rural que conduce al volcán de San Salvador. En la parte de edificaciones se tienen oficinas gubernamentales e instalaciones productivas y sociales, entre otras.

Figura 1: Imágenes del crecimiento urbano dentro de la microcuenca del Arenal Monserrat y la deforestación realizada a través de los años. Fuente: WENR (M. van Eupen), 2019.



Fuente: eltarget.com



Fuente: Ernesto Cárcamo

En el mapa 1 se muestra el uso de suelos actualizado dentro de la microcuenca, con base a lectura de imágenes ráster. Como se puede observar claramente, existe una predominancia del área urbana sobre la cobertura natural, la cual se concentra en el volcán y las formaciones montañosas al sur.

Un 61.5% es ocupado al 2002 por el área urbana dentro del área total de la microcuenca del Arenal Montserrat, por lo que existe una alta densidad de calles, edificaciones como centros públicos, asentamientos formales y populares, centros financieros, comerciales e industriales (Plan de la Laguna), entre otros. El uso del suelo está ocupado en su totalidad por actividades productivas, en el cual predomina en el área urbana las industrias, comercio, vivienda y en el área rural predomina el café. Las zonas naturales con la que la microcuenca cuenta son principalmente dos, el volcán de San Salvador al norte y la cordillera de El Bálsamo al sur. Sin embargo, ambos ecosistemas se han visto afectados anteriormente por diversos eventos, pero sobre todo eventos antropogénicos debidos al crecimiento urbano acelerado y malas prácticas.

RECONECTANDO CIUDADES CON LA NATURALEZA  
LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

Escala:  
1:70,000

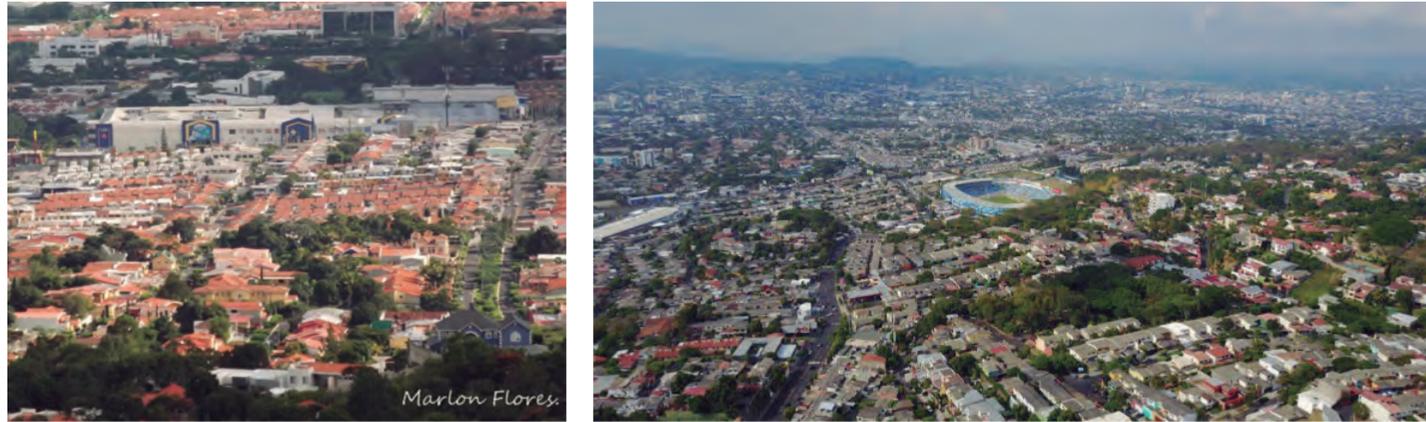
Datum: WGS 1984  
Proyección: UTM Zona 16 N

Metros

**Mapa 1** MAPA DE USO DE SUELOS ACTUALIZADO (2019) EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT

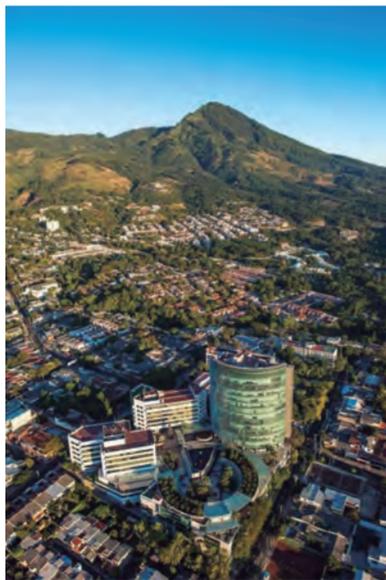
**Simbología**

— Red hídrica	■ Uso de suelos 2019	■ pastos
— Red vial	■ cafetal	■ residencial
□ Municipios	■ calles	■ Bosque ripario
▭ Arenal Monserrat	■ industrial	■ suelo desnudo
	■ Bosque latifoliado	



Vistas de la zona urbana dentro de la microcuenca del Arenal Monserrat. Izquierda: la zona altamente poblada de la colonia Jardines de la Sabana, en Merliot, Santa Tecla. Derecha: Vista aérea de la zona sur del Distrito 5, en San Salvador. Fuente: google.com

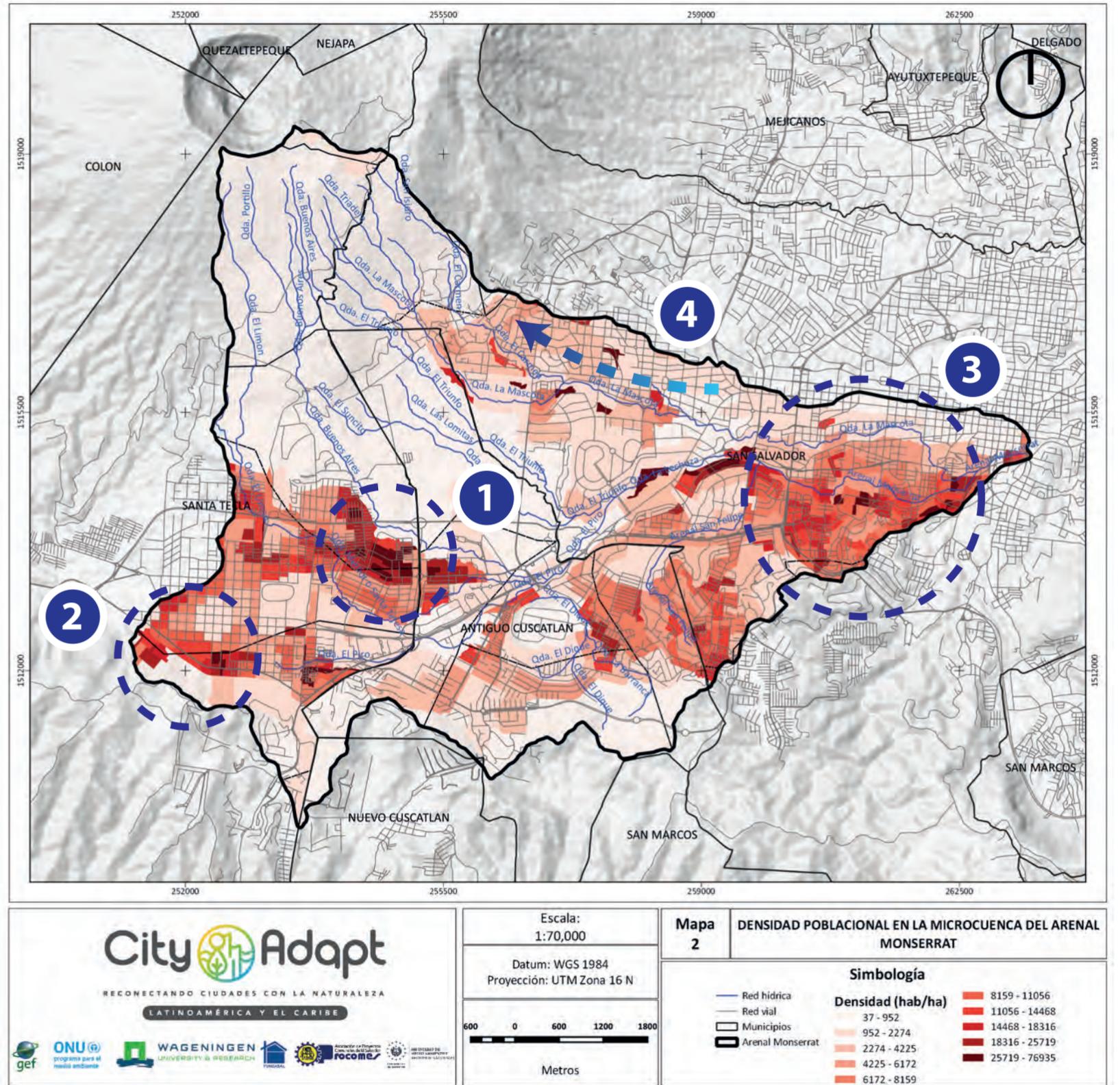
Como hemos mencionado anteriormente y visto en el mapa de uso de suelos, más de la mitad del área total de la microcuenca del Arenal Monserrat corresponde a área urbana, lo cual nos indica no solo una clara separación entre uso de suelo, sino también una brecha entre donde habita mayoritariamente la población. Por ello, es necesario conocer y analizar cómo se distribuye esta población dentro de la microcuenca. El mapa 2 nos muestra la densidad poblacional dentro de la microcuenca. Las zonas de color más oscuro nos indican una alta densidad, marcando así las zonas más pobladas. Sobresalen como centros altamente poblados tres puntos: En Santa Tecla, la zona de La Sabana en Merliot (1) y las colonias al sur de la ciudad, a las faldas de la cordillera de El Bálsamo (2), como Pinares de Suiza, Las Colinas, Las Árdenas, La Utila, entre otras; y en San Salvador, parte de los Distritos 2 y 5 (3), donde se encuentran ubicadas colonias como Monserrat, Málaga, Dina, IVU, y la zona sur del Centro Histórico de San Salvador (CHSS).



Todas estas zonas poseen densidades mayores a los 10,000 habitantes por hectárea, pues corresponden a asentamientos puramente habitacionales, cuya construcción data desde alrededores de los años 50 (como en el caso de la colonia IVU), cuando hubo un gran crecimiento habitacional en la entonces periferia de la ciudad.

Adicionalmente, también se puede ubicar una clara tendencia de crecimiento poblacional que tiende a subir el volcán de San Salvador (4). Aunque los datos aquí presentados corresponden a los datos oficiales según el Censo Poblacional de 2007, podemos comprobar que esta tendencia que ya se observaba, se ha mantenido y aumentado a 2019, con la densificación de zonas como la colonia Escalón y los desarrollos urbanos en zonas altas del volcán. Este crecimiento horizontal ha tenido impactos sobre los ecosistemas existentes, los cuales se han visto reducidos y/o deteriorados para dar espacio a estos desarrollos habitacionales y urbanos.

▶ Vista hacia el volcán de San Salvador, desde la colonia Escalón, Distrito 3, San Salvador, donde se evidencia la tendencia de urbanización subiendo el volcán. Fuente: google.com





# Situación Climática

Para poder realizar una evaluación de vulnerabilidad socioambiental que incluya el rol de los ecosistemas en la mejora de la capacidad adaptativa de la población, se debe incluir el análisis del estado de estos, y los peligros y daños a los servicios prestados, de manera que se pueda evaluar críticamente su rol dentro del proceso de adaptación al cambio climático y, adicionalmente, se puedan definir acciones para aumentar su resiliencia.

En El Salvador se han realizado con anterioridad estudios de vulnerabilidad climática que han generado insumos valiosos para la comprensión de los impactos del cambio climático sobre el país, bajo un enfoque de gestión de riesgo. Si bien la situación de riesgo a nivel nacional es un tema urgente de analizar en la agenda de país, debemos tener claro que en este análisis de vulnerabilidad socioambiental solo se estudian las amenazas vinculadas a fenómenos climáticos, que pueden o no hacer relación a otros factores o situaciones de riesgo.

¿Cuáles son, entonces, los motores climáticos determinantes en El Salvador? En la "Evaluación de Vulnerabilidad y Adaptación al

Cambio Climático en El Salvador" (MARN, 2018), se resumen claramente no solo estos motores, sino también los impactos observados a la fecha (ver esquema adjunto), los cuales pueden ser categorizados en tres tipos: aumento de temperatura, cambios en los patrones de lluvia, y aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos.

El Quinto Informe de Evaluación del IPCC valida estos motores, y también devela entre las consideraciones de adaptación, medidas de AbE, tales como: gestión integrada de los recursos hídricos, desarrollo de nuevas variedades de cultivos más adaptados al cambio climático, seguridad alimentaria, soluciones verdes, gestión de la sequía, entre otros.

En la siguiente sección, analizaremos las situaciones de exposición ligadas a fenómenos climáticos (derrumbes, deslizamientos, inundaciones, sequías, erosión hídrica e incendios); sensibilidad socioeconómica y capacidad adaptativa, para luego conjugar estas variables y concluir en la vulnerabilidad socioambiental dentro de la microcuenca del Arenal Monserrat.

## Motores climáticos

### Temperatura

Incremento de la temperatura promedio anual en el país en más de 1.3 grados centígrados en las últimas seis décadas

Mayores días y noches más cálidos, implica a su vez menos noches frescas (1961-2003)

### Precipitación

Fuerte variación inter-anual/decenal de la precipitación, que va desde 1,274mm a 2,310mm entre 1950 y 2006

Reducción de precipitación media anual en un 3.6% en las últimas tres décadas

Cambios en la distribución temporal y espacial de lluvias, incluyendo lluvias prolongadas de alta intensidad

### 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

Cambios en la trayectoria y número de sistemas ciclónicos originados en el Océano Pacífico y Atlántico

Creciente recurrencia de sequías

## Impactos potenciales

Los cultivos principales están llegando a sus límites de capacidad por el cambio en las temperaturas; propagación de plagas y enfermedades en los cultivos (como la roya); propagación de plagas y vectores de enfermedades; cambio en la incidencia de enfermedades crónicas (respiratorias, renales)

Alteración de los ciclos agrícolas (periodos de cosecha y siembra), inseguridad alimentaria de muchas familias pobres; reducción en el caudal de los ríos en gran parte del país relativo a promedios históricos; erosión de suelos en zonas medias y altas y arrastre de sedimentos que afectan el ambiente de las cuencas hidrográficas de la región

Daños en la red vial, deslizamientos en la red de carreteras y caminos, puentes dañados y colapsados, viviendas destruidas y dañadas; muertes y lesiones; pérdidas de cultivos agrícolas e impactos sociales relacionados

Fuente: MARN, 2018.



**03**

# **Vulnerabilidad socioambiental**



# Exposición

## Derrumbes

\*Relacionado al fenómeno de sequía

Períodos alargados de sequía, combinados con características geomorfológicas como pendientes fuertes y tipos de suelo, e intervenciones antrópicas como cambio de uso de suelo y conformación de terrazas, además de movimientos sísmicos comunes en nuestro país, son las principales causas de desprendimiento de material seco.

**1** Como una de las principales zonas con alto riesgo a derrumbes se encuentra el volcán de San Salvador, al poseer la cobertura boscosa más extensa en toda la microcuenca, al igual que las pendientes más fuertes. La mayor parte del área del volcán está cubierta por cafetales y pastizales, los cuales se han visto afectados por los períodos de sequía

extendidos y los cambios en uso de suelo.

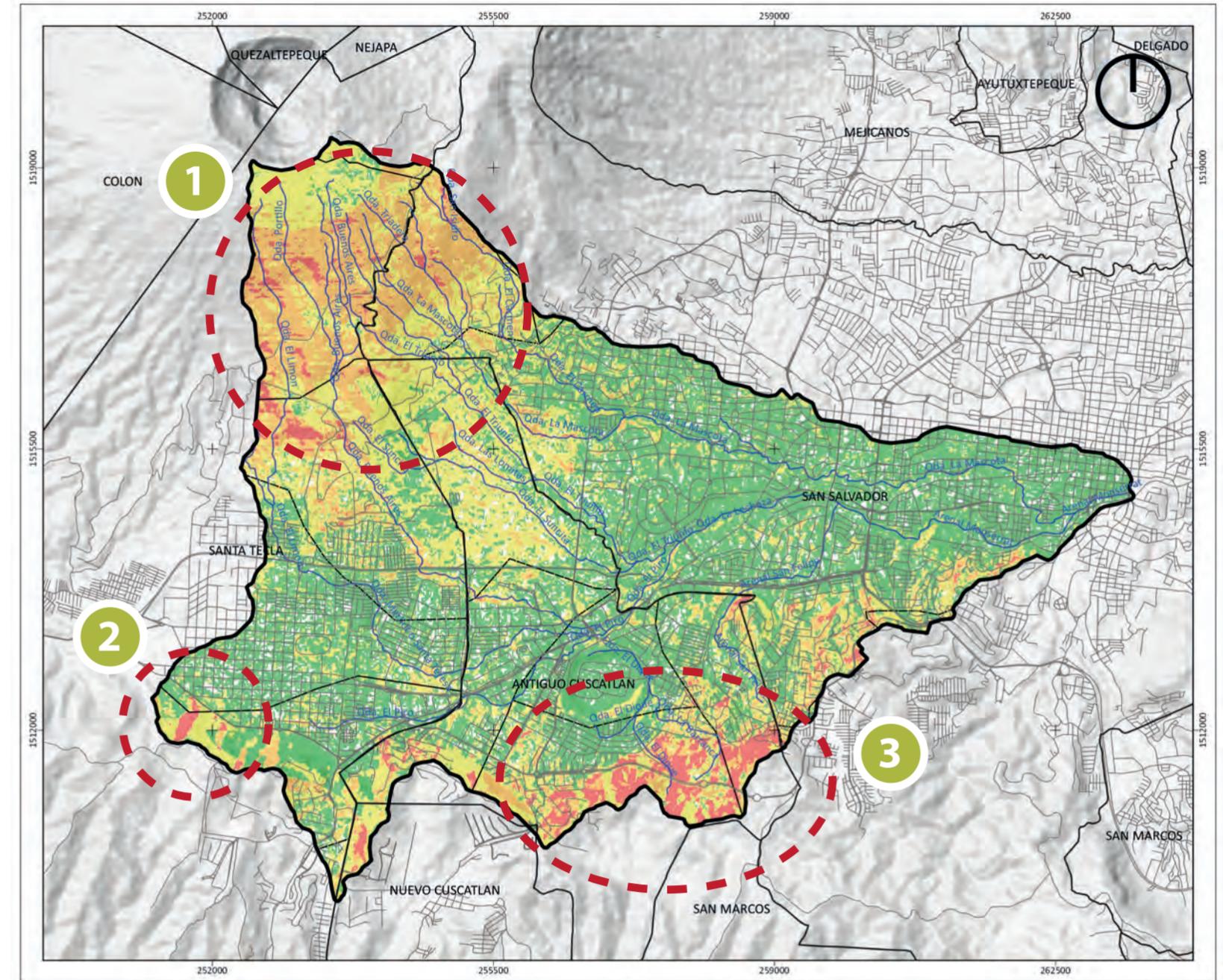
**2** Los cortes e intervenciones hechas a la cordillera de El Bálsamo se ven reflejados en su alta probabilidad a derrumbes; en la zona de la cordillera que pertenece a Santa Tecla, resaltan colonias como Pinares de Suiza, Las Colinas (donde sucedió el deslizamiento masivo en 2001), El Paraíso, entre otras.

**3** La zona sur de Antiguo Cuscatlán, donde se encuentra el bulevar Luis Poma, también es una zona con alta probabilidad a derrumbes. Siendo esta una vía con tráfico considerable, y teniendo asentamientos habitacionales cerca, como Cumbres de Cuscatlán, se expone a riesgo a una cantidad considerable de población.

**DERRUMBES =**

**Pendientes + orientación + altura + geología**

**+ cobertura de suelos**



**City Adapt**

RECONECTANDO CIUDADES CON LA NATURALEZA

LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE



Escala:  
1:70,000

Datum: WGS 1984  
Proyección: UTM Zona 16 N

600 0 600 1200 1800

Metros

Mapa  
3

RIESGO DE DERRUMBE EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT

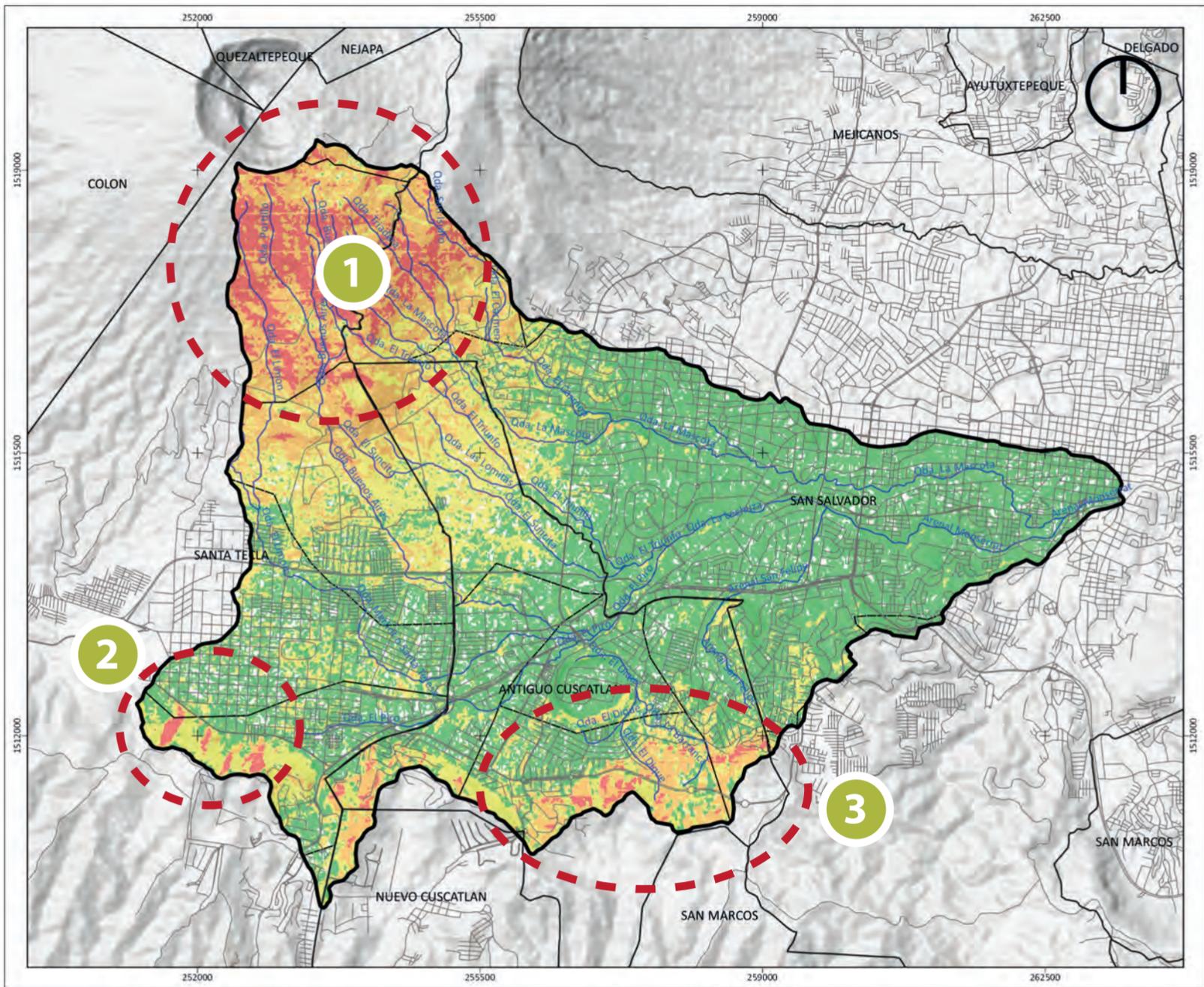
Simbología

- Red hidrica
- Red vial
- Municipios
- Arenal Monserrat

- Probabilidad de derrumbe
- Muy alta
  - Alta
  - Moderada
  - Baja

# Deslizamientos

\*Relacionado a fenómenos extremos y cambios en patrones de lluvia



Modificaciones en los patrones de lluvia y eventos de lluvias prolongadas sobresaturan los suelos; esta condición combinada con características geomorfológicas como pendientes fuertes y tipos de suelo, e intervenciones antrópicas como cambio de uso de suelo y conformación de terrazas, además de movimientos sísmicos comunes en nuestro país, son las principales causas de deslizamientos.

épocas lluviosas.

1 La zona del volcán de San Salvador resalta de nuevo por riesgo alto a deslizamientos. Se vuelve necesario preservar la cobertura boscosa de esta zona para promover la infiltración de agua y evitar la saturación de suelos. Adicionalmente, el cambio de uso de suelos, la deforestación de zonas, incendios, y otras intervenciones debilitan la estructura de suelo y propician los deslizamientos en

2 La cordillera de El Bálsamo también resalta en los mismos dos puntos; al sur de los municipios de Santa Tecla y Antigua Cuscatlán. El deslizamiento masivo sobre la colonia Las Colinas en Santa Tecla en 2001 fue debido a la saturación de agua en el suelo, lo que causó su desprendimiento cuando ocurrió el movimiento sísmico. El alto nivel de impermeabilización que esta zona ha sufrido en los últimos años, debido a las construcciones habitacionales y comerciales invasivas, promueven la saturación de suelos y disminuyen el coeficiente de Infiltración de estos, además de la desestabilización de terrazas naturales por intervención humana por construcciones.

**DESLIZAMIENTOS =** Pendientes + orientación + altura + precipitación + geología + cobertura de suelos

**City Adapt**  
RECONECTANDO CIUDADES CON LA NATURALEZA  
LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

gef ONU WAGENINGEN FOCOME

Escala: 1:70,000  
Datum: WGS 1984  
Proyección: UTM Zona 16 N

600 0 600 1200 1800  
Metros

**Mapa 4** RIESGO DE DESLIZAMIENTO EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT

**Simbología**

- Red hidrica
- Red vial
- Municipios
- Arenal Monserrat
- Muy alta
- Alta
- Moderada
- Baja

## Inundaciones

\*Relacionado a fenómenos extremos y cambio en patrones de lluvia

Las inundaciones son los eventos más familiarmente relacionados con fenómenos climáticos, pues se atribuyen a fuertes tormentas irregulares.

1

La zona de la quebrada El Piro, que inicia a las faldas de la cordillera de El Bálsamo en Santa Tecla, y en su paso hacia Antigua Cuscatlán, recoge las aguas de otras quebradas como Merliot, Buenos Aires, El Suncita y El Triunfo; es conocida por sus desbordamientos, fuerte escorrentía y alto nivel de contaminación. El lavado de terrenos y erosión de taludes a causa tanto de la fuerte escorrentía como de la contaminación del agua, que viaja hasta las zonas bajas de San Salvador (2), ha representado un problema de muchos años. Adicionalmente, podemos observar que el desnivel y falta de drenaje adecuado del Plan de La Laguna en Antigua Cuscatlán también lo vuelve un área con probabilidad alta de inundación.

2

3

El recorrido y posible empozamiento del agua lluvia es un factor clave de análisis; especialmente en eventos extremos. Los estancamientos de agua pueden causar graves daños a infraestructuras viales, viviendas, y representar un peligro fuerte para la ciudadanía.

Las comunidades que viven a los márgenes de las quebradas y que se ven fuertemente

afectadas por las subidas en el nivel de la escorrentía, velocidad y contaminación; han creado sus propios protocolos y medidas de alerta para asegurar su bienestar y minimizar pérdidas. Acá se muestran dos niveles de crecida elaborados por comunidades para monitoreo del nivel de agua:

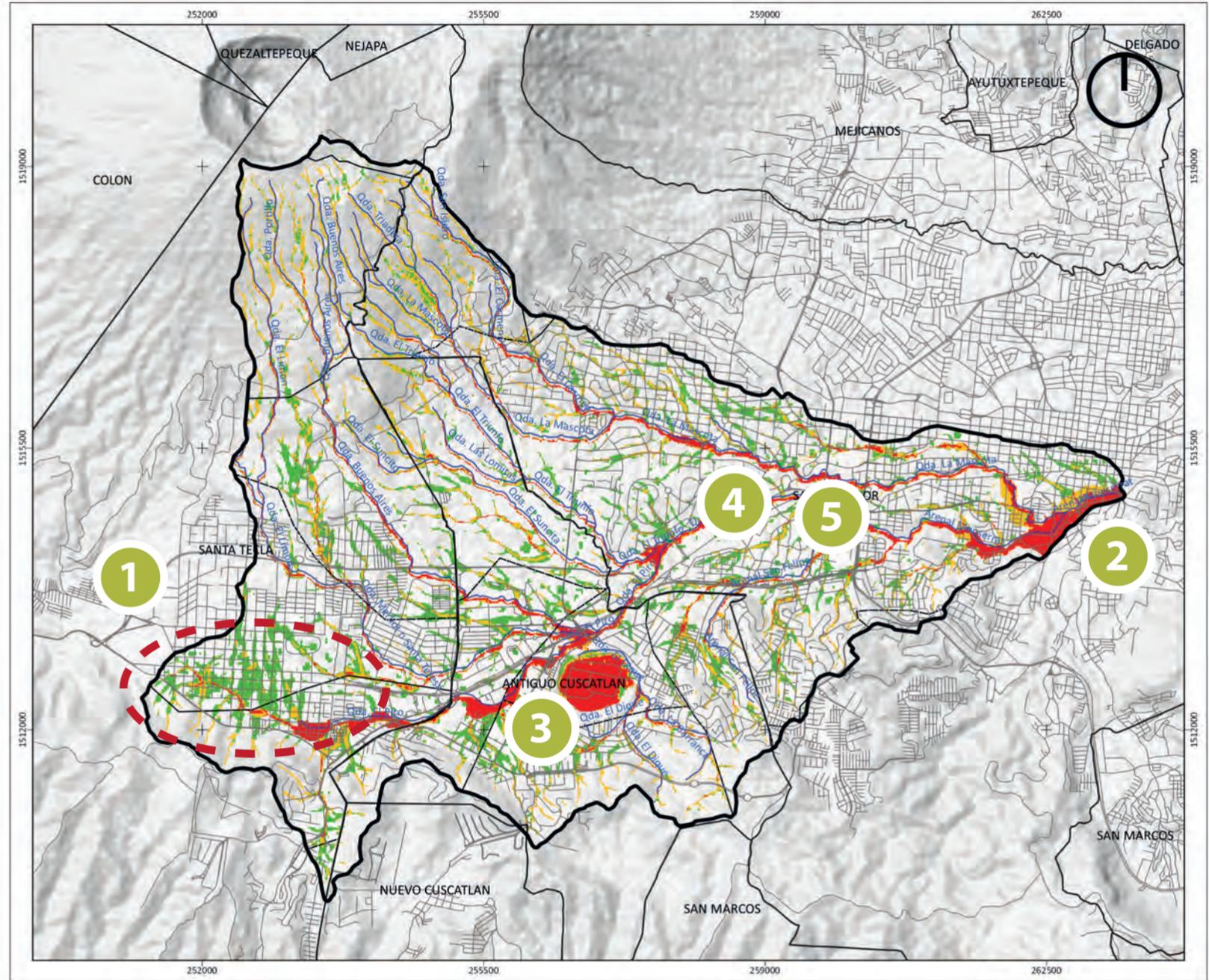


Comunidad Las Palmas, sobre la Alameda Manuel Enrique Araujo en San Salvador.

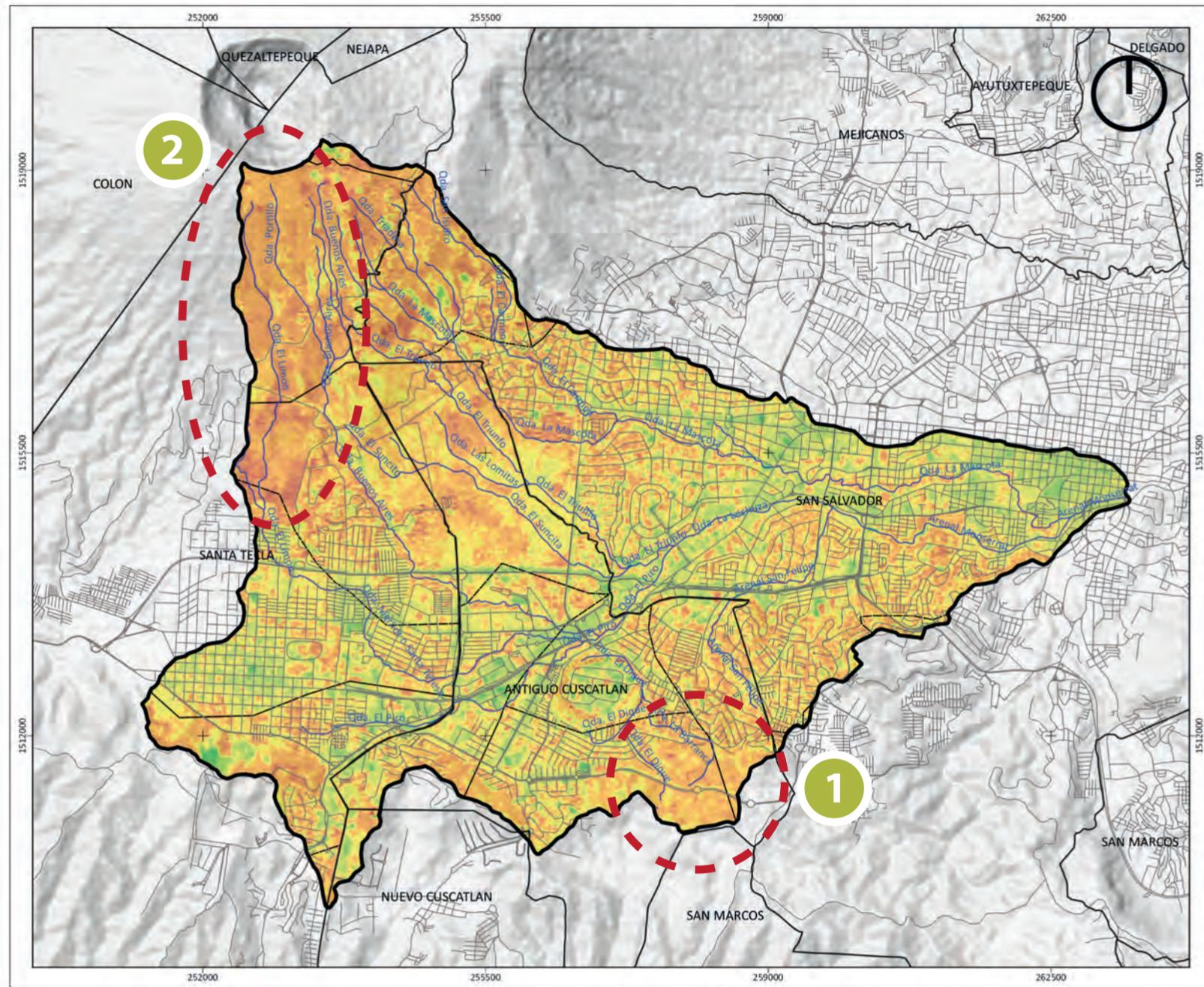


Comunidad Nueva Israel, sobre el Bulevar Venezuela, en San Salvador.

Datos utilizados para obtener mapa:  
MARN, WENR (M. van Eupen).



		Escala: 1:70,000 Datum: WGS 1984 Proyección: UTM Zona 16 N	<b>Mapa 5</b> <b>RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT</b>
		600 0 600 1200 1800 Metros	<b>Simbología</b> Red hídrica Red vial Municipios Arenal Monserrat <b>Probabilidad de inundación</b> Muy alta Alta Moderada Baja



**City Adapt**  
RECONECTANDO CIUDADES CON LA NATURALEZA  
LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

Escala: 1:70,000  
Datum: WGS 1984  
Proyección: UTM Zona 16 N

Mapa 6 RIESGO DE SEQUÍA EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT

**Simbología**

- Red hídrica
- Red vial
- Municipios
- Arenal Monserrat

**Probabilidad de sequía**

- Muy alta
- Alta
- Moderada
- Baja

600 0 600 1200 1800  
Metros

\*Relacionado a aumento de temperatura y cambios en patrones de lluvia

## Sequía

La sequía que se produce cuando se dan períodos prolongados con menos precipitación de la media o falta de esta, se conoce como sequía meteorológica, y es la que se encuentra ligada directamente al cambio climático. La escasez de precipitaciones está relacionada al déficit hídrico (disminución de las reservas de agua disponibles), y en consecuencia, al estrés hídrico, fenómeno en el cual la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible.

El impacto de la sequía se aumenta por factores como la deforestación, mal uso de la tierra, la erosión, tipos de suelo, entre otros.

Estas generan fuertes impactos en la producción agrícola y seguridad alimentaria de la población. Más del 85 % de la agricultura salvadoreña es de secano y está regido por la ocurrencia de las lluvias de mayo a octubre.

Esta prolongación de ausencia de lluvia más las altas temperaturas que los acompañan, generan también, impactos severos en la salud, agropecuarios y el medio ambiente. Asimismo, la reducción o deficiencia de precipitación por períodos prolongados, tiene un fuerte impacto en la disponibilidad y calidad del agua, tanto

superficial como subterránea. Lo anterior, afecta directamente los diferentes usos del recurso especialmente consumo humano y los ecosistemas, producción agropecuaria y generación de electricidad, entre otros.

**1** Siendo el volcán y la cordillera las áreas de cobertura boscosa y ecosistemas predominantes en la microcuenca, poseen las probabilidades más altas a verse afectados por sequías.

**2** Los cafetales y demás cultivos presentes en el volcán de San Salvador se ven afectados directamente por períodos prolongados de sequías. De la misma manera, este fenómeno aumenta el estrés hídrico tanto para mantenimiento de cultivos como para uso humano. Se vuelve necesario, entonces, la utilización de métodos alternativos para captura de agua, como cosechas de aguas lluvias. Además de eso, se ha comprobado la relación directa de la sequía con la reproducción de plagas, como la roya, lo cual ha causado fuerte daños o pérdida total en cafetales.

**SEQUÍA =**

**Imágenes satélite Landsat 8 (corregidas) =**

**$(\text{Banda 5} - \text{Banda 4}) / (\text{Banda 5} + \text{Banda 4}) = \text{NDVI}$  (Índice de vegetación)**

**$(\text{banda 3} - \text{Banda 5}) / (\text{Banda 3} + \text{Banda 5}) = \text{NDWI}$  (Índice de agua)**

**$(\text{NDVI} - \text{NDWI}) / (\text{NDVI} + \text{NDWI}) = \text{NDDI}$  (Índice de sequía normalizado)**

# Incendios

\*Relacionado al fenómeno de sequía

Si bien es cierto que los incendios no se pueden atribuir directamente al cambio climático, lo que sí es cierto es que el cambio climático agrava las consecuencias y aumenta el riesgo de incendios forestales.

La composición de la atmósfera ha cambiado debido a actividades humanas, y los porcentajes de sus compuestos se han elevado, lo cual supone un desequilibrio energético en el planeta. Los gases de efecto invernadero en la atmósfera actúan como una manta y no permiten que la radiación infrarroja (el calor terrestre) salga de la atmósfera para contrarrestar la radiación constante procedente del sol. Con la acumulación de estos gases, cada vez se retiene más energía en la atmósfera, sobre todo en forma de calor. El calor evapora el agua existente en el ambiente, y se acumula en períodos de sequía, secando la vegetación y suelo, y aumentando la temperatura. Este último desencadena las llamadas olas de calor, lo cual también aumenta el riesgo de incendios.

En nuestro país, las causas principales de incendios forestales son principalmente antropogénicas: preparación de parcelas para

cultivo, malos hábitos como la disposición de colillas de cigarro y extracción de colmenas, y piromanía.

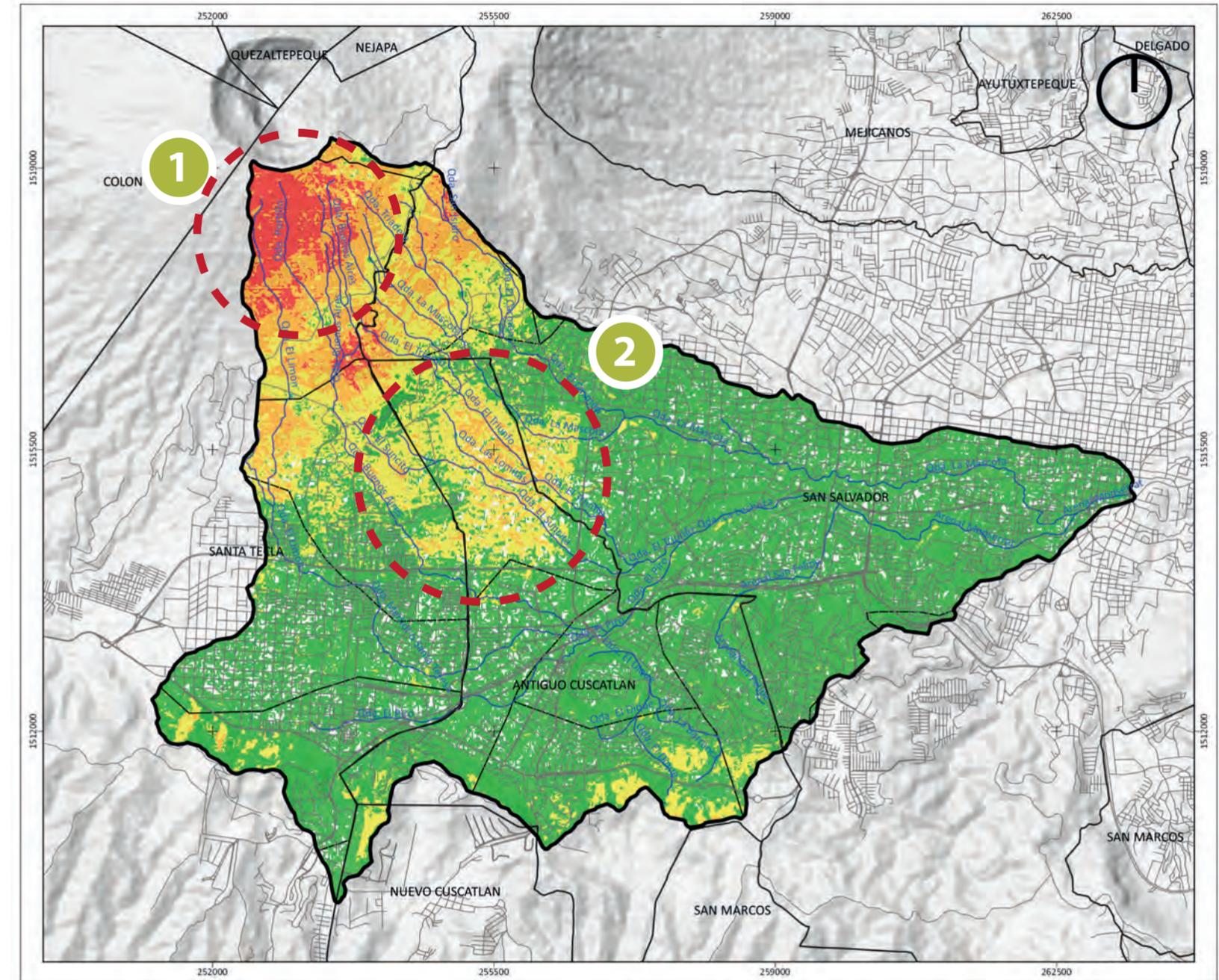
Adicionalmente, el déficit hídrico y disposición de agua también repercute en la capacidad de controlar incendios y la disponibilidad para mantener cultivos o vegetación.

**1** El área más alta del volcán de San Salvador presenta alta probabilidad ante incendios. Adicionalmente a las características que propician la probabilidad de incendios, la escasez de agua en la zona también ha probado ser crucial a la hora de controlar incendios forestales.

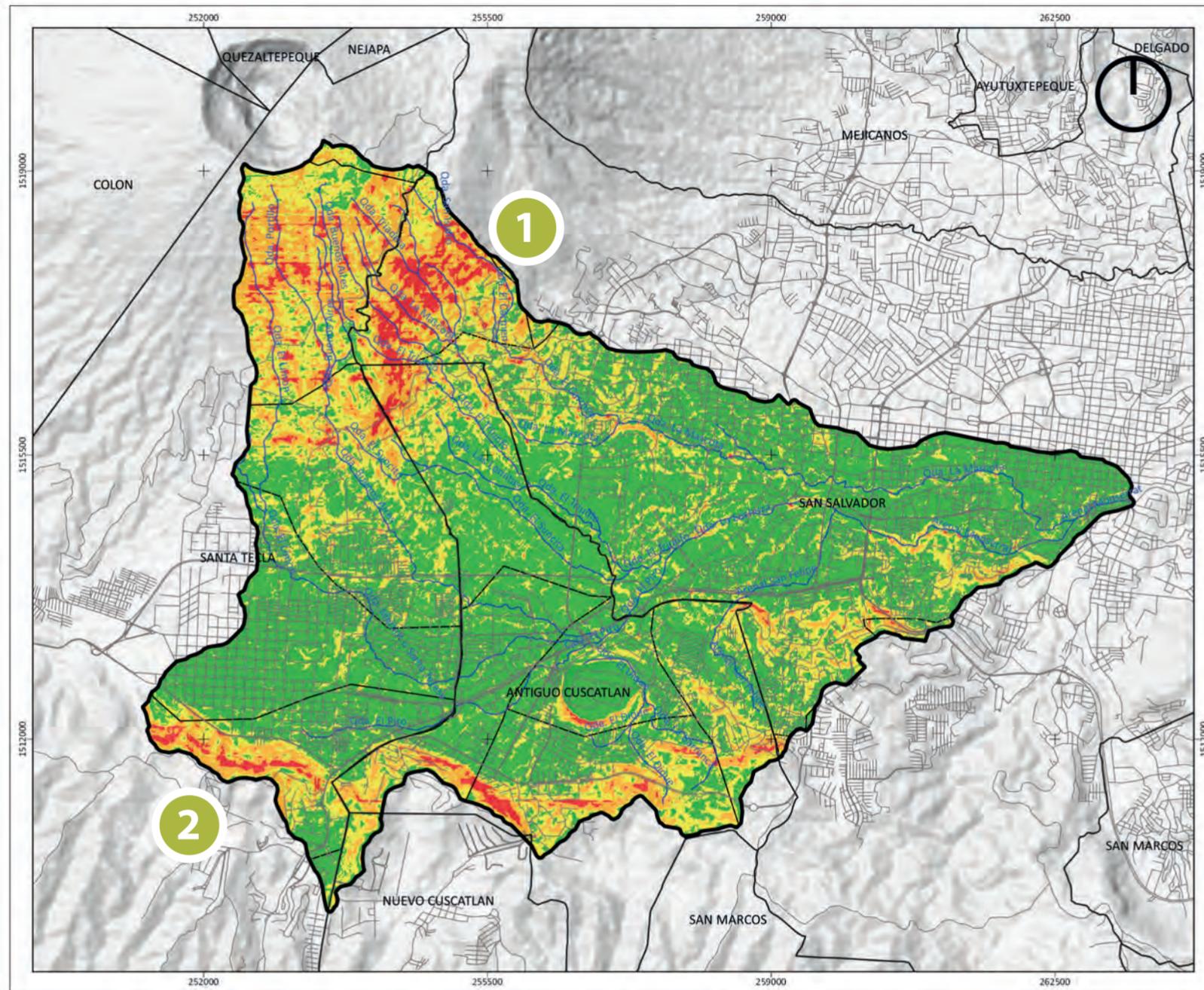
**2** Otra zona con vulnerabilidad considerable a incendios es la zona del Ecoparque El Espino; a pesar de que esta zona se encuentra en niveles más bajos, también sufre de escasez de agua y se ha visto afectada por largos períodos de sequía.

La vulnerabilidad de incendios, al igual que el fenómeno de la sequía, también justifica la necesidad de almacenar y gestionar agua de maneras alternativas.

**INCENDIOS FORESTALES =** **Altura + pendientes + orientación + vegetación + temperatura + precipitación + distancia a caminos**



		Escala: 1:70,000 Datum: WGS 1984 Proyección: UTM Zona 16 N	<b>Mapa 7</b> <b>RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT</b>
		600 0 600 1200 1800 Metros	<b>Simbología</b> Red hídrica (línea azul) Red vial (línea gris) Municipios (línea negra) Arenal Monserrat (línea negra gruesa)
		<b>Probabilidad de incendios forestales</b> Muy alta (rojo) Alta (naranja) Moderada (amarillo) Baja (verde)	



	Escala: 1:70,000	<b>Mapa 8</b> <b>RIESGO DE EROSIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT</b>
	Datum: WGS 1984 Proyección: UTM Zona 16 N	
<b>Simbología</b>		
Red hidrica Red vial Municipios Arenal Monserrat	<b>Probabilidad de erosión hídrica</b> Muy alta Alta Moderada Baja	

\*Relacionado a fenómenos extremos y cambios en patrones de lluvia

## Erosión hídrica

La erosión que se desencadena por periodos de precipitación prolongados e intensos es la denominada erosión hídrica. Esta se produce cuando, por efecto de la gota de agua, el suelo se fragmenta y estas partículas son arrastradas por la escorrentía hasta sedimentarse en cuerpos de agua, causando en última instancia la modificación de flujos. La erosión desprovee al suelo de estabilidad y fertilidad, además de disminuir la capacidad de infiltración y captura de agua.

La vulnerabilidad a erosión indica la necesidad de conservar la cobertura vegetal del suelo y promover la reforestación de áreas desérticas.

En la microcuenca se vuelve prioritario, entonces, la conservación de cobertura boscosa por cafetales y bosque mixto en el volcán de San Salvador, y la reforestación de áreas devastadas. Adicional a la deforestación, la quema de basura y pastizales, y el riego desmedido, son otras causas antropogénicas de la

erosión hídrica en quebradas.

La cordillera de El Bálsamo también posee alta vulnerabilidad a erosión. Si bien es cierto que la cordillera, en general, no ha sido totalmente devastada, el patrón creciente de deforestación por crecimiento urbano y la deficiente gestión de tierra y restricciones claras ante cambio de uso y explotación del suelo, prolongados periodos de sequía o lluvias, la coloca como uno de los lugares con vulnerabilidad alta ante erosión hídrica.

Se vuelve necesario, entonces, promover la infiltración y recarga de agua en los suelos; por lo cual, como se mencionó, vuelve clave la conservación y reforestación de cobertura boscosa en estas áreas.

La deposición de sedimentos también se vuelve un posible foco de contaminación en lugares de la cuenca media y baja, por el arrastre de estos materiales desde la parte alta de la microcuenca.

1

$$\text{EROSIÓN} = \text{Uso de fórmula universal USLE-RUSLE} = \text{Precipitación} + \text{tipos de suelos} + \text{Longitud de la pendiente} + \text{pendiente} + \text{Cobertura del suelo} + \text{prácticas de control (uso de suelos)}$$

## Zonas de riesgo

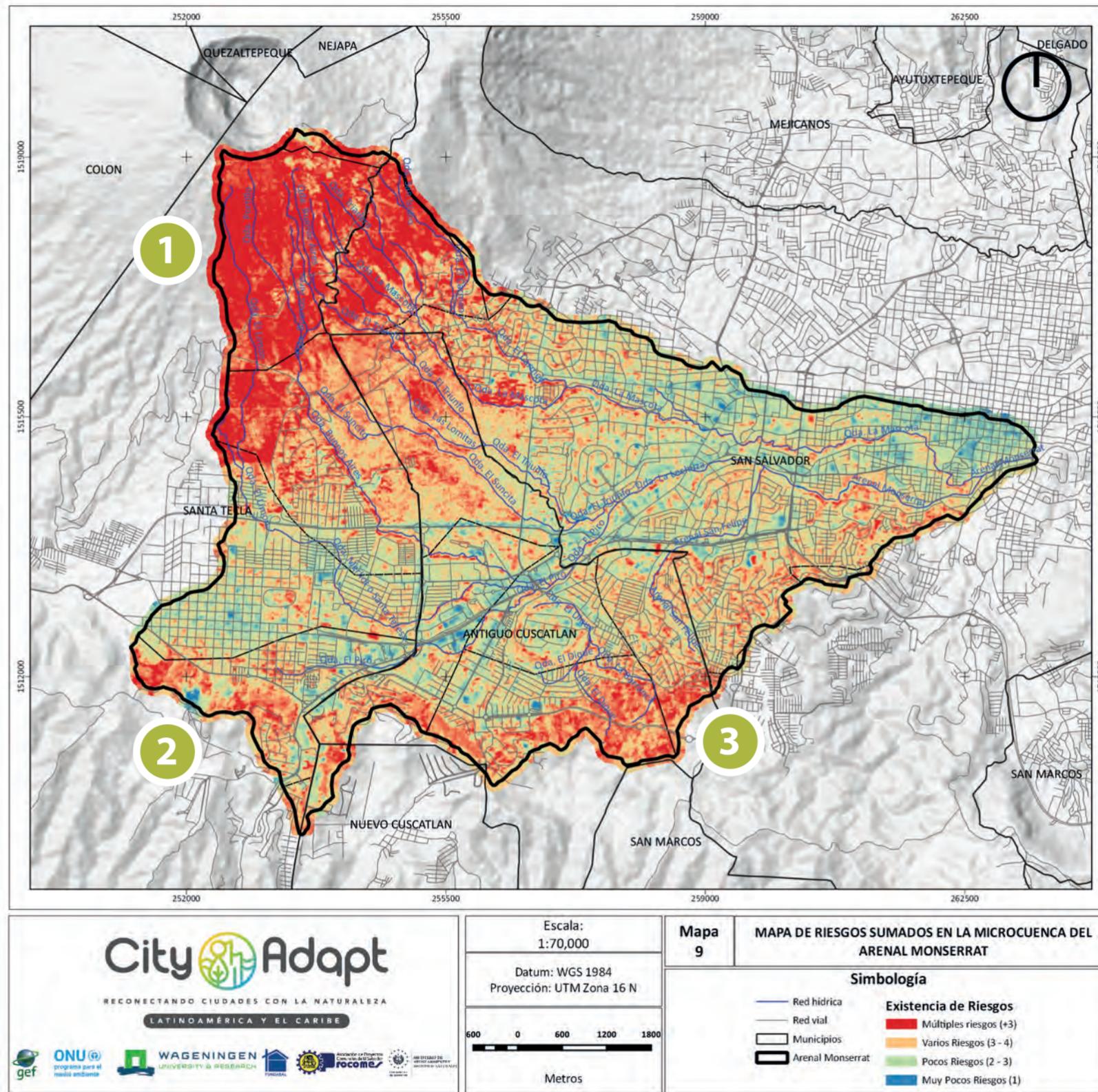
\*Clasificación de zonas por riesgo

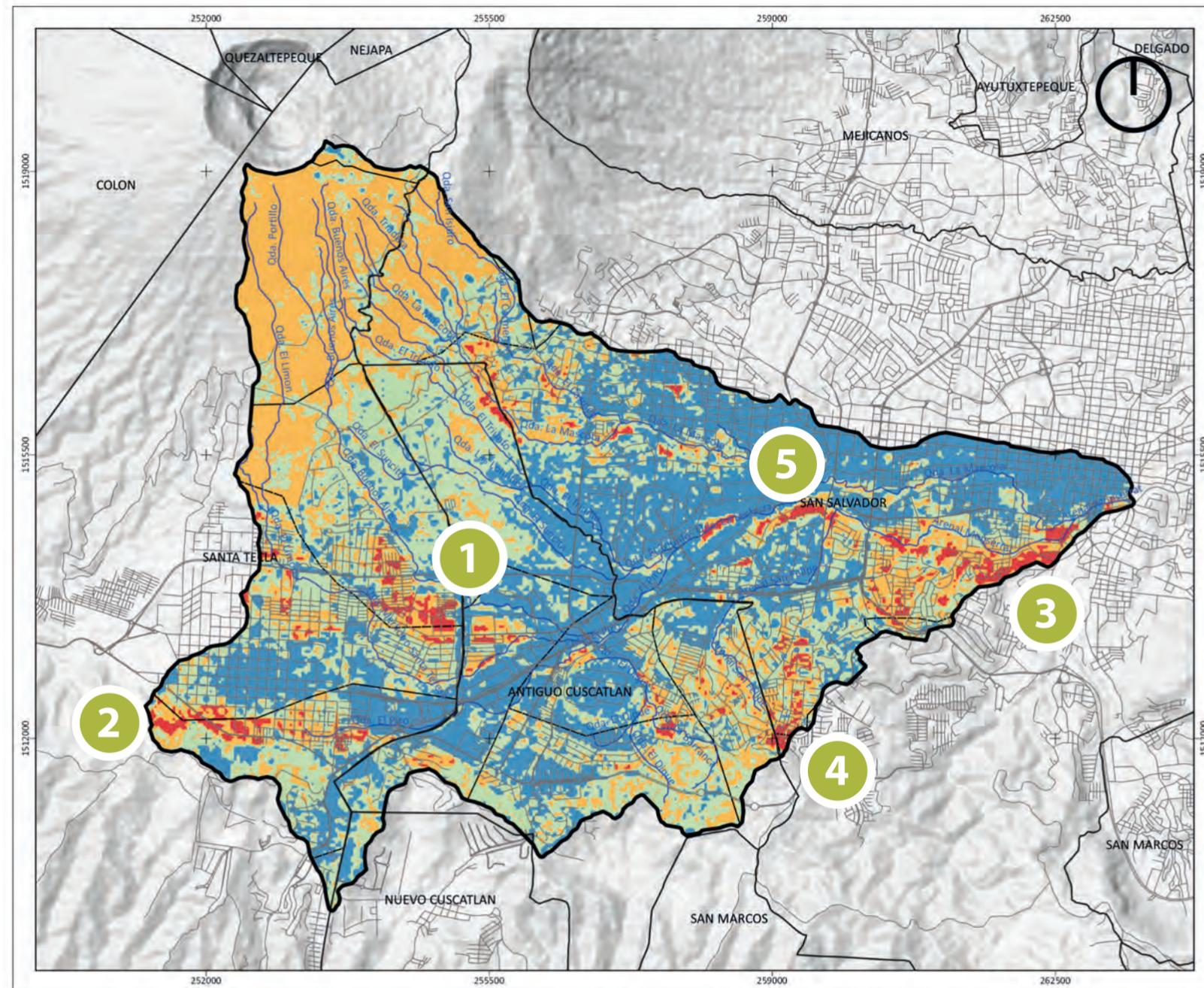
Para tener una mayor comprensión de la categorización de zonas por riesgo, se ha generado este mapa de riesgos sumados. Lo que nos indica es donde se encuentran las zonas de más alto riesgo por concentración de estos; es decir, entre más riesgos coincidan en la misma zona, de más alto riesgo se considera. Así, los colores nos indican la existencia de: una condición de riesgo (azul), de dos a tres condiciones de riesgo (verde), de 3 a 4 condiciones de riesgo (anaranjado), y finalmente, más de 5 condiciones de riesgo (rojo).

Las zonas rojas y anaranjadas, las cuales sugieren mayor riesgo, se concentran en la zona alta del volcán de San Salvador (1) y en la cordillera de El Bálamo (2 y 3). Tomando en cuenta los riesgos mostrados anteriormente, estas zonas son coincidentes de probabilidades muy altas o altas de: derrumbes, deslizamientos, sequía y erosión hídrica. Adicionalmente, la zona alta del volcán de San Salvador también tiene alto riesgo por incendios. Las múltiples condiciones de riesgo en estas zonas podrían indicar, de igual manera, una alta necesidad de identificar medidas que ayuden a mitigar y prevenir estos riesgos.

La zona urbana está caracterizada en general por una coincidencia o existencia de 2 a 3 riesgos (verde), teniendo algunos puntos intermedios con muy poca coincidencia (azul). Sin embargo, como podemos ver en el mapa, existen áreas con múltiples riesgos aun dentro de lo urbano, las cuales coinciden con los remanentes de ecosistemas dentro de la ciudad. Esto es un indicador del bajo nivel que estos tienen en la actualidad debido a su degradación y descuido, y que pueden llegar a significar una amenaza para su contexto inmediato. Estas zonas rojas dentro de la ciudad parecen estar concentradas o coincidir sobre y en las inmediaciones de ríos y quebradas urbanas, y en las faldas tanto del volcán como de la cordillera.

En definitiva, es importante reconocer los riesgos existentes y su ubicación, pues esto puede dar luces en la identificación de acciones que ayuden a mitigar o prevenir riesgos, de manera integral, y no con esfuerzos separados.





	Escala: 1:70,000	<b>Mapa 10</b> <b>MAPA DE EXPOSICIÓN EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT</b>
	Datum: WGS 1984 Proyección: UTM Zona 16 N	
	600 0 600 1200 1800 Metros	
<b>Simbología</b>		
Red hídrica Red vial Municipios Arenal Monserrat	<b>Nivel de Exposición</b> Exposición Muy Alta Exposición Alta Exposición Media Exposición Baja	

La exposición es el resultado de evaluar los riesgos existentes con la población de la zona, lo cual nos permite identificar donde se encuentra la mayor cantidad de población expuesta a amenazas.

Las zonas de color rojo que podemos observar en el mapa nos muestra los puntos más expuestos de la ciudad. La colonia Jardines de la Sabana (1) y las colonias en la parte sur de Santa Tecla (2), como Pinares de Suiza, Las Colinas y La Utila, y la parte sur del Distrito 5 de San Salvador (3), resaltan como puntos de alta exposición dentro de la zona urbana, por ser asentamientos altamente poblados en zonas donde existen múltiples riesgos. Es de notar que las tres zonas corresponden a desarrollos formales y planificados dentro de las ciudades, y que han sido escenarios de grandes catástrofes anteriormente, como el deslizamiento en 2001 en la colonia Las Colinas y el accidente del bus arrastrado por la fuerte escorrentía en la colonia Málaga en 2008.

Adicionalmente, resaltan puntualmente una parte de la zona sur de Antigua Cuscatlán (4), a las faldas de la cordillera,

que posee múltiples riesgos y está densamente poblada, y la zona de la quebrada La Lechuza, sobre la avenida Manuel Enrique Araujo y bulevar Venezuela (5).

Los múltiples riesgos ubicados en el volcán de San Salvador juegan un papel importante para su clasificación como zona de alta exposición, a pesar de su baja densidad poblacional. Como se dijo en el mapa anterior, el volcán junto con la cordillera coinciden como las zonas de más alto riesgo en toda la microcuenca; por ende, cualquier número de personas que vivan en estas zonas y/o ecosistemas, están expuestos a múltiples amenazas.

La concentración de alta exposición en el volcán, cordillera y zonas puntuales dentro del área urbana, hacen que la zona urbana en general tenga una exposición relativamente baja en comparación al resto de áreas dentro de la microcuenca.



# Sensibilidad



1 Comunidad La Cuchilla, Antiguo Cuscatlán



2 Comunidad El Tanque, Antiguo Cuscatlán



3 Comunidad San Pablo San Salvador



4 Comunidad Nueva Israel, San Salvador

Con el fin de analizar la sensibilidad socioeconómica dentro de la microcuenca del Arenal Monserrat, se han definido dos unidades de estudio de asentamientos urbanos, formales y populares. Lo anterior bajo el entendido que estas dos clasificaciones representan las condiciones socioeconómicas extremas más y menos favorables dentro del área urbana, y describen y caracterizan condiciones que repercuten directamente en la manera de responder ante posibles impactos del cambio climático y la capacidad adaptativa de las comunidades.

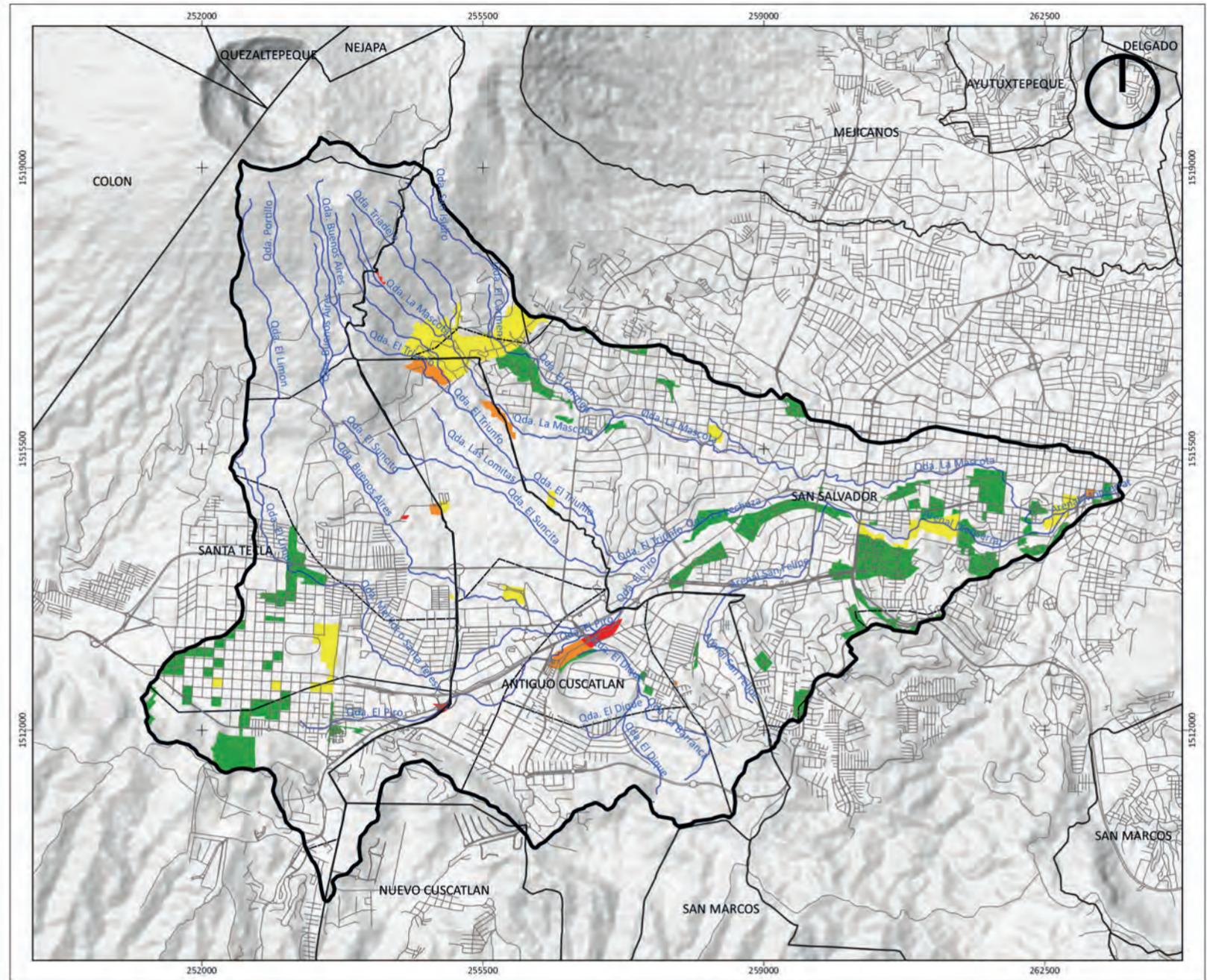
En el mapa 11 se muestra la precariedad presente en comunidades dentro de la microcuenca, clasificada como baja, moderada, alta y extrema. El estudio de "Escenarios de Vida desde la Exclusión Urbana" (FUNDASAL y PNUD, 2009), define claramente la precariedad que caracteriza a los asentamientos populares urbanos y que los excluye social y físicamente de la ciudad conformada formalmente, bajo las siguientes características:

## Físicas

falta de acceso parcial o total a **servicios básicos** (agua potable, drenaje de aguas negras y lluvias, electricidad); desintegración total o parcial a la **trama urbana**, en términos de falta de accesos vehiculares, traza urbana irregular y mal estado de vías de acceso internas; irregularidad en la **tenencia del suelo**; uso de materiales informales o de baja calidad en las **viviendas**, construidas sin supervisión técnica. Adicionalmente, para esta clasificación, también se tuvieron en cuenta características del sitio los asentamientos y de su entorno inmediato, como **condiciones ambientales** y los **riesgos** a los que está expuesto (susceptibilidad a derrumbes e inundaciones, y accesibilidad, así como contaminación en aire, agua y suelo), y **accesibilidad**.

## Socio-económicas

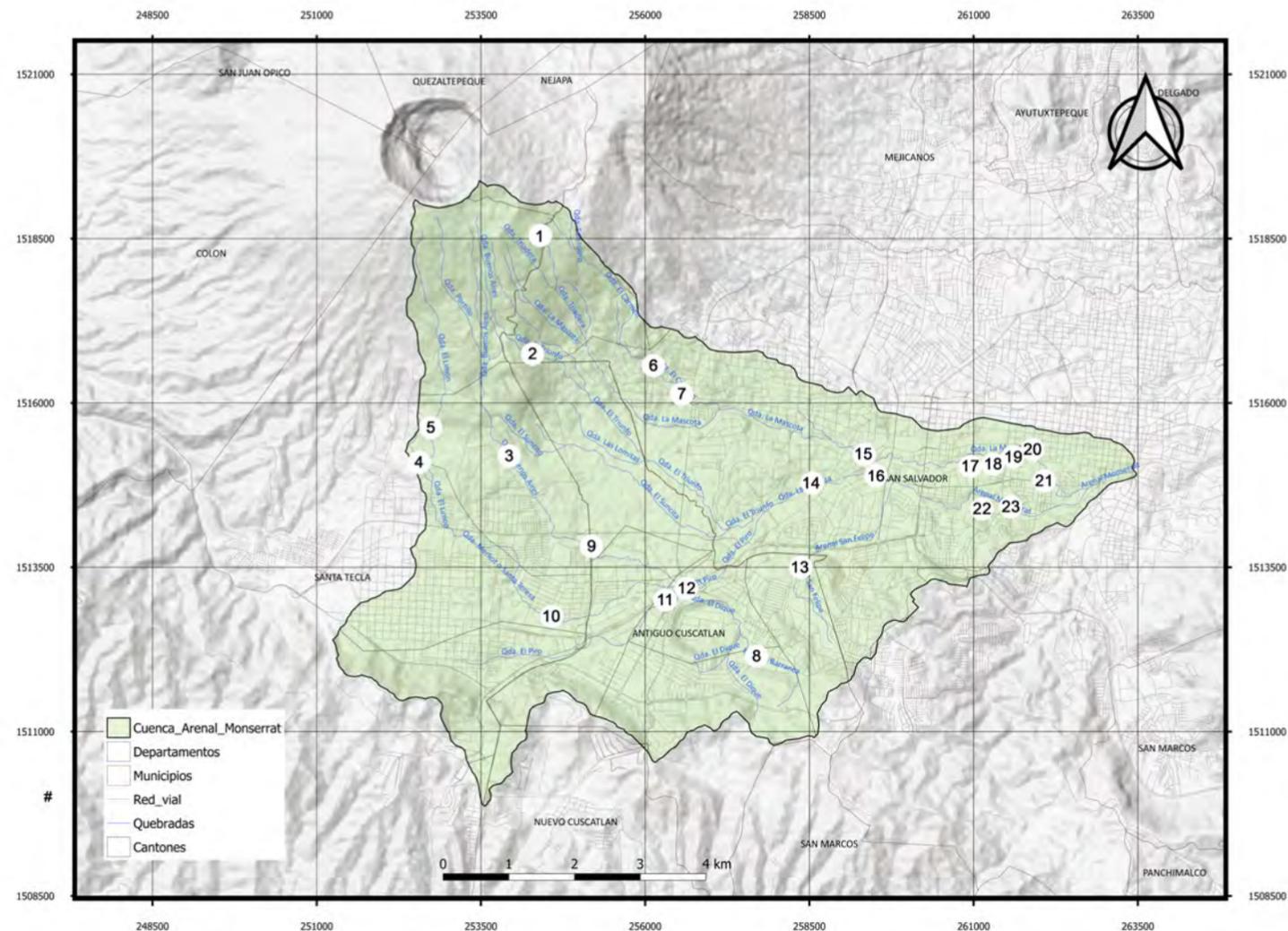
desempleo, pobreza de ingresos, inseguridad, entre otros



<p>RECONECTANDO CIUDADES CON LA NATURALEZA LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE</p>	<p>Escala: 1:70,000</p>	<p><b>Mapa 11</b></p> <p><b>ASENTAMIENTOS PRECARIOS EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT</b></p>
	<p>Datum: WGS 1984 Proyección: UTM Zona 16 N</p>	
	<p>600 0 600 1200 1800</p> <p>Metros</p>	<p><b>Simbología</b></p> <p>Red hídrica Red vial Municipios Arenal Monserrat</p> <p><b>Precariedad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Predominancia de Precariedad Baja</li> <li>Predominancia de Precariedad Moderada</li> <li>Predominancia de Precariedad Alta</li> <li>Predominancia de Precariedad Extrema</li> </ul>

Como podemos ver en el mapa 11, la mayor parte de los asentamientos precarios se encuentran ubicados en zonas de riesgo, altamente susceptibles a inundaciones, deslizamientos o derrumbes. La falta de infraestructura apropiada y condiciones socioeconómicas estables deja a todas estas comunidades en desventaja en comparación a los asentamientos desarrollados formalmente, y aumenta significativa su sensibilidad y percepción ante fenómenos climáticos.

Como parte del estudio de factibilidad de acciones dentro del proyecto, se levantó un diagnóstico en 23 comunidades precarias dentro de la microcuenca, las cuales se muestran en el mapa a continuación. Entre la información recopilada en este diagnóstico, se indagó sobre la percepción y efectos de fenómenos climáticos dentro de la comunidad. Un resumen de los resultados se muestra en la tabla 1.



Muestra de: 23 espacios territoriales identificados	Percepción de cambios en el clima	Percibe aumento	No percibe aumento
	Lluvias	48%	26%
Temperatura	70%	13%	
Riesgo a desastres	Presencia	Ausencia	
Inundaciones	70%	26%	
Derrumbes	39%	57%	
Sequías	39%	57%	
Deslizamientos	70%	30%	
Incendios	35%	61%	
Obras de mitigación previas	65%	30%	
Acceso a servicios básicos	Sí	No	
Agua Potable	83%	17%	
Energía eléctrica	100%	0	
Aguas lluvias	65%	35%	
Aguas negras	70%	30%	
Tren de aseo	96%	4%	
Junta Directiva Vigente	Existencia de JD Vigente	83%	
	Inexistencia de JD Vigente	13%	
Existencia de Comité de Protección Civil Comunal	Existencia de CDPPC	26%	
	Inexistencia de CDPPC	61%	
	NS/NR	9%	

Tabla 1. Resumen de la información levantada en el diagnóstico

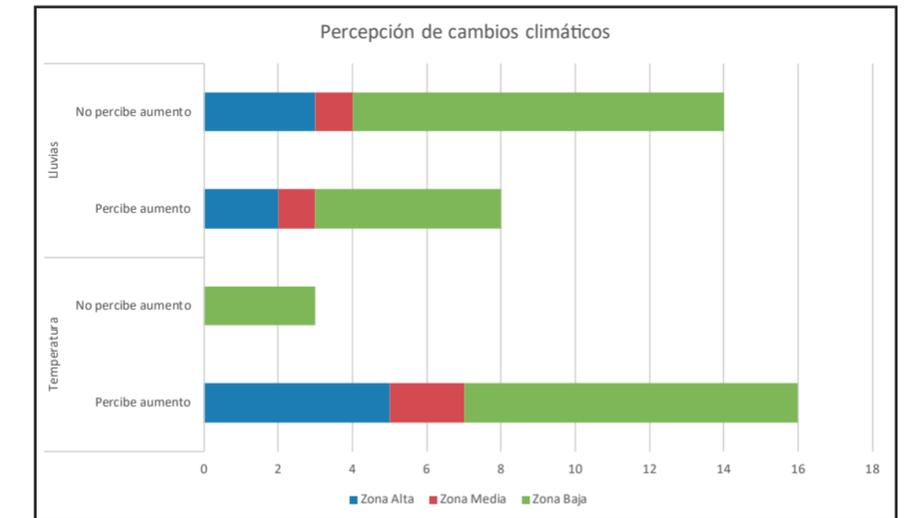


Gráfico 1. Percepción sobre aumento de temperaturas y lluvias

Como podemos observar en los resultados, riesgo por inundaciones y deslizamientos representan las preocupaciones principales percibidas; sin embargo, también se percibe deficiencia en las obras necesarias para mitigar estos riesgos, y en la preparación desde la comunidad en la conformación de comités de protección civil y protocolos de actuación adecuados. En cuanto a servicios básicos, podemos observar que no todas las comunidades entrevistadas poseen en su totalidad o en buenas condiciones estos servicios. Es interesante también observar sobre la percepción de cambios climáticos: existe una percepción general de aumento de temperatura (70%), pero una vaga noción sobre cambios en lluvias (48%), a pesar de que la mayoría de comunidades reconocen poseer riesgo de inundaciones (70%).

En general, podemos concluir que las comunidades perciben los impactos y cambios en fenómenos climáticos, las situaciones de riesgo derivadas, y que, al mismo tiempo, no se sienten preparadas en general para afrontar los impactos negativos del cambio climático en las condiciones actuales que se encuentran.

## Impacto potencial

El impacto potencial está determinado por la combinación entre exposición y sensibilidad. En este sentido, el mapa 12 nos está mostrando el resultado entre el nivel de exposición de las zonas, con su sensibilidad a ser afectados por los eventos de riesgo. Para este caso, sin embargo, la sensibilidad que se ha estudiado es la socioeconómica, mediante la identificación de los asentamientos precarios dentro de la zona.

Las áreas marcadas de rojo y anaranjado (impacto potencial alto y muy alto), corresponden a zonas de asentamientos precarios, altamente expuestos a situaciones de riesgo. Como explicamos en la sección anterior, la mayoría de los asentamientos precarios dentro de la microcuenca se encuentran en quebradas con alto riesgo a inundaciones, deslizamientos y derrumbes.

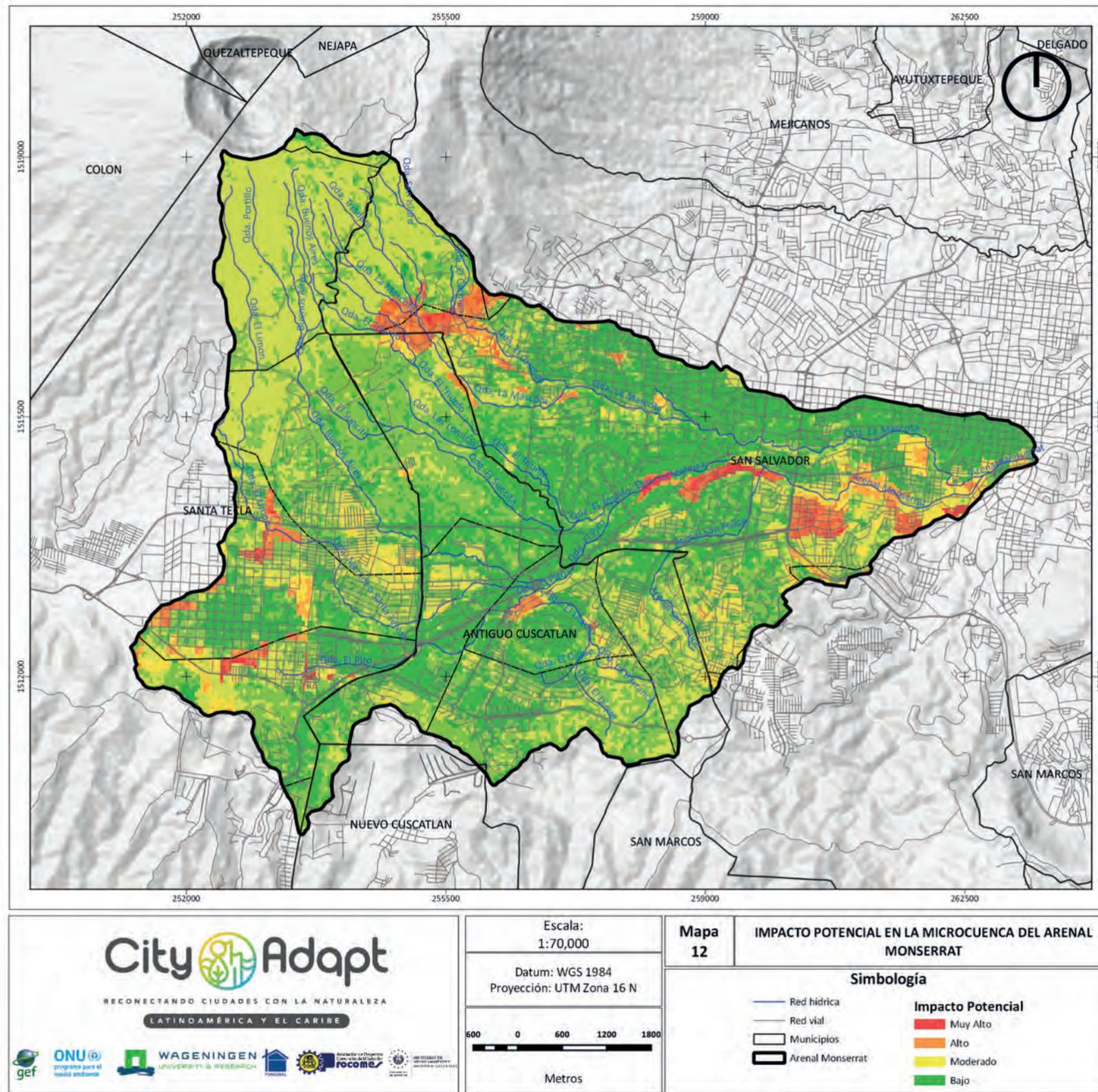
Dada que la combinación que se está haciendo es con sensibilidad socioeconómica, es lógico que los asentamientos con vulnerabilidades multidimensionales sobresalgan, y que otras áreas no alberguen posibles impactos, o que estas zonas no presenten sensibilidad.

En las secciones anteriores, se ha presentado el cálculo realizado para obtener la

probabilidad de riesgo ante distintos eventos, basado en las características biofísicas que representen susceptibilidad ante estos. Este cálculo representa la sensibilidad de ciertas zonas a ser afectadas por impactos potenciales. En este sentido, zonas como el volcán de San Salvador, están altamente expuestas a diferentes tipos de eventos, además de poseer características que aumentan su susceptibilidad ante estos (sensibilidad), que combinados dan lugar al acotamiento de impactos.

Entonces, dado el alto nivel de exposición general de la microcuenca ante diversos eventos y/o riesgos, la potencialidad de impactos está determinada por dos tipos de sensibilidad: **socioeconómica**, que nos indica la población en condiciones y con características que no les permite responder integralmente ante el acontecimiento de eventos; y **biofísica**, que nos indica zonas y/o ecosistemas con características que los hacen susceptibles ante ciertos eventos (ej: terrenos con altas pendientes son más sensibles a presentar erosión).

$$\text{IMPACTO POTENCIAL} = \text{EXPOSICIÓN} + \text{SENSIBILIDAD}$$



# Capacidad Adaptativa



En esta sección, se hablará sobre los ecosistemas existentes en la microcuenca del Arenal Monserrat y los servicios ecosistémicos que proveen. Estos ecosistemas son:

## Cafetal

Agroecosistema donde se cultiva el café, que en su estado natural es una planta del bosque que, a diferencia de otros cultivos como la caña o el maíz, que son muy exigentes a la luz solar, su ambiente ideal es bajo la sombra de árboles (de un 35 a un 65%) y con temperaturas que oscilen entre los 17° y 23°C (idealmente de 19 a 21°C).

## Bosque latifoliado

Hace referencia a árboles con hoja ancha, son más eficientes en la captura de carbono por lo que son más productivos. Ejemplos: robles, nogal (vulnerable a nivel mundial).

## Bosque ripario

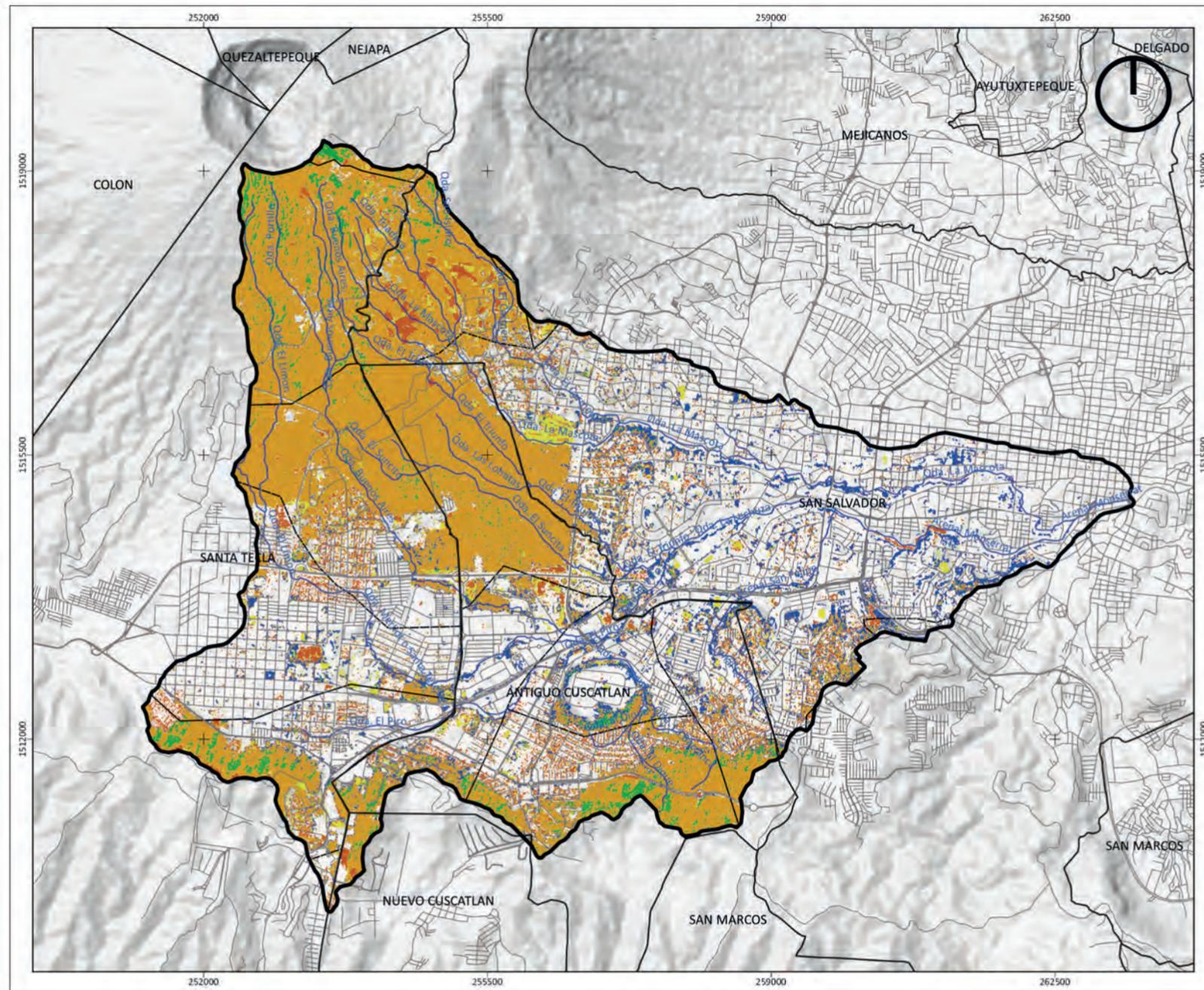
Bosque ripario o de galería son los ligados a ríos o quebradas, alimentados por la humedad en el suelo y de crecimiento frondoso. Alta eficiencia en evapotranspiración, contribuyendo significativamente en el ciclo del agua

## Pasto

Son plantas gramíneas y leguminosas que se desarrollan en predios o zonas sin intervenciones

## Suelo desnudo

Áreas deforestadas, sin cobertura boscosa permanente, normalmente en forma de predios baldíos dentro de la ciudad



 <p>RECONECTANDO CIUDADES CON LA NATURALEZA LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE</p> 	Escala: 1:70,000	<b>Mapa 13</b> ECOSISTEMAS EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT
	Datum: WGS 1984 Proyección: UTM Zona 16 N	
	 Metros	
<b>Simbología</b>		
Red hídrica Red vial Municipios Arenal Monserrat	<b>Ecosistemas</b> Cafetal Bosque latifoliado Pasto	Bosque ripario Suelo desnudo

## Servicios ecosistémicos

A continuación, se presentan los servicios ecosistémicos que los ecosistemas presentes en la microcuenca proveen, por tipo de servicio:

	<b>Aprovisionamiento</b>	<b>Sostenimiento</b>	<b>Regulación</b>	<b>Culturales</b>
<b>Cafetal</b>	Provisión de alimentos y materia prima Provisión de agua	Captura de carbono Infiltración de agua y disminución de escorrentía Hábitat para especies silvestres	Control de erosión y sedimentación Regulación de microclima: humedad Producción de nitrógeno Polinización de los cultivos	Recreación y ecoturismo Valores culturales Promoción de biodiversidad
<b>Bosque Latifoliado</b>	Provisión de alimentos, medicinas y ornamentales Provisión de madera Provisión de agua	Captura de carbono Infiltración de agua y disminución de escorrentía Hábitat para especies silvestres (de los más complejos)	Control de erosión y sedimentación Regulación de microclima: humedad Regulación de calidad del aire Polinización de los cultivos	Recreación y ecoturismo
<b>Bosque Ripario</b>	Provisión de alimentos y medicinas	Captura de carbono Ciclo de nutrientes Hábitat para especies silvestres	Infiltración de agua y disminución de escorrentía Control de erosión y sedimentación Regulación de micro clima: humedad, temperatura Regulación de calidad del aire	Recreación
<b>Pastos</b>		Captura de carbono Reciclaje de nutrientes Hábitat para especies silvestres	Disminución de escorrentía Control de erosión y sedimentación Regulación de microclima: humedad en suelos	
<b>Suelo Desnudo</b>		Captura de carbono (parcialmente durante período de lluvias) Reciclaje de nutrientes Hábitat para especies silvestres	Control de sedimentación Regulación de microclima: humedad en suelos	

Tabla 2. Servicios ecosistémicos provistos por los ecosistemas en la microcuenca del Arenal Monserrat

## Servicios ecosistémicos

Retomando el concepto de capacidad adaptativa, además de analizar los ecosistemas presentes en la microcuenca y los servicios que brindan, también hay que relacionar las capacidades institucionales existentes que condicionan su protección y promoción dentro la microcuenca. En este sentido, hay que analizar el marco rector existente, en dos niveles: nacional, desde el MARN, y local, desde las tres municipalidades principales que se encuentran en la cuenca. En la siguiente tabla se describen las acciones existentes para proteger los ecosistemas:

### Bosque ripario

Campaña SOS Ríos Urbanos – MARN  
Ríos Urbanos y Campos Verdes – UCA

### Cafetal

Decreto Ejecutivo 12, de mayo de 2009 que declara El Espino – Bosque Los Pericos, conocido actualmente como Parque del Bicentenario, en un Área Natural Protegida (ANP). Es parte de las 569 hectáreas de Zona de Reserva Forestal establecida en 1993 como zona protectora del suelo, según Decreto Legislativo No 432.

La Alcaldía Municipal de Antiguo Cuscatlán tiene la ordenanza reguladora para la protección y conservación de la finca El Espino del municipio de Antiguo Cuscatlán.

Los caficultores de la zona reciben asistencia técnica de parte del CENTA-Café; se han elaborado investigaciones de UES, PROCAFÉ y CLUSA y se han realizado varias iniciativas de la empresa privada

### Bosque latifoliado

Aplicación de un marco normativo:

- Ley de Áreas Naturales Protegidas
- Ley de Conservación de Vida Silvestre
- Ley Forestal
- Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los municipios aledaños donde en su artículo 13 indica que para el cumplimiento de los objetivos de dicha ley se contará con un Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del AMSS que contendrá un Esquema Director
- Acuerdo 31 del Ministerio de Agricultura y Ganadería que establece los lineamientos para ordenanzas municipales que tengan como fin la protección y aprovechamiento de recursos forestales en áreas de uso restringido.”
- Plan de manejo del área natural protegida cráter del volcán San Salvador
- Acuerdo 124 del MARN que define las directrices de zonificación ambiental y usos de suelo para los municipios que integran la subregión metropolitana de San Salvador y el Decreto ejecutivo 14 que determina la zonificación ambiental y usos del suelo para el volcán de San Salvador y zonas aledañas.

La Alcaldía Municipal de San Salvador ha desarrollado las siguientes ordenanzas: i) para la protección del patrimonio arbóreo; ii) del plan municipal de ordenamiento territorial de la ciudad de San Salvador; y iii) de zonas de protección y conservación de los recursos naturales del departamento de San Salvador

La Alcaldía Municipal de Santa Tecla cuenta con una ordenanza reguladora de uso de suelos del municipio de Santa Tecla y la ordenanza para la protección y preservación de los recursos naturales renovables

La Alcaldía Municipal de Antiguo Cuscatlán tiene la ordenanza de zonas de protección y conservación de recursos naturales y zonas no urbanizables de Antiguo Cuscatlán

Para los ecosistemas Pasto y Suelo desnudo no existen acciones específicas para su protección.

A continuación, se analizará la provisión de servicios que moderan los daños potenciales y permite manejar los impactos adversos del cambio climático. Con la información disponible, se reconocen cuatro de los servicios ecosistémicos más relevantes: biomasa, provisión de agua (recarga hídrica potencial), regulación de clima (temperatura superficial) y captura de carbono.

## Biomasa

La biomasa es la cantidad de productos obtenidos por fotosíntesis, susceptibles de ser transformados en combustible útil y expresada en unidades de superficie y de volumen. O bien es la cantidad total de materia viva presente en una comunidad o ecosistema.

Se considera biomasa a un grupo de productos energéticos y materia primas de tipo renovable que se originan a partir de materia orgánica formada por vía biológica, como la fotosíntesis.

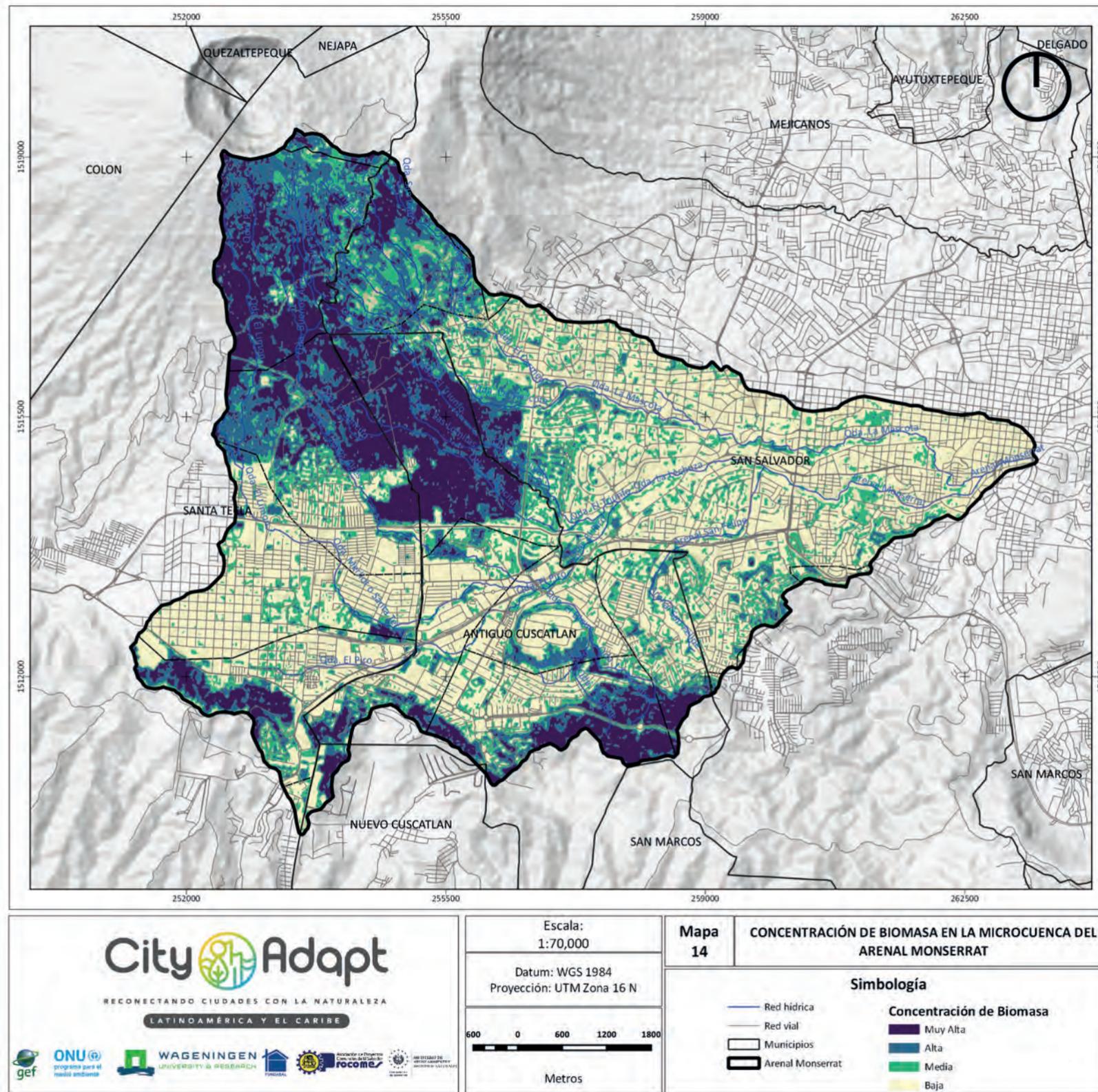
La cantidad de biomasa generada por un ecosistema depende en gran medida de la eficiencia en el proceso de fotosíntesis, por tanto los ecosistemas en los cuales la cantidad de clorofila es más elevada o concentrada, tienen la capacidad de captar de manera más efectiva el carbono atmosférico y producir la materia orgánica en forma de hojas, madera, suelo, entre otros; que contribuyen a generar mayor cantidad de biomasa.

Como se muestra en el mapa 14, la mayor concentración de biomasa se encuentra en la parte alta de la cuenca, más específicamente en la cobertura boscosa sobre el volcán de San Salvador, la cual en su mayoría se trata de

cafetales con sombra pudiendo considerarse un bosque mixto, así también en algunos relictos de ecosistemas naturales, los tonos azules más fuertes reflejan la mayor concentración de biomasa con un promedio de 5.19 ton/ha.

En las partes más bajas de la microcuenca, principalmente en zona urbanizada, con pequeñas áreas verdes, la productividad apenas alcanza 1.09 ton/ha; mientras en remanentes de bosque ripario alcanza hasta un 2.5 ton/ha, concluyendo que esta concentración se vuelve mínima dentro de la ciudad. Esto solo refuerza la necesidad de proteger la cobertura en la zona del volcán y así conservar y promover el potencial de recarga existente. La cantidad de vegetación (cobertura) y el grado de conservación de las mismas define en gran medida la generación de biomasa a nivel local.

Los datos antes mencionados han sido obtenidos con base a la información utilizada para generar el mapa 14, que nos permite ver en detalle la concentración de biomasa en la microcuenca del Arenal Monserrat.



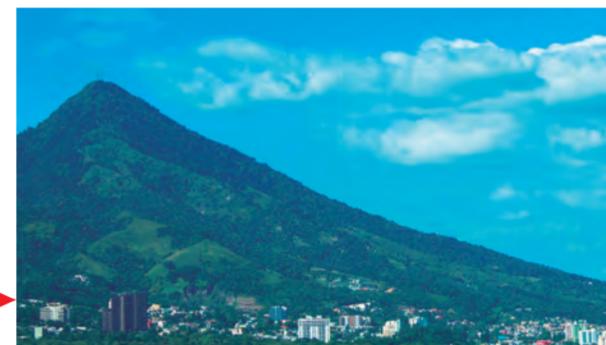
## Provisión de agua

El servicio de provisión de agua es uno de los más importantes para la vida, y por ello es importante proteger todas las áreas con potencial de recarga considerable y las condiciones que promuevan esta condición.

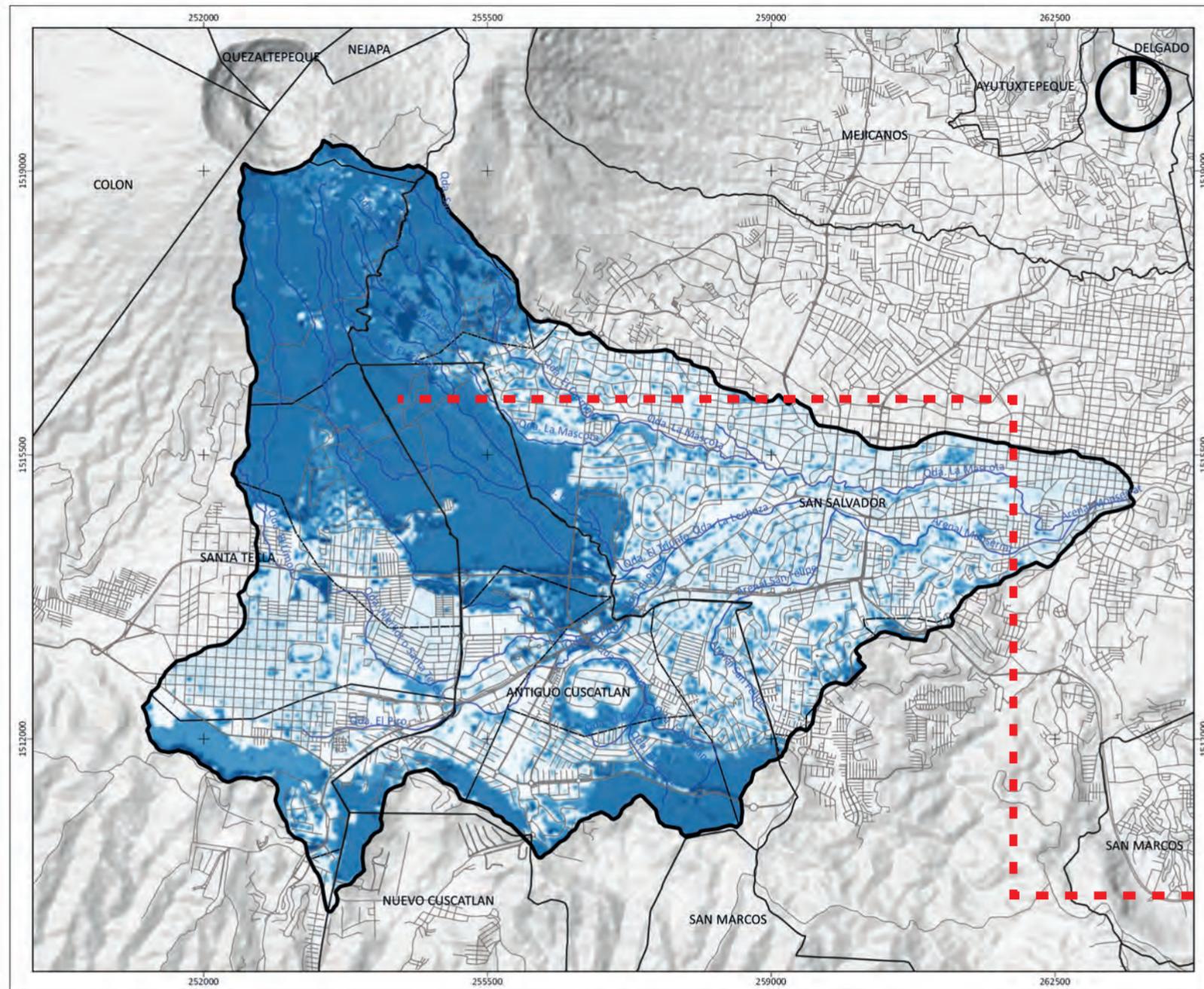
Como podemos ver en el mapa 15, el mayor potencial de recarga hídrica se encuentra en la cobertura boscosa sobre el volcán de San Salvador, las cuales se caracterizan por una menor densidad urbanística, con un promedio de recarga de 300 - 600 mm/año.

Al respecto es importante destacar que las fuentes de suministro de agua para el AMSS son las siguientes :

1. Las Pavas, que constituye una fuente superficial de agua cuya captación se encuentra en el principal río del país, el Lempa, y representa el 34.58 % del suministro.
2. 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-Quezaltepeque- Opico) representando el 24.81 % del abastecimiento.
3. Sistema tradicional, que consiste en la producción mediante extracción de pozos profundos ubicados en el acuífero de San Salvador e incluye el sistema Guluchapa, un sistema combinado mediante captación de fuentes superficiales y subterráneas ubicado en la zona suroriente de la capital. Juntos representan el 40.6 % del abastecimiento de la capital.



Fotografía del Volcán de San Salvador.  
Fuente: <https://www.flickr.com/photos/85142904@N07/8183057987/>



	Escala: 1:70,000	<b>Mapa 15</b> <b>RECARGA HÍDRICA POTENCIAL (MILIMETROS POR AÑO) EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT</b>
	Datum: WGS 1984 Proyección: UTM Zona 16 N	
	600 0 600 1200 1800 Metros	
<b>Simbología</b>		
— Red hídrica — Red vial □ Municipios □ Arenal Monserrat	<b>Recarga hídrica (m3)</b> ■ 859 ■ 572 ■ 286 ■ 1.47e-06	

## Regulación de clima

### Temperatura

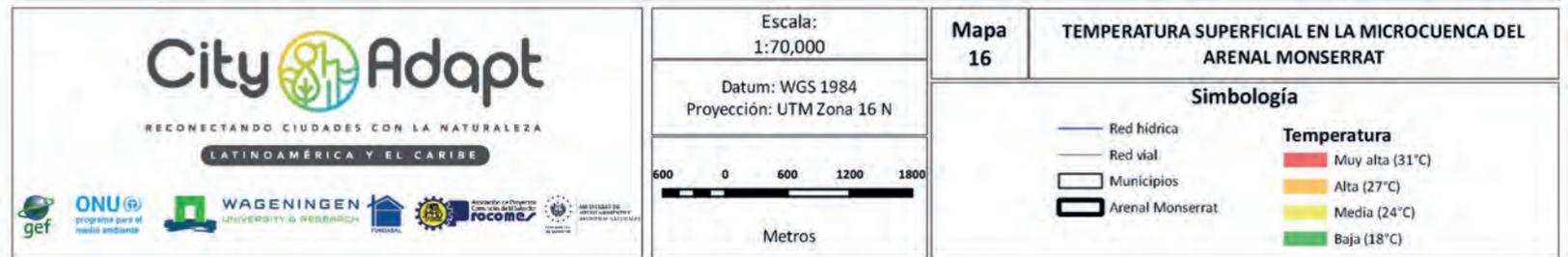
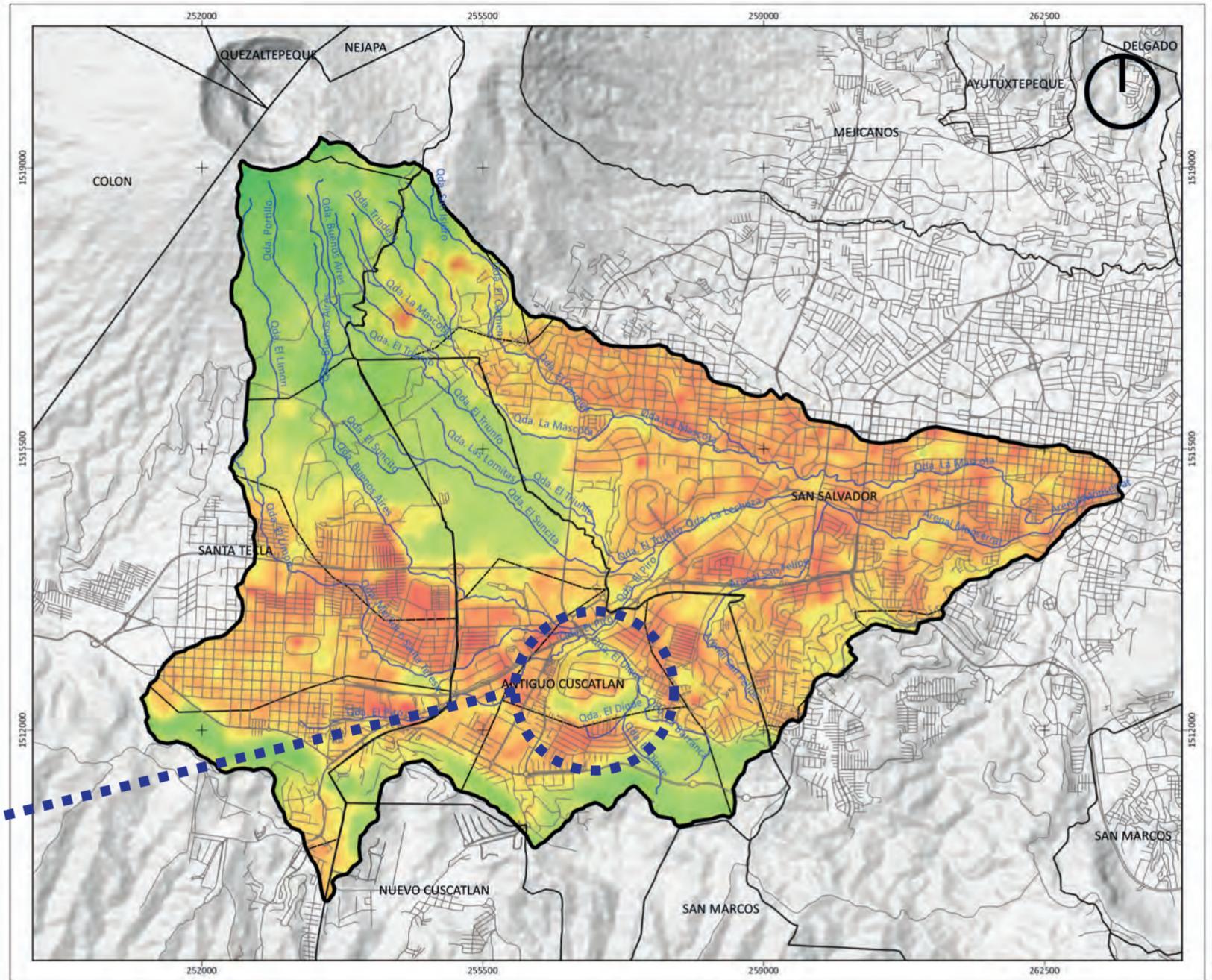
Los ecosistemas influyen en el clima local y la calidad del aire. Por ejemplo, los árboles proporcionan sombra mientras que los bosques influyen en las precipitaciones y en la disponibilidad de agua, tanto a escala local como regional. Los árboles y otras plantas desempeñan asimismo un importante papel en la regulación de la calidad del aire; por ejemplo, los árboles urbanos pueden influir en la calidad del aire de la siguiente manera: i) convirtiendo el dióxido de carbono en oxígeno a través de la fotosíntesis; ii) interceptando partículas contaminantes (polvo, ceniza, polen y humo) y absorbiendo gases tóxicos como el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno; iii) emitiendo diversos compuestos orgánicos volátiles y contribuyendo así a la formación de ozono en las ciudades; iv) reduciendo la temperatura local

del aire, v) reduciendo las temperaturas extremas de los edificios tanto en invierno como en verano, y reduciendo por lo tanto las emisiones contaminantes de las instalaciones de generación de energía (FAO, 2019).

En el mapa 16, podemos observar una clara disminución de la temperatura en áreas con cobertura boscosa; especialmente dentro del área urbana, la diferencia de temperaturas de zonas que poseen áreas verdes considerables. Un ejemplo claro es la zona del Plan de La Laguna en Antigua Guatemala; a pesar de ser una zona industrial fuerte, el anillo verde a sus alrededores permite disminuir la temperatura de la zona en comparación a sus alrededores.



Vista aérea del Plan de La Laguna. Fuente: <https://elmundo.sv/erupciones-y-terremotos-en-antigua-cuscatlan/>



## Captura de carbono

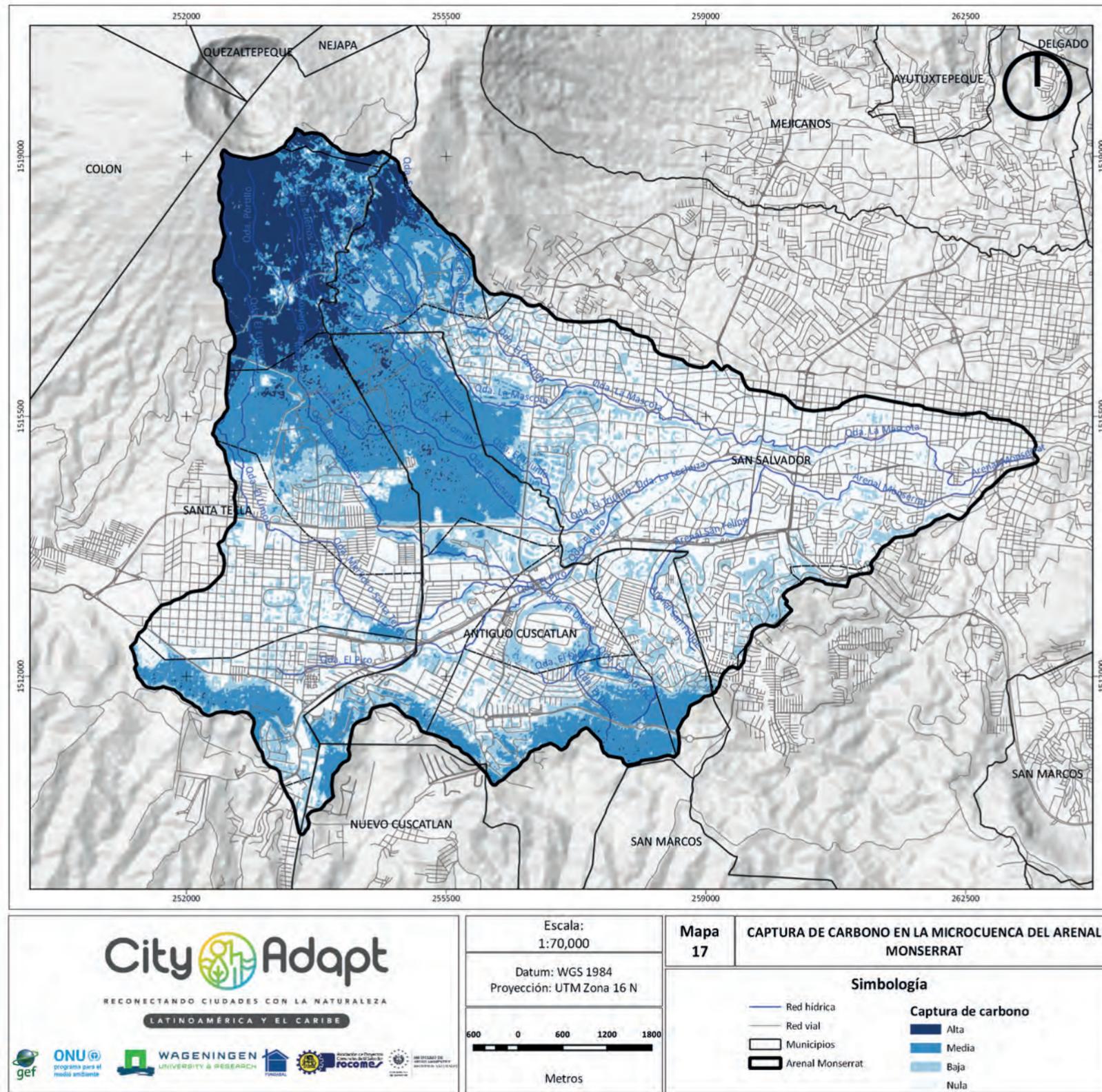
Las plantas capturan, almacenan y liberan carbono como resultado de los procesos fotosintéticos, de respiración y de degradación de materia seca. Este servicio ecosistémico que proveen como secuestradores de carbono (sumideros), permite equilibrar la concentración de este elemento, misma que se ve incrementada debido a las emisiones producto de la actividad humana.

Hay algunas especies que poseen características que promueven o facilitan la captura de carbono. Las anchas y grandes hojas del bosque latifoliado (parte alta del volcán de San Salvador), le permiten secuestrar una cantidad más alta de carbono, dada por una mayor área de contacto en las hojas. De igual manera, como mencionábamos en la sección de biomasa, un bosque joven será más eficiente en brindar este tipo de servicios, que un bosque maduro.

Como vemos en el mapa 17, el bosque latifoliado remanente en las partes altas del volcán presentan un alto nivel de captura de carbono. De menor manera, pero de igual importancia por su

cobertura, los cafetales presentes tanto en el volcán como en la cordillera presentan un alto potencial de captura de carbono. La zona urbana, por su nivel de deforestación, presenta en su gran mayoría un potencial nulo de captura de carbono; sin embargo, los remanentes de ecosistemas que aun existen en la ciudad (pastos naturales, bosque ripario) aun presentan una contribución considerable al secuestro de carbono dentro de la gran ciudad, que a su vez es el escenario de actividades como cambio de uso de suelo y emisión de gases, dos de las grandes razones de los altos niveles de CO<sub>2</sub> en el aire actualmente.

Tomando en cuenta la importancia de proteger y promover los sumideros de carbono, paralelamente a la disminución de emisión de CO<sub>2</sub>, esta información es de suma importancia para la priorización en la protección y promoción de sumideros de carbono tanto dentro como fuera de la ciudad.



## Provisión de servicios

\*Clasificación de zonas por prestación total de servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son necesarios para la continuidad de la vida en el planeta; todos los seres humanos dependemos de ellos para vivir. Para saber qué zonas proveen más servicios, y así identificar y relacionar esta prestación con su estado, se presenta en el mapa 18 la clasificación de las zonas por servicios provistos.

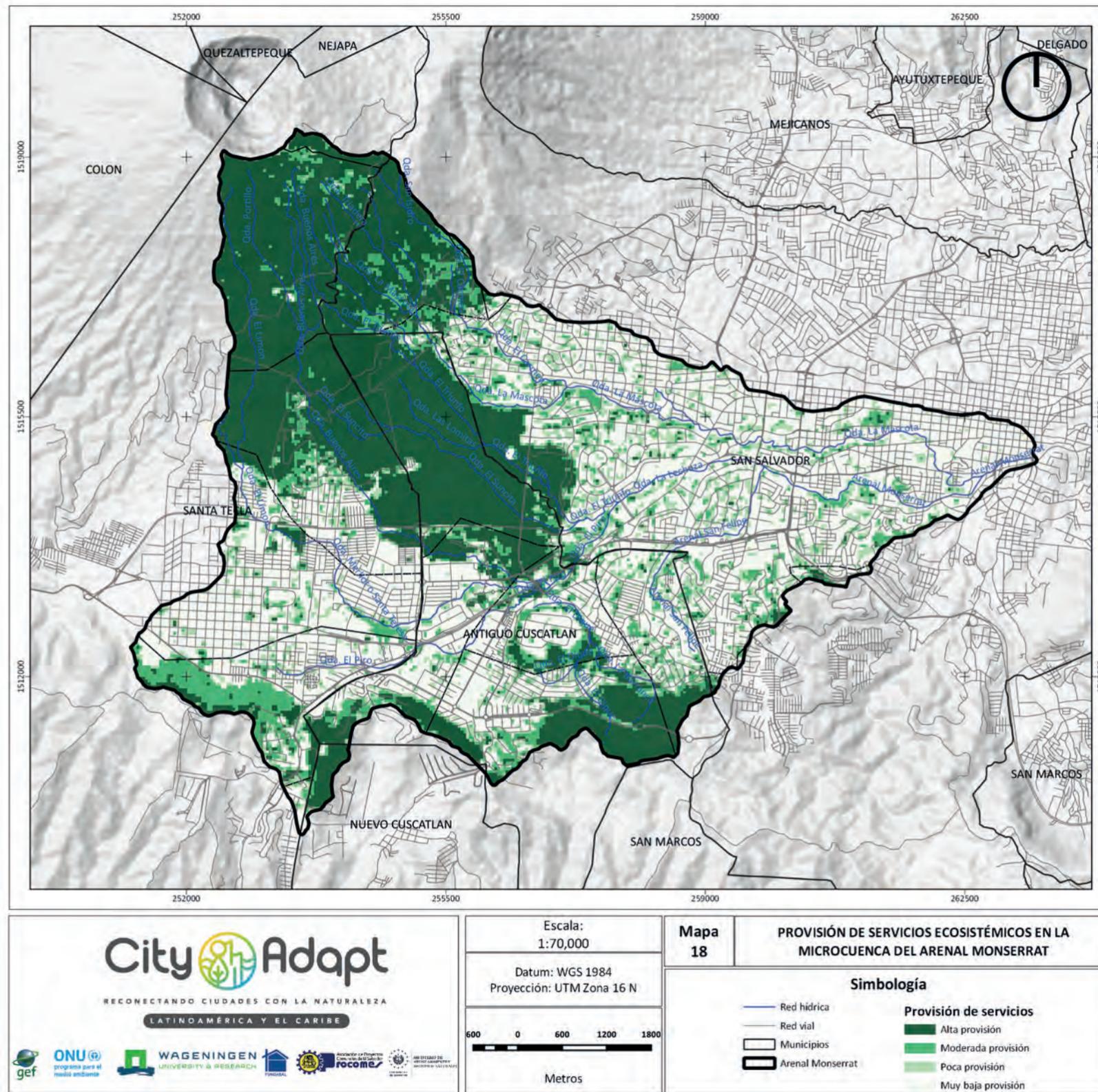
Como es de esperar, dado por la información analizada anteriormente, los cafetales y bosque latifoliado presentes en la microcuenca, resaltan (verde oscuro) por el número de servicios provistos.

El área urbana no presenta ninguna provisión de servicios; y sin embargo, se debe resaltar la provisión de servicios de los remanentes de ecosistemas dentro de la ciudad. Como ya se mencionó, el aporte de esos remanentes es notorio, por ejemplo, en la regulación de temperaturas de las inmediaciones dentro de la ciudad, o el aporte a la recarga acuífera.

Adicionalmente, el mapa deja ver la disminución en provisión de servicios por parte de ecosistemas que se han visto reducidos o dañados, como en el caso del pasto en la zona alta del volcán.

Se debe reconocer el impacto de la actividad humana en la calidad y eficiencia en la provisión de estos servicios, y hacer la relación entre los procesos de degradación y el estado actual de los ecosistemas. El crecimiento urbano acelerado ha sido un factor clave en la disminución de cobertura vegetal dentro de la ciudad, y su tendencia ha empezado a afectar también los ecosistemas en las zonas altas.

Reconocer la provisión de servicios ecosistémicos debe permitir no solo apreciar estas bondades, sino también identificar qué acciones pueden darse para promover y fortalecer a los ecosistemas para la continuidad en la provisión de estos.



# Vulnerabilidad



**VULNERABILIDAD SOCIOAMBIENTAL = EXPOSICIÓN + SENSIBILIDAD + CAPACIDAD ADAPTATIVA**

Teniendo en cuenta las condiciones de exposición y sensibilidad tanto de la población como de los ecosistemas y los servicios brindados dentro de la microcuenca, los cuales juegan un papel clave para la adaptación de todo el sistema, se presenta a continuación el mapa de vulnerabilidad socioambiental.

El mapa posee 4 escalas, las cuales representan:

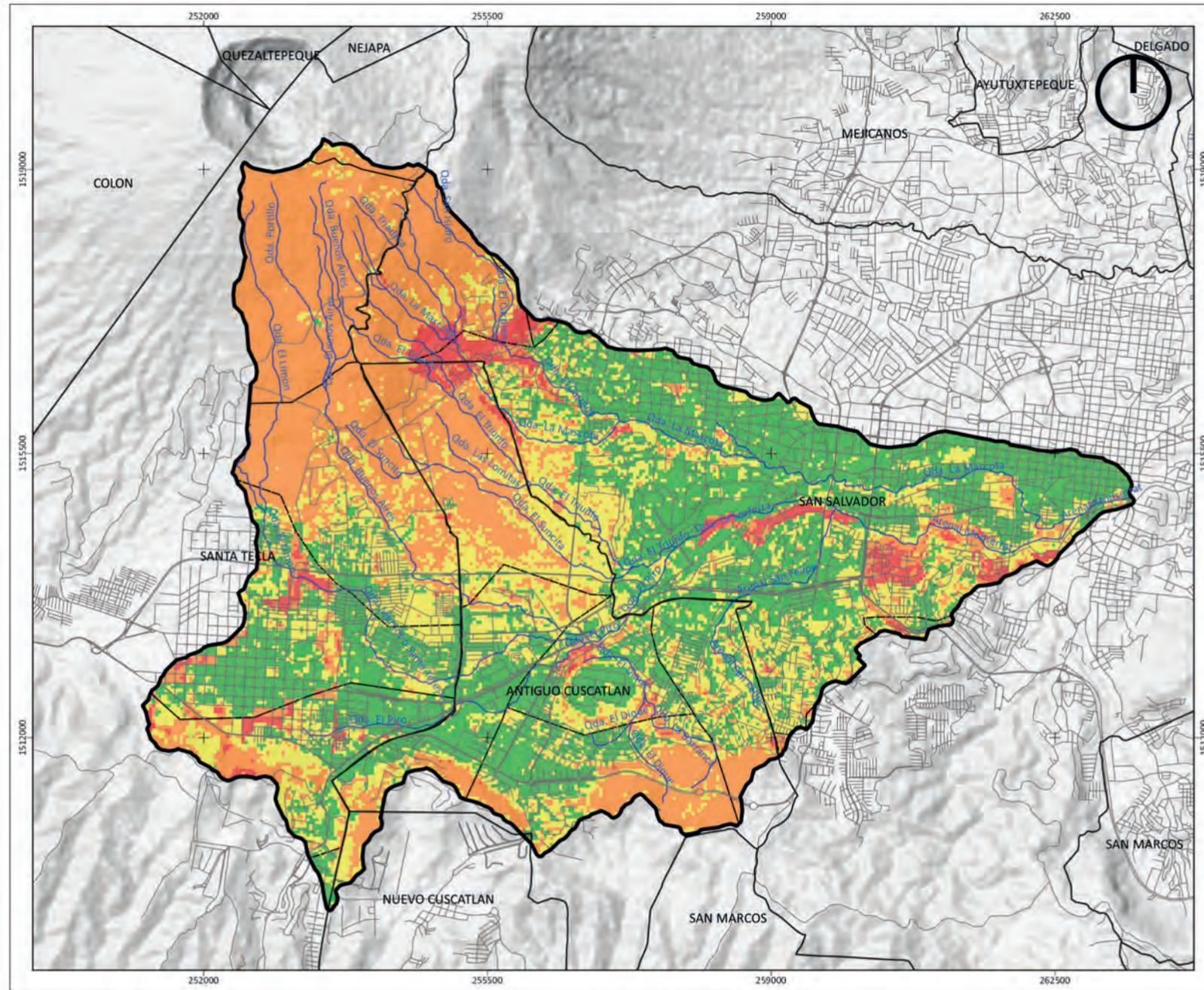
**Muy alta:** Vulnerabilidad debida tanto a la amenaza a la continuidad de servicios clave prestados como por la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático. Los zonas marcadas como muy alta vulnerabilidad, coinciden con los ecosistemas devastados en el volcán de San Salvador y parte de la cordillera de El Balsamo. Dados los servicios críticos que proveen estas zonas, es necesario asegurar no solo su preservación, sino su protección y mejora, pues son imprescindibles para la preservación de la vida y la capacidad adaptativa de todo el sistema. De igual manera, dentro del área urbana, resaltan como vulnerables las áreas verdes existentes, debido a su papel dentro de la ciudad como reguladores de clima y aire, entre otros. Las zonas urbanas con más alta vulnerabilidad también coinciden con la ubicación de muchos de los asentamientos precarios que se ven más expuestos a sufrir por los impactos negativos del cambio climático; esto confirma la situación de alto riesgo físico y socioeconómico presente en estas zonas, que en su gran mayoría se

ubican en zonas de quebradas, y la inminente necesidad de generar alternativas factibles y reales que les ayuden a mitigar el riesgo físico y mejorar sus capacidades socioeconómicas.

**Alta:** Bajo esta categoría se encuentran ecosistemas y zonas verdes dentro de la ciudad que, de igual manera, necesitan preservarse para la continuidad en la provisión de servicios. Asimismo, asentamientos que también poseen riesgo en menor escala figuran en esta categoría, por encontrarse dentro de zonas de riesgo físico.

**Media:** En esta categoría se encuentran ecosistemas y zonas urbanas bajo algunas condiciones de riesgo o falta de condiciones óptimas adaptativas; destaca de esta categoría la necesidad de definir acciones necesarias para preservar y asegurar el estado de estas zonas, especialmente los ecosistemas resaltados.

**Baja:** En esta categoría se encuentra mayormente la ciudad formal que posee la infraestructura, servicios y condiciones socioeconómicas mínimas necesarias para enfrentar integralmente los impactos negativos del cambio climáticos. Sin embargo, las zonas en esta categoría aun pueden implementar diversas intervenciones para mejorar sus condiciones ante el cambio climático, al igual que reducir sus aportes a la reproducción de impactos negativos.



	Escala: 1:70,000	<b>Mapa 19</b> <b>VULNERABILIDAD SOCIOAMBIENTAL EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL MONSERRAT</b>
	Datum: WGS 1984 Proyección: UTM Zona 16 N	
	600 0 600 1200 1800 Metros	
<b>Simbología</b>		
Red hídrica Red vial Municipios Arenal Monserrat	<b>Vulnerabilidad socioambiental</b> Vulnerabilidad Muy Alta Vulnerabilidad Alta Vulnerabilidad Moderada Vulnerabilidad baja	



# Cambio climático

## Escenarios y posibles impactos del CC

En la Tercera Comunicación de Cambio Climático de El Salvador (2018), definen el uso de cuatro escenarios de cambio climático o caminos representativos de concentración (RCP por sus siglas en inglés) que difieren el cambio esperado de radiación (8,5; 6,0; 4,5 y 2,6 vatios por metro cuadrado).

Así los resultados que se esperan para el periodo 2021-2050 es una reducción de la precipitación nacional entre un 10% a 20% y hasta el 26% en el segundo periodo de 2071 a 2100, para todos los RCP, que pueden representar disminuciones de por lo menos 300 mm de lluvia.

Al mismo tiempo, los cambios interanuales muestran, por un lado, incrementos de precipitación en la época seca (de noviembre a abril) superiores al 10% y, por otro lado, una disminución en la época lluviosa (de mayo a octubre) del 10 al 20%, intensificando la canícula de julio y afectando los meses de agosto y septiembre (CODEMET, 2018).

Sobre la temperatura media y mínima presentará

aumentos en los periodos 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios RCP. Lo anterior podrá involucrar cambios entre 1 °C y 3°C y hasta 4.5 °C hacia finales de siglo.

En dicha comunicación, se determinó para el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), un análisis de vulnerabilidad, considerando una expansión del área urbana y dadas las características geológicas y edafológicas presentes, se centraría en las siguientes amenazas climáticas:

- Aumento de la temperatura y riesgos asociados para la población urbana.
- Aumentos de la precipitación extrema y riesgos asociados a inundaciones y deslizamientos.
- Cambios en la precipitación anual y posibles riesgos para los recursos hídricos subterráneos.

A continuación se describe para cada amenaza los posibles escenarios.

- 1) El aumento sostenido de las temperaturas medias y extremas en las últimas décadas, aunado con una mayor frecuencia de la ocurrencia de calor extremo, supone un impacto significativo en el confort térmico que podría perjudicar notablemente la

habitabilidad del AMSS. Entre los efectos que el aumento de temperatura pudiera tener sobre la población y los ecosistemas del AMSS son:

- a) Mayor frecuencia/intensidad de olas de calor
  - b) Se acentúa el efecto de islas de calor
  - c) Afectación a ecosistemas (zonas verdes, agricultura urbana)
  - d) Pérdida de biodiversidad/cultivos
  - e) Incendios
- 2) El posible aumento de las precipitaciones extremas en el AMSS puede agravar procesos de inundación y deslizamiento que ya afectan la zona, aunado con la precariedad de los asentamientos urbanos. Este aumento exacerbado del área urbana implicaría los siguientes efectos:
    - a) Aumento de la escorrentía superficial
    - b) Inundaciones y deslizamientos más frecuentes
    - c) Aparición de grandes cárcavas a orillas de colonias que se construyeron en zonas colindantes a ríos o quebradas
  - 3) Dotación de recursos hídricos del AMSS, que de acuerdo al MARN la recarga acuífera varía entre 151-600 milímetros/año. El aumento de la

demanda propiciado por el crecimiento del AMSS y una disminución potencial de la precipitación comprometen y afectan a la recarga de los acuíferos y a la disponibilidad de agua subterránea para la población. Por lo tanto, los impactos que se esperarían son:

- a) Disminución de la recarga del acuífero con la consiguiente reducción del nivel freático y reducción del agua potable disponible en el AMSS.
- b) Diminución de caudales superficiales
- c) Mayor concentración de contaminantes
- d) Degradación de ecosistemas
- e) Aumento de condiciones de sequía

En dicha comunicación, presenta la capacidad adaptativa de los municipios ante estos riesgos y destacan los municipios de Antiguo Cuscatlán y Santa Tecla, como los que tienen una capacidad adaptativa alta, por contar con una mayor proporción de vegetación natural que actúan como reguladores del clima y bajo grado de urbanización (para el caso de Santa Tecla).



04

# Análisis Ecosistémico

## Análisis ecosistémico

En la microcuenca Arenal Monserrat, el 31% corresponde a cobertura vegetal, siendo el 69% restante relativo a tejido urbano continuo. Sobre la cobertura vegetal, el 90% es cafetal, 2% bosque latifoliado, 2% pastos, 3% bosque ripario y 3% suelo desnudo.

A continuación, se presenta una descripción del estado de los ecosistemas que se encuentran en la microcuenca, para el levantamiento de la línea base, que permita posteriormente establecer una priorización de las intervenciones sobre ecosistemas a desarrollar, tomando en cuenta los criterios de los expertos y las encuestas de los grupos focales.

Para cada uno de los ecosistemas se respondió a la pregunta ¿En qué estado considera que se encuentra actualmente el ecosistema analizado? A esta pregunta se le agregó los elementos positivos y negativos para el ecosistema. Con la descripción hecha para cada ecosistema, se realizó una evaluación cualitativa de la percepción sobre el estado de dicho ecosistema y la urgencia o el grado de atención que demanda el ecosistema en particular, determinado por el servicio ecosistémico que entrega, conforme los criterios de los expertos.

Se evaluaron las respuestas cruzando las variables “estado” con “urgencia” para priorizar la acción sobre los ecosistemas (Adapt-Chile y Euroclima, 2017):

		URGENCIA		
		BAJA	MEDIA	ALTA
ESTADO	BUENO	BB	BM	BA
	ESTABLE	BE	EM	EA
	MALO	BM	MM	MA

El resultado de los ecosistemas priorizados fue: cafetales, bosque latifoliado, bosque ripario y suelo desnudo.

Posteriormente se valorizó el rol de los ecosistemas llenando la siguiente información:

- Cuál será el estado deseado de dicho ecosistema
- Los servicios ecosistémicos asociados
- El estado actual, el proceso por el cual es generado y los costos asociados
- Los beneficios de recuperar el ecosistema
- Las alternativas para recuperar el ecosistema y sus costos

Con esta valorización se definen para cada ecosistema, y por nivel de cuenca, de paisaje y de comunidades locales, las intervenciones de Adaptación basada en Ecosistemas junto con el servicio ecosistémico que fortalece.

Finalmente se vinculan los medios de vida existentes en el área con los ecosistemas y los servicios que son requeridos. A continuación, se presentan cada una de las tablas que resumen los aportes realizados.



# Cafetales

## Estado actual

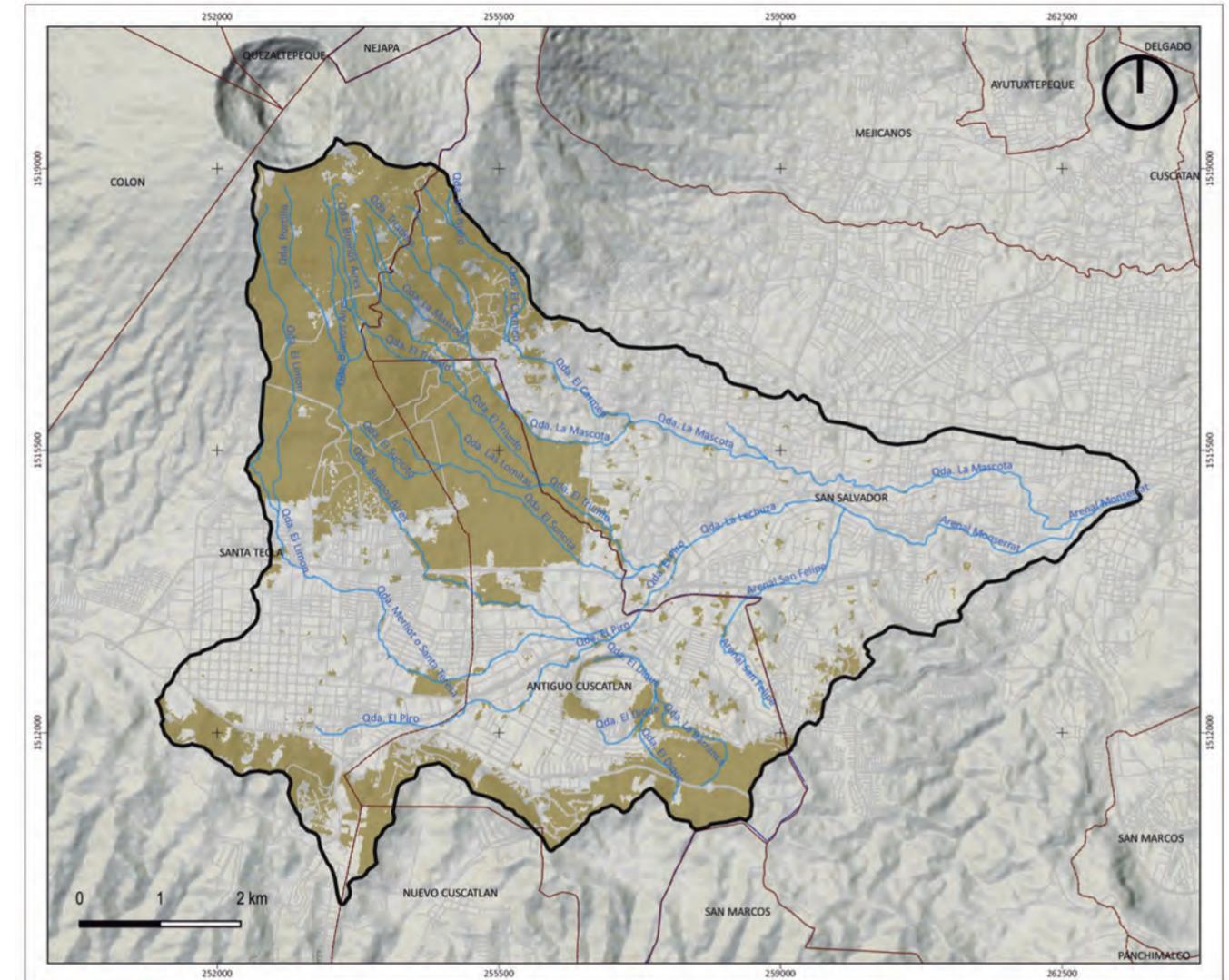
- Altamente debilitados por el impacto de la roya y otras enfermedades (roya del cafeto y otras), cuya presencia se ha fortalecido por efectos negativos del cambio climático, como cambio en los patrones de lluvia (altas precipitaciones y disminuciones o comienzo tardío de las lluvias) y altas temperaturas.
- Bajo rendimiento de los cafetales
- Los cambios en el uso de suelo y las prácticas afectan su estado actual.
- Incendios provocados por la acción humana.
- Variedades no resistentes a las plagas y enfermedades.
- Bajos precios en el mercado internacional.

## Elementos positivos

- Buenas prácticas de manejo de cultivo (encajuelados, acequias, zanjas de infiltración).
- El cafetal promueve y conserva la biodiversidad, los cuales pueden ser aprovechados de forma alternativa.
- Permite desarrollar actividades amigables con el ambiente (Eco – turismo, paisaje).
- Posee un valor cultural.
- Genera empleos en la zona.

## Elementos negativos

- Existen investigaciones, pero no son accesibles para su aplicación.
- El uso excesivo de químicos para control de plagas y enfermedades.
- Alta afectación por cambio de uso de suelos e incendios forestales
- Desinterés de propietarios de cafetales sobre los recursos existentes.
- Limitada transferencia de conocimientos sobre cuidado y preservación de cafetales.
- Falta de interés por parte de las juventudes para retomar dichos cultivos.
- Falta de apoyo financiero por parte del Estado.
- Reducida atención integral por parte del Estado.
- Raleo incontrolado.



Estado Actual	Urgencia de atención	Viabilidad	Priorización de intervención
<b>Malo</b>	<b>Alta</b>	Se cuenta con el apoyo de pequeños y medianos caficultores para la implementación de intervenciones de AbE	<b>Alta</b>

# Bosque latifoliado

## Estado actual

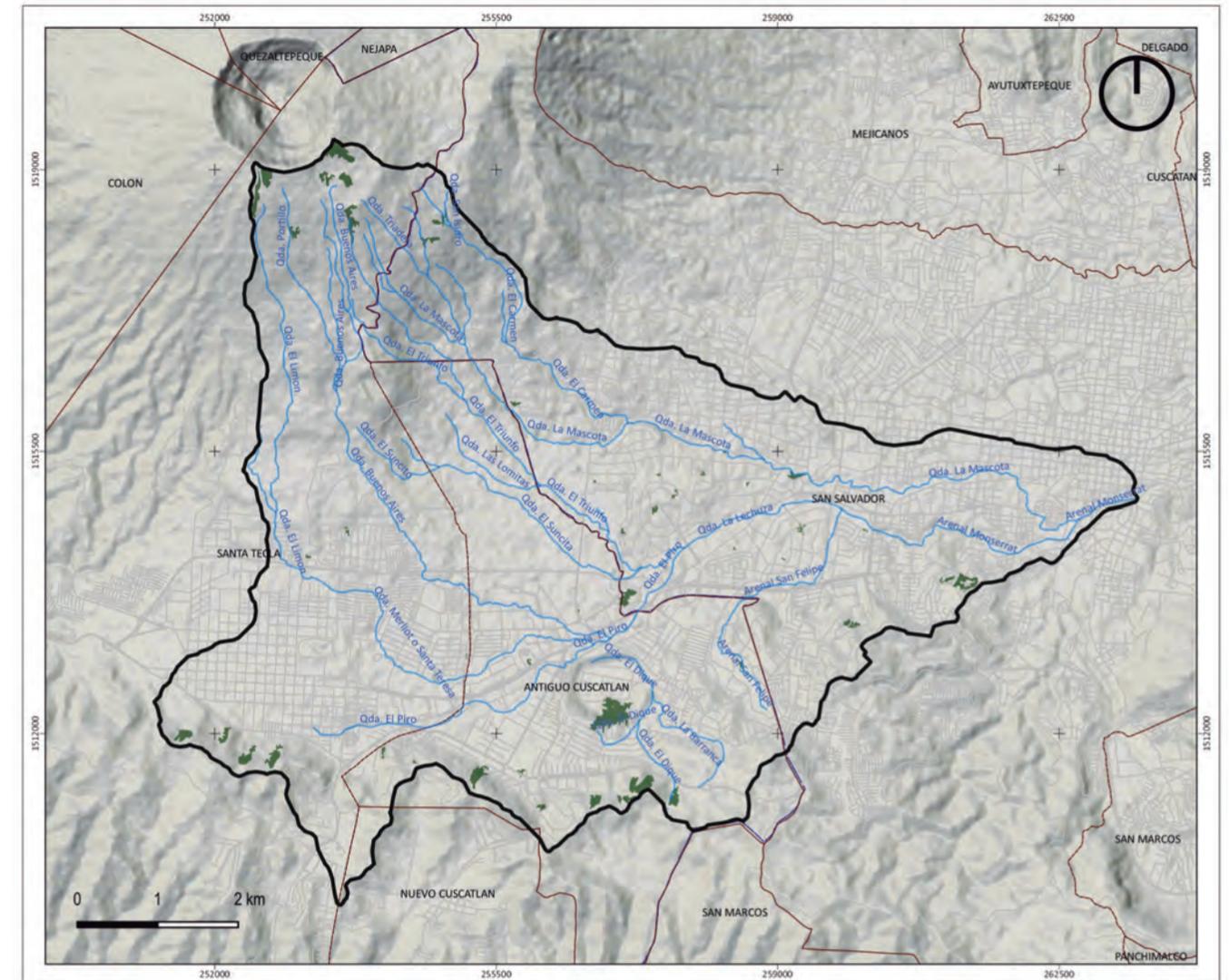
- Escaso en la actualidad
- A causa de la intervención humana por el cambio de uso de suelo y expansión de la frontera agrícola.
- Tiene un menor porcentaje de cobertura.
- No se ha considerado como recurso forestal productivo

## Elementos positivos

- Tiene mayor biodiversidad, especialmente en el tipo de especies que son endémicas, a pesar de ser reducido.
- Son atrapa – niebla, debido a que condensan más el agua
- Por ser árboles grandes tienen mayor capacidad de infiltración de agua.
- El ecoturismo permite la conservación del bosque

## Elementos negativos

- Tiene restricciones para el uso que se le otorgue debido a que solo permite ciertos tipos de especies
- Algunas especies de árboles pueden ser explotadas por la exclusividad de su materia prima
- La estructura y mecanismos de las municipalidades, ya que sus competencias son limitadas en dicha temática
- Fuerte erosión hídrica
- Reducción de la infiltración de agua – alta escorrentía



Estado Actual	Urgencia de atención	Viabilidad	Priorización de intervención
<b>Malo</b>	<b>Alta</b>	Se encuentra dentro o conecta con otros ecosistemas con los que se pueden hacer corredores. Altas tasas de biomasa y carbono	<b>Alta</b>



### Estado actual

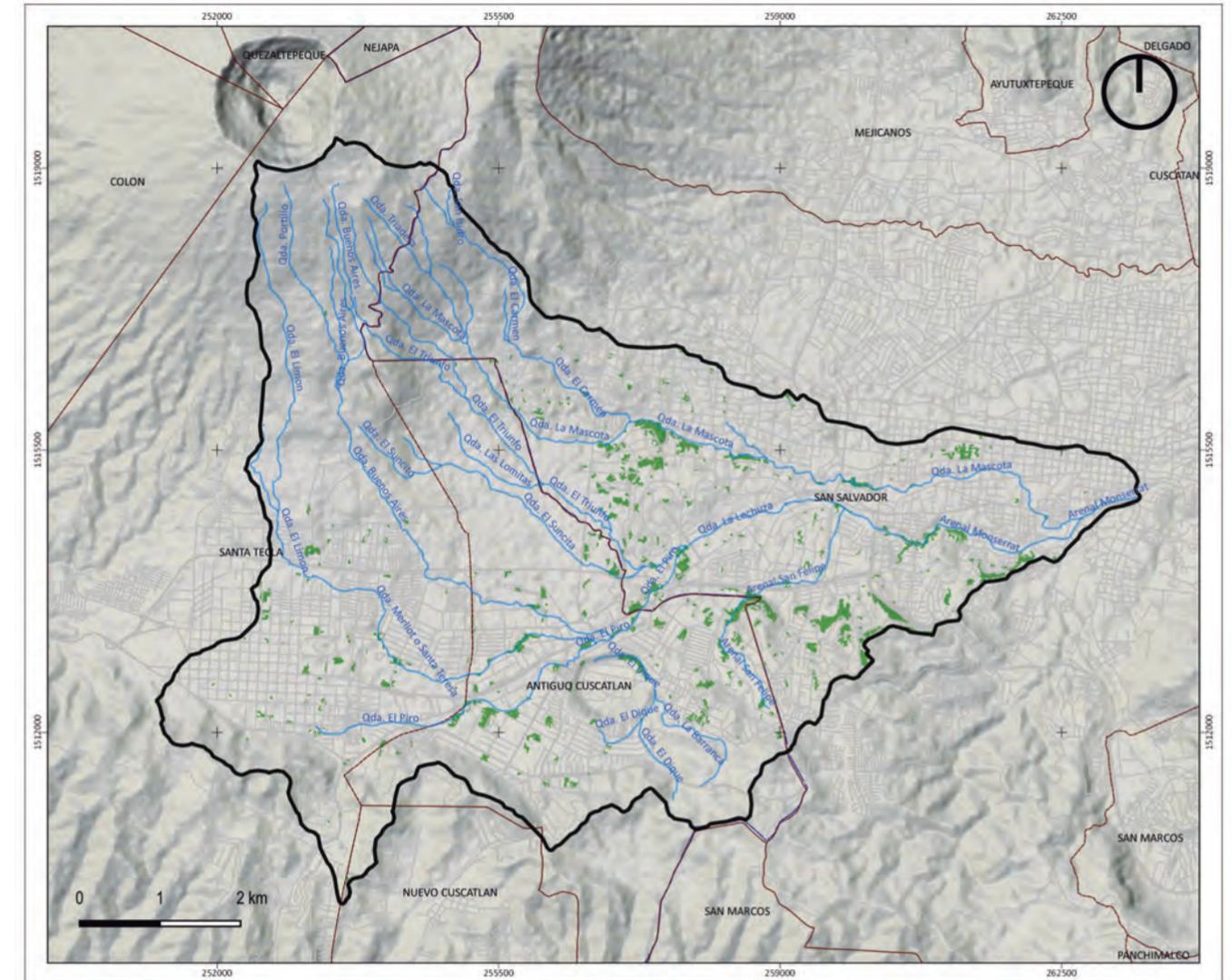
- El cambio de uso de suelo ha generado su degradación y reducción.
- Tala de árboles para uso de construcción (mora, conacaste, nísperos, tempisque, copinol)
- Situación de privada o irregular tenencia de la tierra y existencia de comunidades en los márgenes de ríos y quebradas.
- Práctica de embovedar los ríos urbanos para ganar espacio de construcción
- Alto nivel de contaminación por desechos, químicos, descargas de aguas negras, arrastre de sedimentos, entre otros.

### Elementos positivos

- Conserva biodiversidad nativa.
- Ayuda a sostener taludes.
- Disminuye escorrentía.
- Ayuda a la infiltración y limpieza del agua.
- Captura de dióxido de carbono.
- Regula temperatura.

### Elementos negativos

- Reducción de biodiversidad.
- Prácticas contaminantes y destructivas en las quebradas .
- Aguas residuales que no tienen tratamiento.
- Deforestación y tala de árboles para uso en la construcción y otros rubros.
- Falta de datos que determinen la existencia de bosques riparios en ríos urbanos



Estado Actual	Urgencia de atención	Viabilidad	Priorización de intervención
<b>Malo</b>	<b>Alta</b>	Identificación de actores claves con interés de restauración de los sitios. Limitado en área. Gran potencial	<b>Alta</b>



# Pastos

## Estado actual

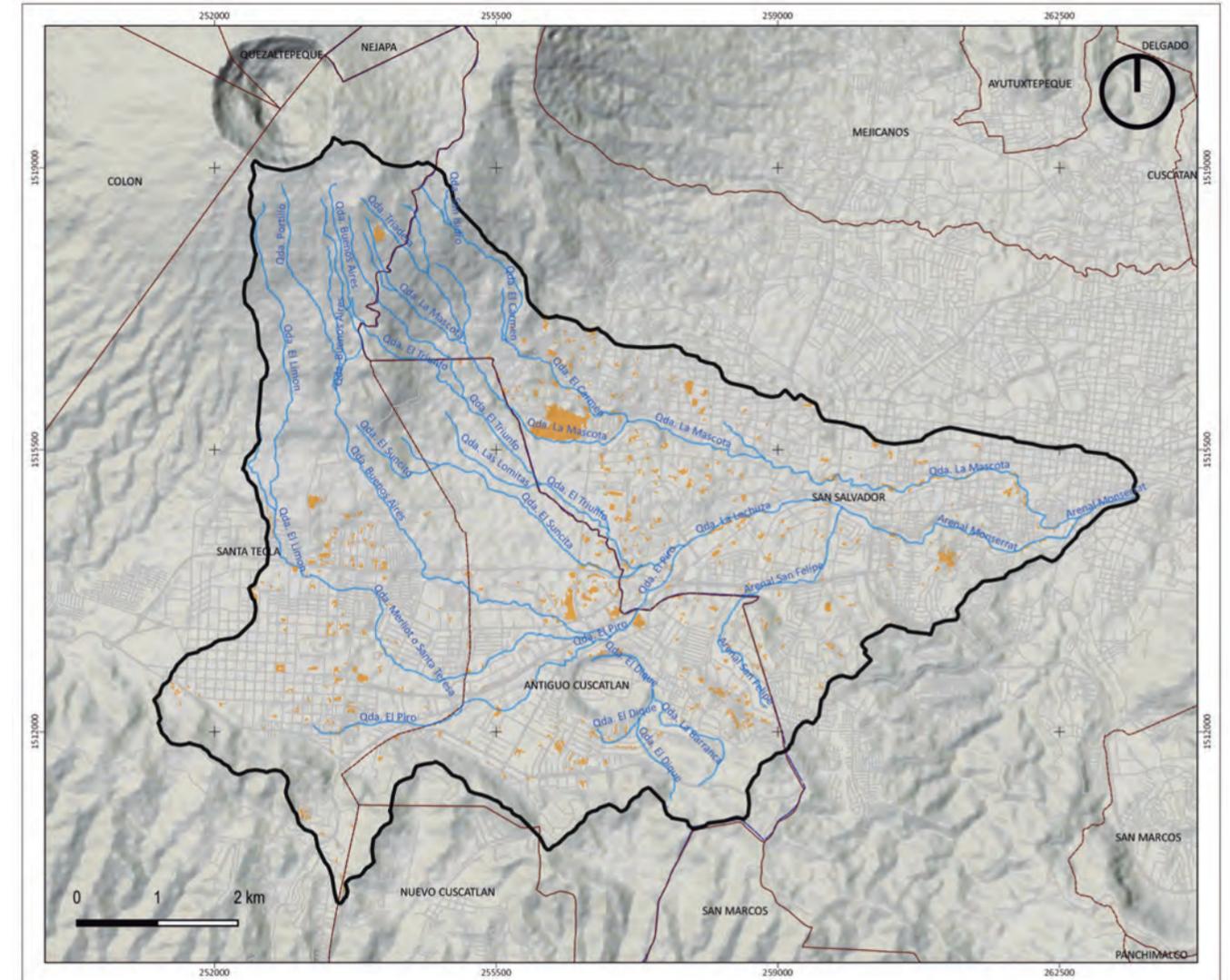
- Procesos degradativos han disminuido su capacidad productiva y su capacidad protectora del suelo.
- El manejo y mantenimiento de las áreas de pastos es reducido o inexistente, exceptuando si son parte de instalaciones públicas o privadas, como estadios o centros recreativos.
- Se han visto altamente afectados por incendios y deslizamientos en la zona del volcán.
- Destrucción por crecimiento urbano

## Elementos positivos

- Evita la fragmentación del suelo
- Mantiene de forma reducida la biodiversidad
- Forman una cobertura que permite evitar el golpe de la lluvia
- Retiene suelo y sedimento
- Alimento para animales
- Paisajismo

## Elementos negativos

- Invasivo, compite por espacio con otras especies
- Alto costo de mantenimiento por uso de agua



Estado Actual	Urgencia de atención	Viabilidad	Priorización de intervención
<b>Estable</b>	<b>Baja</b>	Se encuentra dentro o conecta con otros ecosistemas con los que se pueden hacer corredores. Limitado en área poco potencial.	<b>Baja</b>



### Estado actual

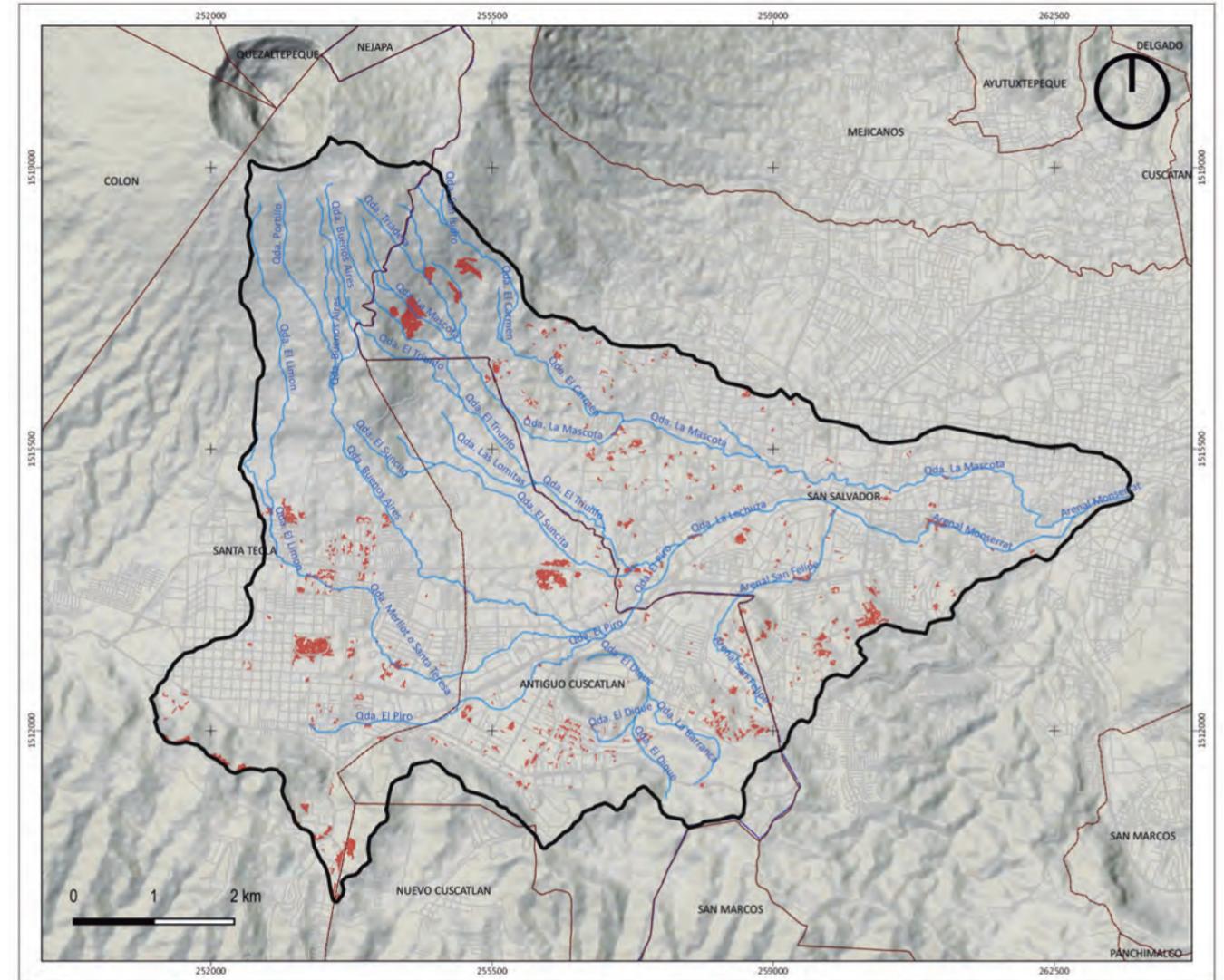
- Producto de deforestación y cambio de uso de suelo.
- Terrenos privados.
- Reducido mantenimiento o diversificación (estado de abandono en algunos casos).
- Ocasional uso como botaderos o depósito de desechos.
- Sistemas aislados, sin relación con otros ecosistemas

### Elementos positivos

- Infiltración de agua.
- Retención de humedad.
- Potencial para uso agrícola o reforestación (conectividad o corredores)

### Elementos negativos

- Mayor escorrentía
- Erosión de suelos
- Sedimentación a los ríos



Estado Actual	Urgencia de atención	Viabilidad	Priorización de intervención
<b>Estable</b>	<b>Alta</b>	Posibilidad de promover la restauración de paisajes a nivel urbano, incremento de la cobertura vegetal dentro de la ciudad, y conexión con otros ecosistemas. Asimismo, por su degradación es importante su intervención para mitigar el impacto de eventos extremos.	<b>Alta</b>

## Valorizando el rol de los ecosistemas

<b>Lo deseado</b>	<b>Recuperación del bosque latifoliado</b>
<b>Servicio ecosistémico asociado</b>	Provisión: Madera, alimentos, medicinas, ornamentales, agua Regulación: captura de carbono, control de erosión, regulación de microclima, calidad del aire y polinización) Soporte: Hábitat para especies Culturales: Recreación
<b>Beneficios de recuperar el ecosistema</b>	Se conservan las fuentes productoras de agua, y existe generación de ingresos a los pobladores. Conserva la biodiversidad en fauna y flora No requiere de un alto costo Fuente de madera para construcción, leña para consumo y para venta
<b>Costos asociados</b>	Fuerte erosión hídrica Reducción de la infiltración de agua – alta escorrentía
<b>Alternativas para recuperar el ecosistema</b>	Aprovechamiento forestal de productos no maderables Ecoturismo Restauración del bosque, tomando en cuenta las especies nativas
<b>Costos</b>	Mano de obra para plantación de árboles y preparación de obras de conservación Estación para la medición de sedimentos Monitoreo de precipitación y temperatura Aplicación del plan del ANP

<b>Lo deseado</b>	<b>Mejora de los cultivos del café</b>
<b>Servicio ecosistémico asociado</b>	Provisión: alimentos, materia prima, agua Regulación: captura de carbono, infiltración y disminución de escorrentía, control de erosión y sedimentación, regulación de microclima y polinización Soporte: hábitat y producción de nitrógeno Culturales: recreación, valores culturales y promoción de biodiversidad
<b>Beneficios de recuperar el ecosistema</b>	Hay un mayor rendimiento de los cultivos, se conservan las fuentes productoras de agua, se evita la erosión hídrica y deslizamientos y hay generación de ingresos a los pobladores. Elevado aporte de nutrientes por hojarasca. Mejora la seguridad alimentaria. Mejora el microclima en la zona. Crea fuentes de empleo Purificación del aire. Moderación de eventos extremos.
<b>Costos asociados</b>	Cambios en el uso de suelo. Uso excesivo de químicos para control de plagas. Incendios forestales.
<b>Alternativas para recuperar el ecosistema</b>	Elaboración de zanjas vegetativas de infiltración, encajuelado y obras de conservación de suelos. Siembra de árboles frutales para sombra. Siembra de especies maderables Capacitar a productores/as. Uso de productos orgánicos.
<b>Costos</b>	Mano de obra para plantación de árboles, elaboración de zanjas vegetativas de infiltración y preparación de obras de conservación Estación para la medición de sedimentos Monitoreo de precipitación y temperatura Programa de restauración de paisajes – MARN Compra de equipo especializado para monitoreo (ej: pluviómetro)

<b>Lo deseado</b>	<b>Recuperación de bosque ripario</b>
<b>Servicio ecosistémico asociado</b>	<p>Provisión: alimentos, medicina</p> <p>Regulación: captura de carbono, infiltración y disminución de escorrentía, control de erosión y sedimentación, regulación de microclima, ciclo de nutrientes, regulación de calidad del aire y polinización</p> <p>Soporte: hábitat para especies</p> <p>Culturales: recreación</p>
<b>Beneficios de recuperar el ecosistema</b>	<p>Disminuye escorrentía, aumenta la infiltración del agua y regula la temperatura</p> <p>Contribuye en el ciclo de nutrientes</p> <p>Hábitat muy particular para fauna</p> <p>Captura de carbono mediante procesos de fotosíntesis</p> <p>Sostenibilidad</p>
<b>Alternativas para recuperar el ecosistema</b>	<p>Siembra de especies nativas</p> <p>Obras de bioingeniería en taludes inestables o deteriorados (terrazas individuales, palo pique, barreras vivas, terrazas de banco, etc.)</p> <p>Limpieza de lechos y bordas</p>
<b>Costos</b>	<p>Mano de obra para plantación de árboles, y preparación de obras de conservación</p> <p>Estación para la medición de escorrentía</p> <p>Monitoreo de temperatura</p> <p>Programa de restauración de paisajes - MARN</p>

<b>Lo deseado</b>	<b>Establecimiento de bosquetes urbanos en predios baldíos que servirían como sumideros de carbono y agua lluvia (parches de bosque para conectividad)</b>
<b>Servicio ecosistémico asociado</b>	<p>Regulación: Captura de carbono, control de sedimentación, regulación de microclima.</p> <p>Soporte: Hábitat para especies y reciclaje de nutrientes</p>
<b>Beneficios de recuperar el ecosistema</b>	<p>Infiltración de agua</p> <p>Retención de humedad</p> <p>Potencial conexión con otros ecosistemas</p>
<b>Alternativas para recuperar el ecosistema</b>	<p>Restauración con especies que permitan la conectividad (especies perennes u ornamentales, como maquilishuat, cortés negro, cortés blanco, chaperno, jacaranda, entre otros).</p> <p>Especies nativas perennes en combinación con especies semidecíduas de importancia paisajística u ornamental (cortés negro, cortés blanco, chaperno, maquilishuat, carao, caña fistula, jacaranda, etc).</p>
<b>Costos</b>	<p>Mano de obra para plantación de árboles</p> <p>Estación para la medición de escorrentía</p> <p>Programa de restauración de paisajes - MARN</p>

## Propuesta medidas AbE

Tabla 3. Medida AbE y servicio ecosistémico que fortalece

	SIMBOLOGÍA																
	Cafetales	Bosque Latifoliado	Bosque ripario	Suelo desnudo	Provisión de alimentos	Provisión de medicinas	Provisión de madera	Provisión de agua	Captura de carbono	Infiltración de agua y reducción de escorrentía	Control de erosión y sedimentación	Regulación clima y calidad del aire	Polinización	Moderación eventos extremos	Hábitat para especies	Ciclo de nutrientes	Recreación y ecoturismo
<b>A nivel de cuenca</b>																	
Restauración de cafetales (incluye zanjas de infiltración)	●		●					●	●		●	●			●	●	●
Agricultura sostenible en la zona de amortiguamiento del Área Protegida El Borquerón		●	●					●	●		●	●		●			●
Pozos de absorción									●								
<b>A nivel de paisaje</b>																	
Restauración de quebradas en la microcuenca del Arenal Monserrat	●	●							●		●	●	●		●	●	●
<b>A nivel de comunidades locales</b>																	
Sistemas de cosecha de agua en escuelas y comunidades							●							●			
Sistemas de saneamiento ecológico							●							●			
Huertos escolares y comunitarios	●	●											●		●		
Siembra de árboles frutales	●												●		●		

## Medios de vida y ecosistemas

Medio de vida existente en la zona	Servicios ecosistémicos que requiere el medio de vida	¿Qué ecosistema le provee el servicio?
Cultivos de café	Provisión de agua Fertilidad de suelo Polinización de cultivos Ciclo de nutrientes Hábitat para especies	Cafetales
Huertos	Provisión de alimentos Provisión de agua Fertilidad de suelo Polinización Ciclo de nutrientes	Suelo desnudo Cafetales
Árboles Frutales	Provisión de agua Calidad de suelo Polinización de cultivos Ciclo de nutrientes	Suelo desnudo Cafetales Pastos Bosque ripario
Viveros	Provisión de agua Calidad de suelo Polinización de cultivos Ciclo de nutrientes Hábitat para especies	Suelo desnudo Cafetales Bosque latifoliado
Floricultura	Provisión de agua Polinización Calidad de suelo Hábitat para especies	Suelo desnudo Cafetales Bosque latifoliado

Medio de vida existente en la zona	Servicios ecosistémicos que requiere el medio de vida	¿Qué ecosistema le provee el servicio?
Agricultura de subsistencia	Provisión de agua Calidad de suelo Polinización de cultivos Ciclo de nutrientes Hábitat para especies	Cafetales Suelo desnudo Bosque ripario Bosque latifoliado
Medicinales	Provisión de agua Calidad de suelo Ciclo de nutrientes	Cafetales Pastos Suelo desnudo Bosque ripario Bosque latifoliado
Horticultura	Provisión de agua Calidad de suelo Ciclo de nutrientes Hábitat para especies	Cafetales Bosque latifoliado
Apicultura	Provisión de agua Calidad de suelo Polinización Ciclo de nutrientes Hábitat para especies	Cafetales
Producción de carbón	Materia prima (madera) Captura de carbono Biomasa	Cafetales



**04**

# **Conclusiones y recomendaciones**



# Conclusiones y Recomendaciones

## En cuanto a datos e información sobre riesgos, servicios ecosistémicos y medios de vida:

- Considerar a la adaptación como a las iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático.
- La necesidad de considerar la escala funcional de los ecosistemas, reconociendo que los ecosistemas tienen límites y están interconectados.
- Dada la importancia de los servicios ecosistémicos para los medios de subsistencia y el bienestar, y dado que la provisión de servicios ecosistémicos está determinada por el funcionamiento de los ecosistemas, la evaluación de los impactos potenciales del cambio climático sobre el funcionamiento de los ecosistemas representa un paso esencial de la evaluación de la vulnerabilidad social.
- La expansión urbana no planificada está reduciendo los ecosistemas urbanos y periurbanos que brindan servicios esenciales y contribuyen al bienestar de las

comunidades. Es necesario reintroducir la naturaleza en las ciudades como un activo en su desarrollo para promover ciudades inclusivas y resistentes al clima. Existen múltiples cobeneficios vinculados al buen uso de los ecosistemas urbanos y periurbanos que se traducen en dividendos económicos, sociales y de salud.

## En cuanto a proceso participativo, consulta y entrevistas:

- Las evaluaciones de vulnerabilidad focalizadas implican una amplia participación de los interesados, concentrándose en una unidad más pequeña del espacio, un tema o sistema específico y/o un periodo de tiempo definido. Aunque esto requiere más tiempo y recursos, los métodos utilizados producen el tipo de análisis focalizado que bien puede ser necesario para planificar la adaptación concreta.
- Las evaluaciones de vulnerabilidad ayudan a aumentar la conciencia sobre el cambio climático entre los responsables políticos y los tomadores de decisiones, así como las comunidades y otros grupos de interés.

Proporcionan a los ministerios y organismos gubernamentales de fundamentos sólidos para las reacciones a los impactos del cambio climático y contribuyen a un conjunto de conocimientos cada vez mayores sobre la planificación de la adaptación.

- Las acciones AbE deben apoyarse en procesos participativos utilizando métodos y herramientas flexibles y transparentes para generar credibilidad en las intenciones y en el proceso de trabajo y poder compatibilizar escalas de acción (finca, hogar, vecindario, comuna, ciudad, cuenca) con los intereses y capacidades de los actores involucrados en la toma de decisiones (líderes comunitarios, miembros de cooperativas, autoridades locales, gobierno nacional, sector privado). A partir de reglas claras es posible compartir y utilizar información, codiseñar y validar acciones, evaluar y visualizar costos, beneficios y necesidades de compensación de cada una de las medidas AbE es posible potenciar impactos y dirigir acciones dentro de un plan integral de desarrollo sostenible.



### **En cuanto a exploración e identificación de medidas AbE:**

- Las acciones AbE deben estar aterrizadas localmente para tener impacto. Las acciones AbE son altamente contextuales y específicas para cada ciudad, cada barrio, cada paisaje. Surgen de necesidades y prioridades locales, de las capacidades de los actores, de las posibilidades que ofrece el entorno natural y las condiciones socioeconómicas y culturales, como así también de las políticas y regulaciones existentes. Es por ello que se debe trabajar con instituciones locales, representando a distintos sectores y actores e integrarse a procesos locales. El portafolio de opciones fue adaptado a demandas y posibilidades particulares para facilitar el proceso de implementación e incidir positivamente en las políticas públicas.
- Es necesario un proceso integrado de planificación territorial. Sin embargo, una de las principales dificultades es cerrar la brecha entre las diferentes escalas de acción (finca, hogar, vecindario, comuna, ciudad, cuenca) y los actores involucrados en la toma de decisiones (líderes comunitarios, miembros de cooperativas, autoridades locales, gobierno nacional, sector privado), dada la diversidad de intereses. En el proceso de validación, evaluar y visualizar los costos, los

beneficios y las necesidades de compensación de cada una de las medidas AbE contribuye a la construcción de un entendimiento común y define agendas integradas que incluyen acciones de AbE, las compensaciones y sinergias.

### **En cuanto a gobernanza y planificación para la gestión de riesgos y la implementación de AbE:**

- La gestión del riesgo por cambio climático se encuentra ligada a la adaptación. Así pues, se busca reducir la exposición y la vulnerabilidad ante los efectos asociados a variabilidad y cambio climático y al aumento de la resiliencia del sistema en riesgo.
- El enfoque AbE es complementario a la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) por el grado de eficacia comprobada de las funciones y servicios de los ecosistemas para reducir los riesgos de desastres, incluyendo inundaciones urbanas. Se ha demostrado que los servicios de provisión y de regulación de los ecosistemas son los que cuentan con las funciones más importantes para la RRD.
- Generar marcos regulatorios apropiados en cada ciudad. Es necesario incidir en el diseño de nuevos marcos regulatorios y/o fortalecer aquellos existentes para dar sustento legal y previsibilidad al manejo de

ecosistemas fomentando el uso de metodologías y acciones AbE u otras soluciones basadas en la naturaleza. Estos marcos regulatorios deben tener en cuenta las múltiples interacciones urbanas, periféricas y rurales, potenciando el compromiso y manejo comunitario de ecosistemas y paisajes naturales.

Comunidad Las Palmas, quebrada La Lechuza, en San Salvador. Fuente: Archivo FUNDASAL.





# Bibliografía

Adapt-Chile y Euroclima, 2017. Municipios y cambio climático: la adaptación basada en ecosistemas. Serie de Estudios Temáticos EUROCLIMA No.11. Adapt-Chile y Programa EUROCLIMA de la Comisión Europea. Santiago de Chile.

Convenio sobre Biodiversidad (CDB), 2009. Viviendo en armonía con la naturaleza: Convenio sobre la Diversidad Biológica. Recuperado de: <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf>

Centro Nacional de Registros (CNR) y Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), 2009. "Análisis de riesgo por inundaciones y deslizamientos de tierra en la microcuenca del arenal de Montserrat". San Salvador, El Salvador.

Consejo de Desarrollo Metropolitano (CODEMET), 2018. Plan Inicial de Adaptación al Cambio Climático para el Área Metropolitana de San Salvador. COAMSS/OPAMSS. El Salvador.

Darnhofer, i., s. bellon, b. dedieu, r. milestad, 2008). "Adaptive farming systems - A position paper". In: B. Dedieu and S. Sasser-Bedoya (eds.) Empowerment of the rural actors: A renewal of the farming systems perspective. Proceedings of the 8th European ifsa Symposium held July 2008 in Clermont Ferrand, pp. 339-351.

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL) y Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2009. "Escenarios de vida desde la exclusión urbana. Una mirada al hábitat popular de 32 ciudades de El Salvador". San Salvador.

Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), 2017. "El libro de la Vulnerabilidad. Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad". Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Alemania.

Holling, Crawford Staley, 1973. "Resilience and Stability of Ecological Systems". Annual Review of Ecology and Systematics, 4 : 1-23

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2015. Mapa de ecosistemas colombianos. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/222663/Presentaci%C3%B3n+final+mapa+ecosistemas.pdf/c33bef40-e727-49db-8fb7-4201cfa37af>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2017. Tercera Comunicación Nacional de Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). Recuperado de: <http://www.cambioclimatico.gov.co/3ra-comunicacion-cambio-climatico>

Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia (MADS), 2018. AbE. Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2016. Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en El Salvador. Área Metropolitana de San Salvador y el Corredor seco oriental. El Salvador

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2018. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. El Salvador.

Organización Mundial de Meteorología (OMM), 2012. Glosario hidrológico internacional, consultado el 19 diciembre 2019. Recuperado de [http://www.wmo.int/pages/prog/hwarp/publications/international\\_glossary/385\\_IGH\\_2012.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/hwarp/publications/international_glossary/385_IGH_2012.pdf)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2019. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Recuperado de <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/regulating-services/es/>

Panel Intergubernamental de Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC), 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza

Panel Intergubernamental de Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC), 2014. Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/report/ar5/index\\_es.shtml](https://www.ipcc.ch/report/ar5/index_es.shtml)

Salas et al., 2012, en Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). (2014). Valoración Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (VIBSE), aspectos conceptuales y metodológicos. Bogotá, Colombia

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), 2015. Conferencia de las Partes (COP) 21 (2015). Acuerdo de París. Recuperado de <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09r01s.pdf>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), 2017. ¿Qué es la AbE? Adaptación basada en ecosistemas. Recuperado de <https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/cambio-clim%C3%A1tico-en-am%C3%A9rica-del-sur/boques-y-cambio-clim%C3%A1tico/%C2%BFqu%C3%A9-es-la-abe>

Urquiza, Anahí, Billi, Marco, 2018. Water markets and social-ecological resilience to water stress in the context of climate change: an analysis of the Limarí Basin, Chile. Environment, Development and Sustainability. DOI: 10.1007/s10668-018-0271-3

Comunidad San Pablo, quebrada El Triunfo, en San Salvador. Fuente: Archivo FUNDASAL.





# City Adapt

RECONECTANDO CIUDADES CON LA NATURALEZA

LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE



**ONU**   
programa para el  
medio ambiente



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH



Asociación de Proyectos  
Comunales de El Salvador  
**rocomes**



MINISTERIO DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES