



MARN

Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Naturales

Informe Nacional del Estado del Medio Ambiente

INEMA 2017



Informe Nacional del Estado del Medio Ambiente (INEMA)

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

El Salvador, Centroamérica

Lina Dolores Pohl Alfaro

Ministra

Ángel María Ibarra Turcios

Viceministro

Edición y diseño

Unidad de Comunicaciones del MARN

Impresión 200 ejemplares

San Salvador, octubre del 2018

Este documento ha sido publicado con fondos provenientes del presupuesto ordinario del MARN

Derechos reservados. Prohibida su venta.

Este documento puede ser reproducido todo o en parte, reconociendo los derechos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Kilómetro 5 ½ carretera a Santa Tecla, calle y colonia Las Mercedes,

Edificios MARN, instalaciones ISTA,

San Salvador, El Salvador, Centroamérica.

Tel: (503) 2132-6276

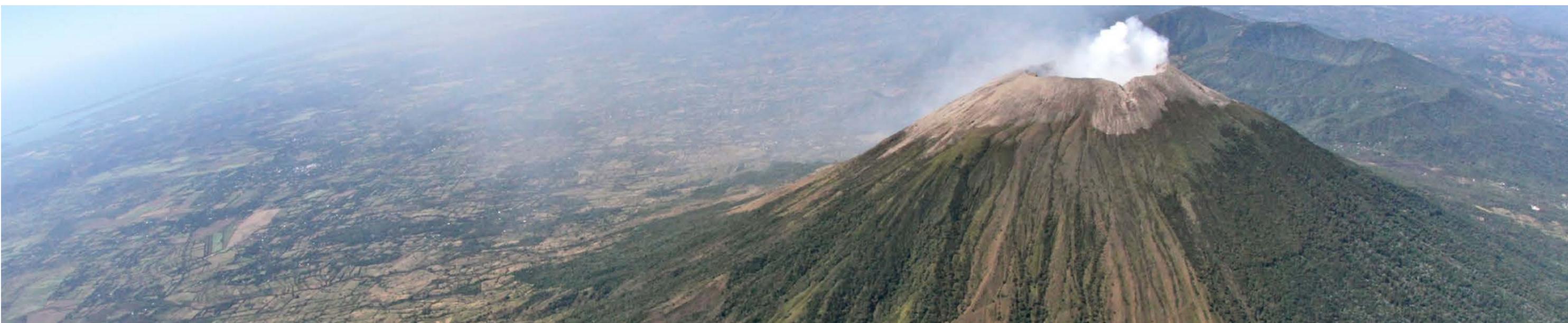
Sitio web: www.marn.gob.sv

Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv

Facebook: www.facebook.com/marn.gob.sv

Twitter: [@marn_sv](https://twitter.com/marn_sv)

YouTube/MARNsv



Índice

Infográficos	9
Siglas y acrónimos	15
Glosario	18
Presentación	19
Introducción	21
Capítulo 1. Contexto mundial y regional	22
1.1. La dinámica económica mundial	23
1.2. Panorama de la región centroamericana	23
1.3. Marco de la institucionalidad ambiental a escala internacional	25
1.3.1. La nueva meta para el 2030: cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	25
Capítulo 2. Entorno nacional socioeconómico	28
2.1. Circunstancias socioeconómicas y ambientales en el contexto del cambio climático	29
2.1.1. Dinámica demográfica	29
2.1.2. Desaceleración del crecimiento y distorsiones estructurales de la economía salvadoreña	31
Capítulo 3. Vulnerabilidad y cambio climático	34
3.1. Circunstancias socioeconómicas y ambientales en el contexto del cambio climático	35
3.2. Eventos climáticos extremos	36

3.3. La gestión de los recursos naturales y la economía en el contexto de cambio climático	38
3.4. Territorios prioritarios: el Corredor Seco	42
3.5. Productividad nacional, infraestructura pública, social y productiva	44
Capítulo 4. Recursos hídricos en El Salvador	45
4.1. Caracterización de los recursos hídricos	47
4.1.1. Cuerpos de aguas superficiales	47
4.1.2. Cuerpos de agua subterráneos	52
4.1.3. Sistemas de Explotación (SE)	54
4.2. Clima, precipitación y variabilidad climática	55
4.3. Estado actual de los recursos hídricos	56
4.3.1. Agua superficial: cantidad	56
4.3.2. Agua superficial: calidad	60
4.3.3. Agua subterránea	74
4.4. Gestión de los recursos hídricos, una tarea impostergable	82
4.4.1. Inventario de recursos hídricos	82
4.4.2. Usos y demandas	85
4.4.3. Disponibilidad hídrica	88
4.4.4. Indicadores de uso	88
4.4.5. Asignaciones y reservas	93
4.4.6. Otros desafíos y presiones	93
Capítulo 5. Biodiversidad y servicios ecosistémicos	99
5.1. Biodiversidad y servicios ecosistémicos en El Salvador	100

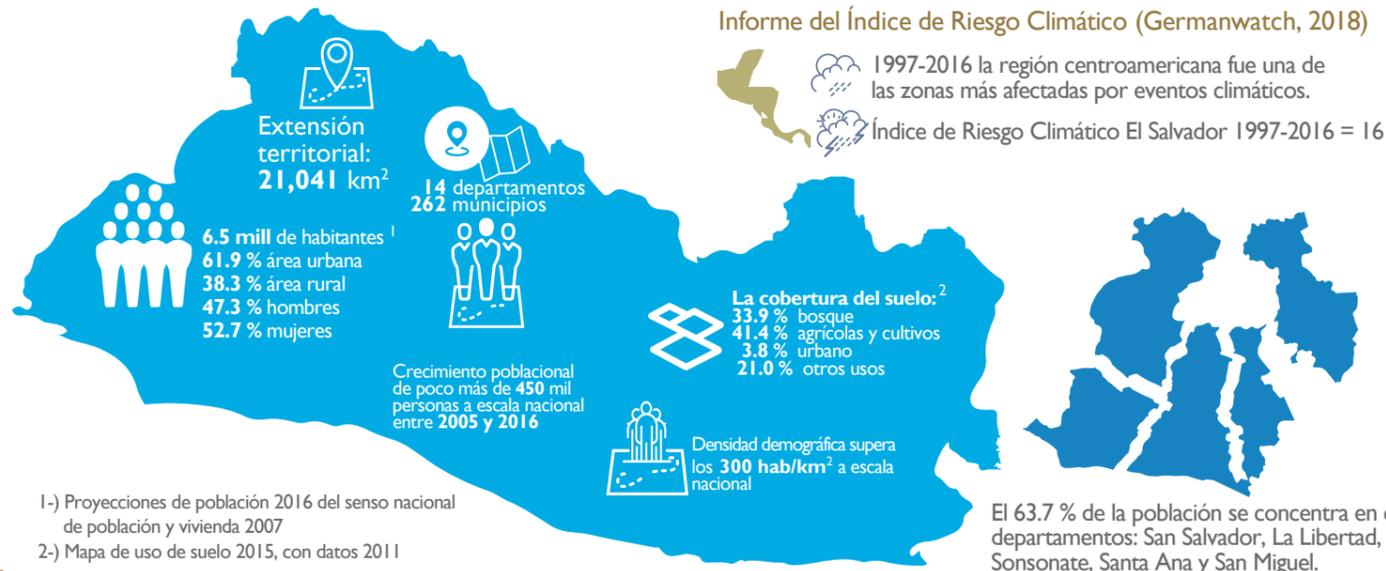
5.2. Estado del conocimiento de la biodiversidad de El Salvador	100
5.2.1 Ecorregiones y diversidad de ecosistemas en El Salvador	100
5.2.2 Reducción y fragmentación del hábitat provocado por el cambio de uso del suelo	103
5.2.3 Introducción de especies invasoras altamente competitivas	107
5.2.4 Degradación de los ecosistemas de manglar y su impacto sobre los medios de vida de las comunidades locales y sobre las pesquerías en El Salvador.	109
5.2.5 Humedales de El Salvador	110
5.2.6 Ecosistemas costero marinos de El Salvador como parte de la costa del pacífico centroamericano	110
5.3 Estado del conocimiento de las especies de vida silvestre. Inventarios de flora y fauna	114
5.3.1 Registros de aves y áreas importantes para su conservación	115
5.3.2 Vida silvestre amenazada o en peligro de extinción	116
5.3.3 Estado del conocimiento de los recursos fitogenéticos de importancia para la agricultura y alimentación en El Salvador	117
5.4 Impacto del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas	119
5.5 Estrategia Nacional de Biodiversidad 2013	120
5.6 Principales apuestas en la gestión de la biodiversidad	120
5.6.1 Primera apuesta. Generación, sistematización y distribución de información sobre ecosistemas, especies y recursos genéticos	120
5.6.2 Segunda apuesta. Integración estratégica de la biodiversidad en la economía y en las políticas y planes de desarrollo	121
5.6.3 Tercera apuesta. Consolidación del Sistema de Áreas Naturales Protegidas	124
5.6.4 Cuarta apuesta. La rehabilitación de especies amenazadas y la restauración de ecosistemas y paisajes	126
Restauración de ecosistemas y paisajes	126
Gobernanza en la restauración	127
Identificación de los sitios prioritarios para la restauración	127
Costos y beneficios de la restauración y análisis financiero	136
Planificación de la restauración en los territorios	136
Avances en la implementación del Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes	137
Rehabilitación de especies amenazadas y en peligro de extinción	139

Capítulo 6. Conservación y uso del suelo	143
6.1 Estado del conocimiento y conservación del suelo en El Salvador	144
6.2 Cartografía digital de suelos	147
6.3 Reservas de carbono en el suelo y la biomasa arbórea	154
6.4 Problemática de la degradación del suelo en El Salvador	154
6.5 Uso del suelo y estado del ordenamiento ambiental del territorio nacional	155
6.5.1. Dinámica de asentamientos humanos y desarrollo urbano	155
6.5.2. Ordenamiento territorial	158
6.5.3. Directrices de zonificación ambiental	159
Capítulo 7. Calidad del aire	170
7.1 Fuentes contaminantes	171
7.2 Inversión en salud	172
7.3 Material Particulado PM2.5	173
7.4 Monitoreo de la calidad del aire	173
7.4.1 Red automática de monitoreo	173
7.4.2 Índice de Calidad del Aire	176
7.4.3 Promedios diarios	176
7.4.4 Promedios anuales	177
7.5 Gestión de la calidad del aire	177
Capítulo 8. Saneamiento Ambiental	178
8.1 Gestión de residuos sólidos	179
8.2 Rastros municipales	186
8.3 Gestión de sitios contaminados	189

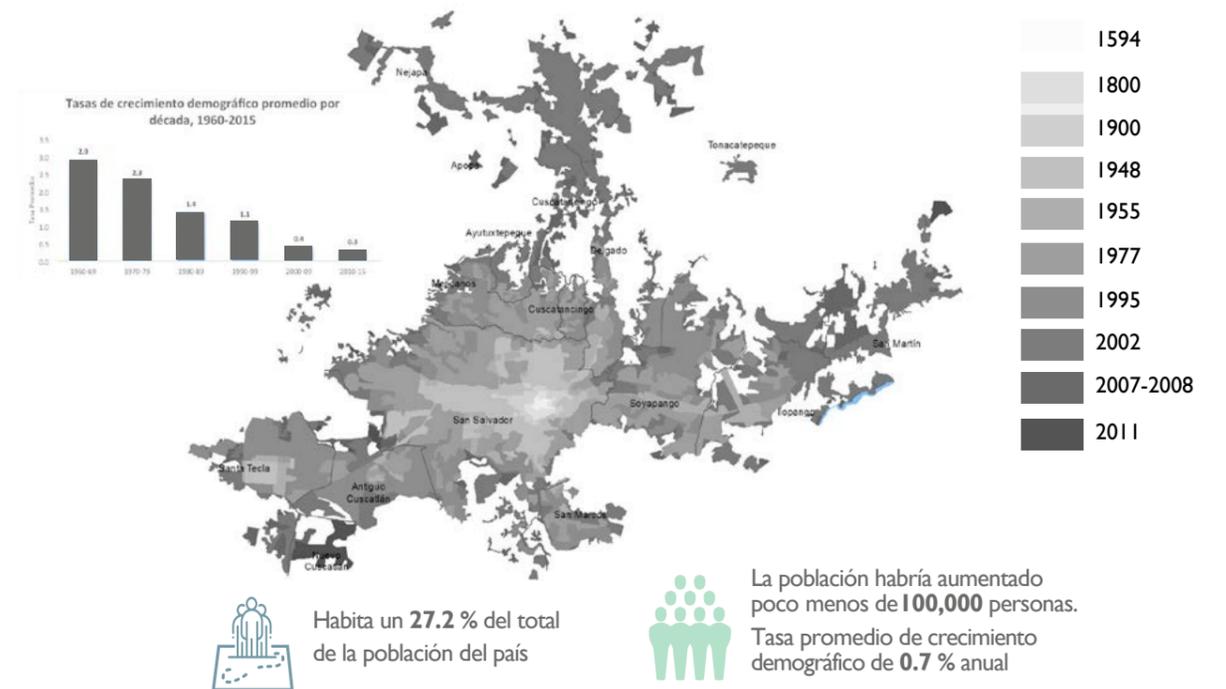
8.4 Gestión de aguas residuales	195
8.4.1 Institucionalidad e instrumentos de gestión y regulación para el manejo de aguas residuales	196
Capítulo 9. Cultura ambiental	203
Capítulo 10. Modernización en la gestión de datos e información: una apuesta estratégica	207
10.1 Monitoreo sistemático	208
10.2 Generación y gestión de información geoambiental	209
10.3 Mapeo de cambios de uso de suelo utilizando teledetección	210
10.4 Estadísticas ambientales	211
10.5 Nuevo Sistema de Evaluación Ambiental	211
10.6 Retos en la gestión de información geoespacial	211
Listado de Figuras	212
Listado de Tablas	215
Referencias bibliográficas	216

El Salvador

Información básica de país



Evolución de la mancha urbana en el Área Metropolitana de San Salvador

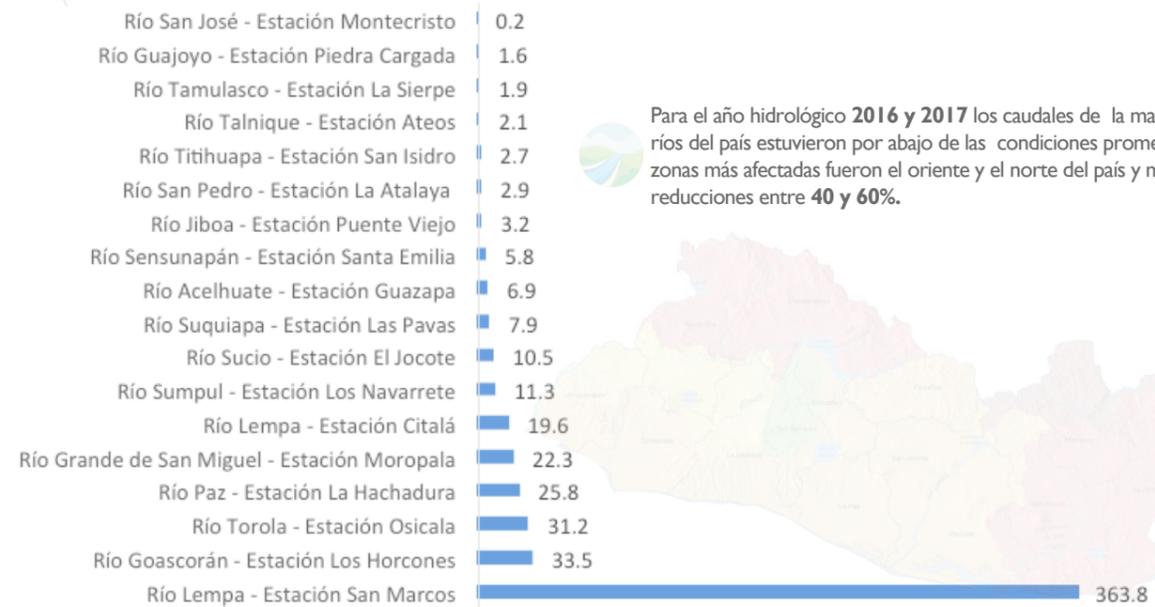


Recurso Hídrico

Caudales medios multianuales en ríos de El Salvador

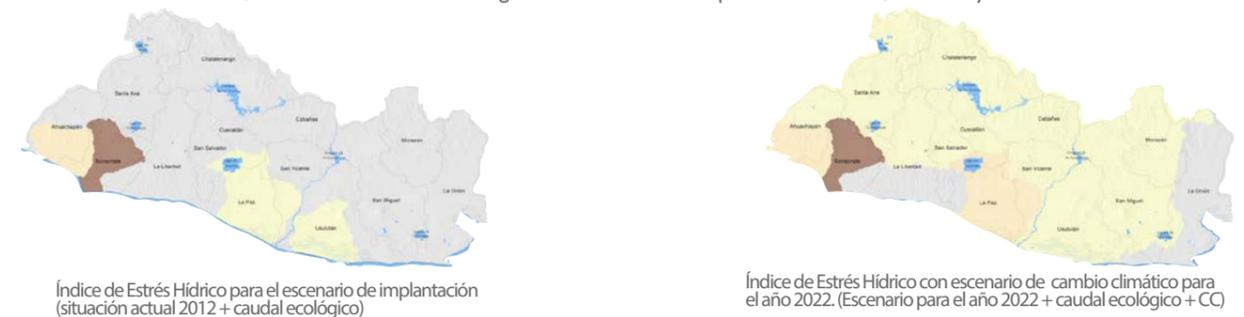
En El Salvador se contabilizan **590** ríos y quebradas en **58** cuencas hidrográficas, la cuenca del río Lempa es la de mayor área superficial con **17,935.50 km²**, donde **56.88 %** corresponde a El Salvador y el resto a Honduras y Guatemala.

Caudales medios multianuales en ríos de El Salvador caudal (m³/seg)



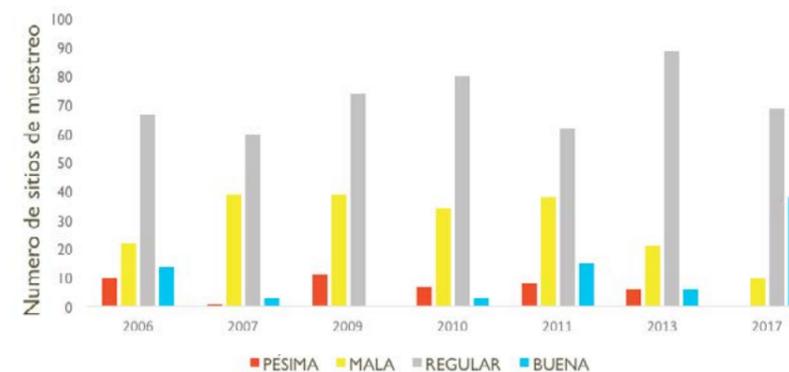
Indicadores de uso del recurso hídrico

A partir de la información generada en el Plan Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico y las proyecciones realizadas, se identifican tres masas de agua en estado de sobreexplotación: ESA - 03, ESA - 09 y ESA - 19



Calidad del agua

Clasificación de sitios de muestreo según el índice de calidad de agua (2006-2017)



Zonificación de calidad de agua en ríos (tramos evaluados):
 4 % ecosistemas acuáticos en buen estado
 35 % necesitan labores de mantenimiento
 61 % zonas alteradas que necesitan ser intervenidas para recuperar condiciones cercanas a las naturales

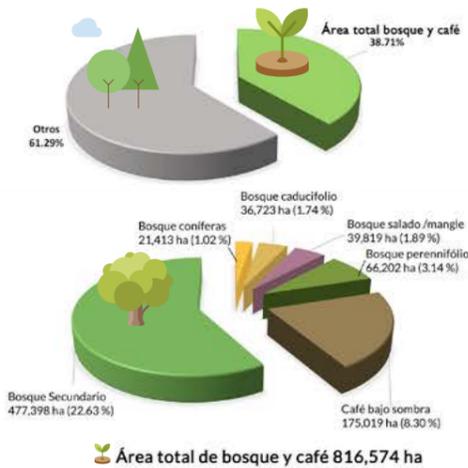


Calidad de cuerpos de agua (ríos)
 Según metodología del objetivo de desarrollo sostenible ODS 6.3.2, para el 2017, el 57 % de los ríos evaluados fueron clasificados como de **buena** calidad, es decir 36 de los 63 ríos evaluados en la red de monitoreo de calidad de agua en ríos

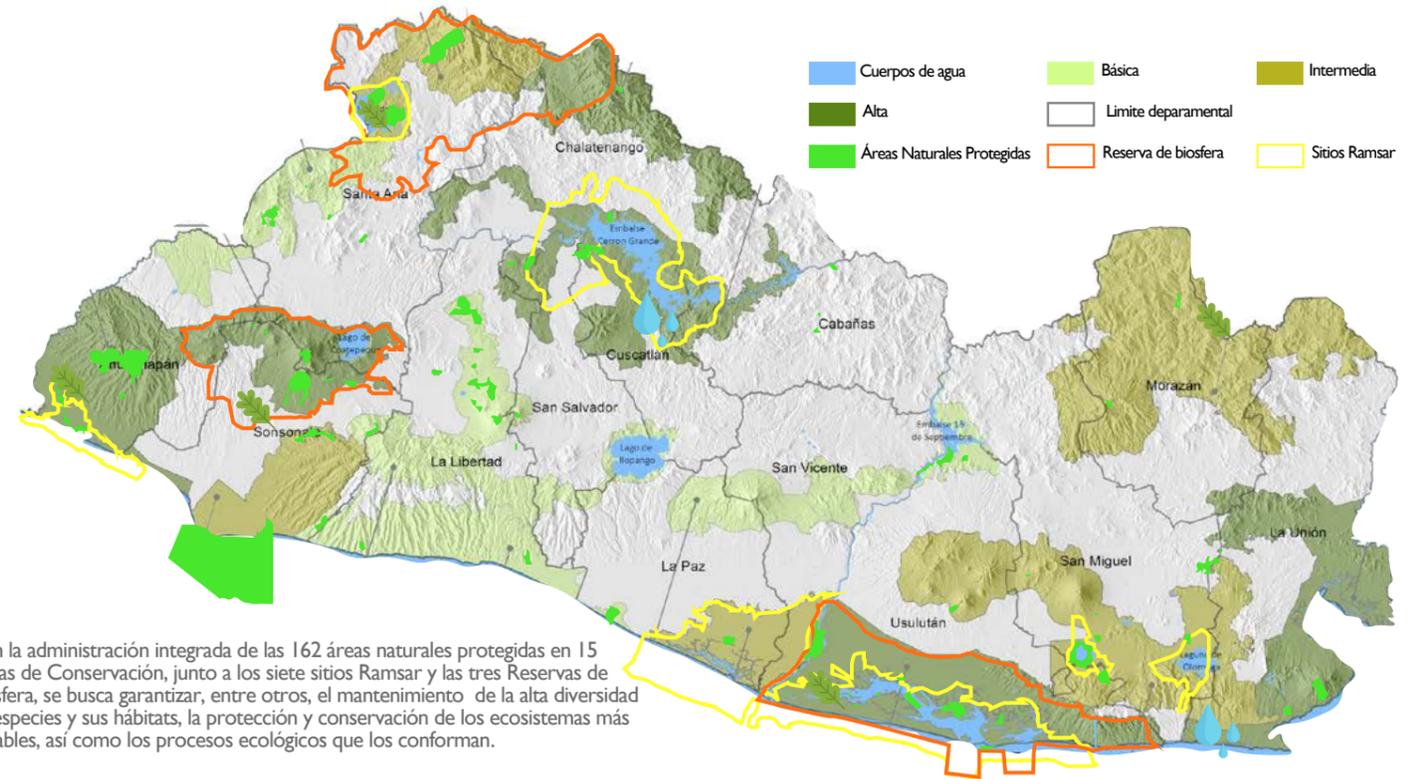
Biodiversidad Servicios ecosistémicos

- El país cuenta con seis ecorregiones:
- Bosque de pino roble de América Central
 - Bosques montanos de América Central
 - Bosques secos del lado Pacífico de América Central
 - Bosques húmedos de la Sierra Madre
 - Manglares del golfo de Fonseca
 - Manglares de la costa pacífica seca del norte

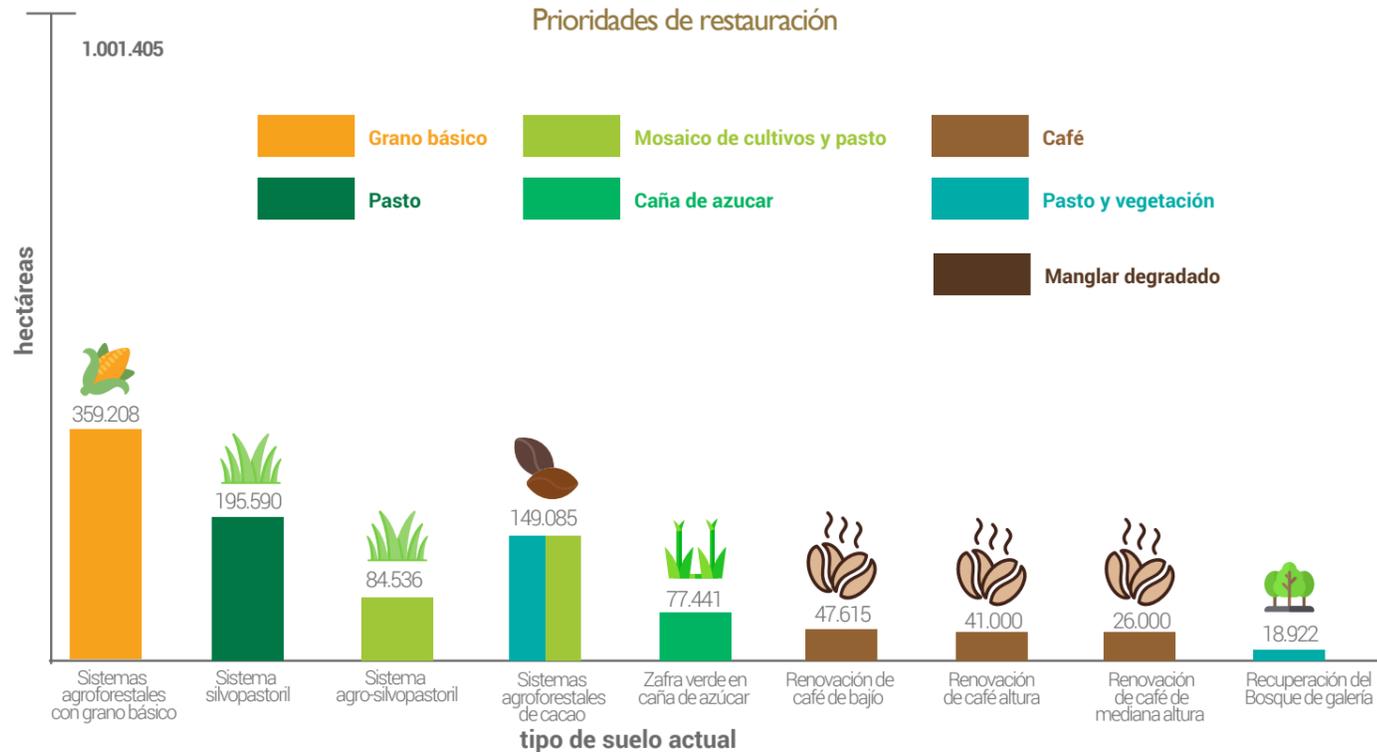
En la actualidad el país tiene una cobertura arbórea del 38.8%. La cobertura arbórea de El Salvador está dominada por el estrato de bosque secundario que cuenta con un total de 474,776 hectáreas, lo que representa un 22.8 % del territorio. Los cafetales bajo sombra representan 174,979 hectáreas un 8.3 % del territorio nacional



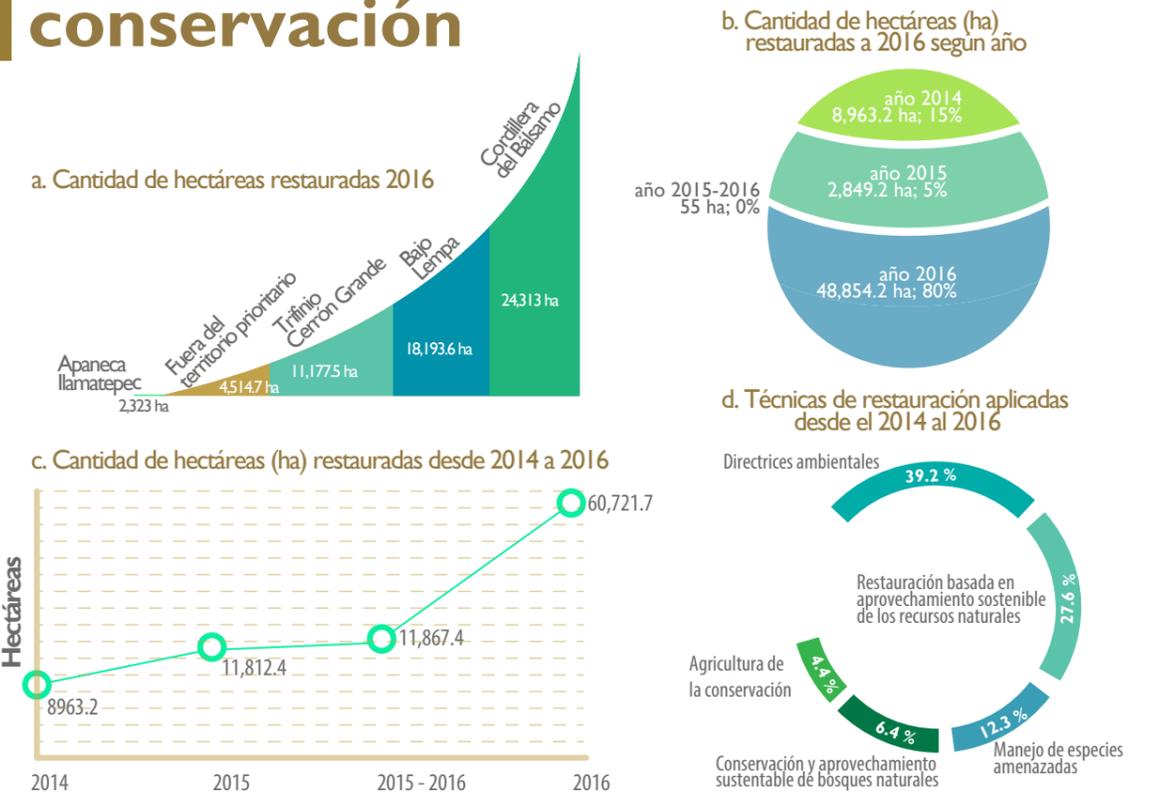
Áreas de conservación, sitios Ramsar y áreas naturales protegidas



Prioridades de restauración

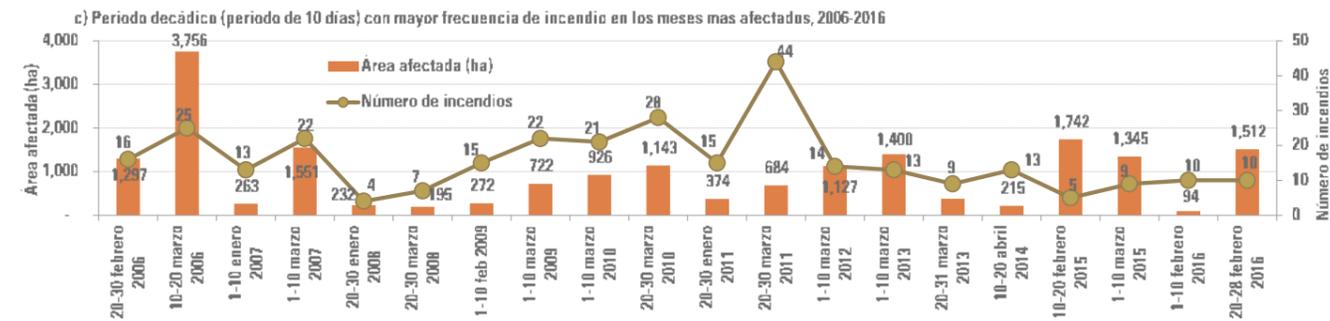
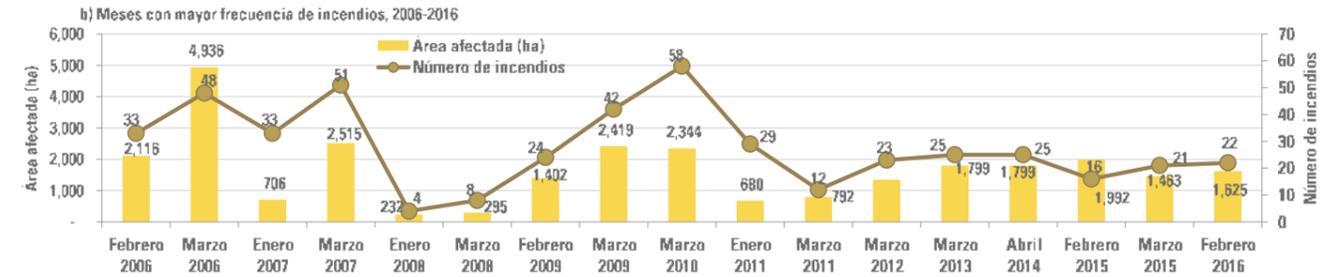
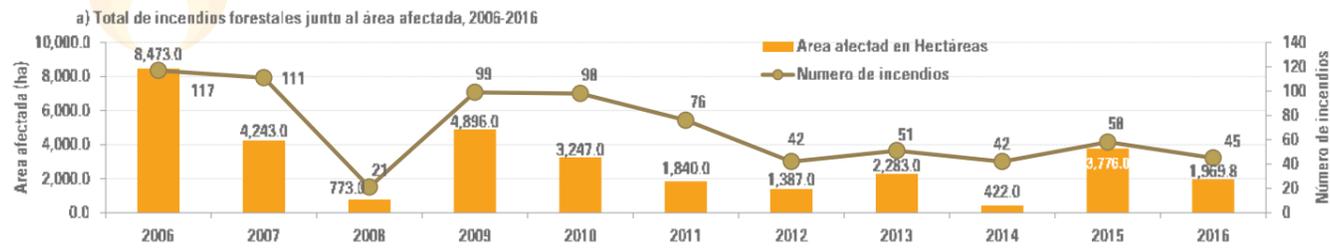


Estado de conservación

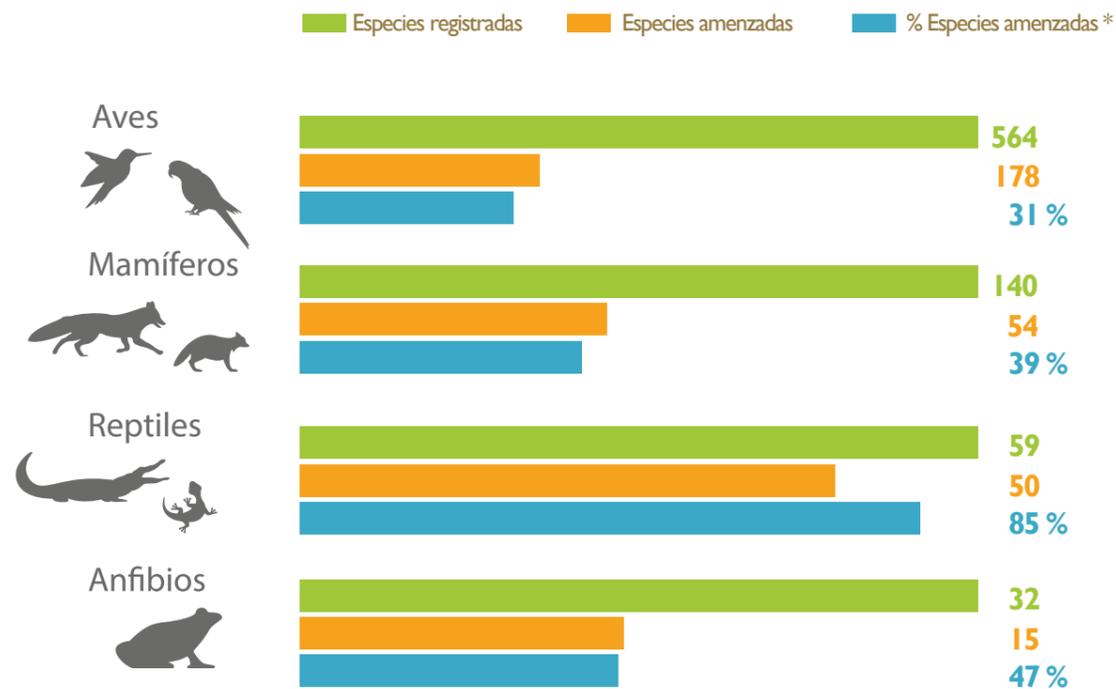


Incendios Forestales

Cifras sobre incendios forestales, 2006-2016



Rehabilitación de especies amenazadas



* Porcentaje de especies amenazadas sobre el total de especies registradas.

Áreas naturales protegidas y sitios prioritarios a proteger en el corredor costero marino

El MARN ha identificado las zonas marinas de alto valor que requieren acciones de protección y manejo bajo un modelo de desarrollo sustentable de la zona marina de El Salvador. También ha identificado zonas críticas, hábitats críticos de concentración de objetos de conservación estratégicos para los medios de vida y actividades productivas.



Aguas residuales

Según la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM) del año 2016, el 54 % de la población urbana cuenta con sistema de saneamiento con arrastre hidráulico (alcantarillado), mientras que en el resto del país, solo el 24.8 % tiene acceso a este tipo de servicio, lo cual refleja una importante brecha.

Los municipios del AMSS reflejan el mayor acceso a alcantarillado sanitario, con una cobertura del 84.4 %, mientras que las zonas urbanas de los municipios de La Unión presentan la menor cobertura con solo el 20.3 %, lo cual revela otra importante brecha.

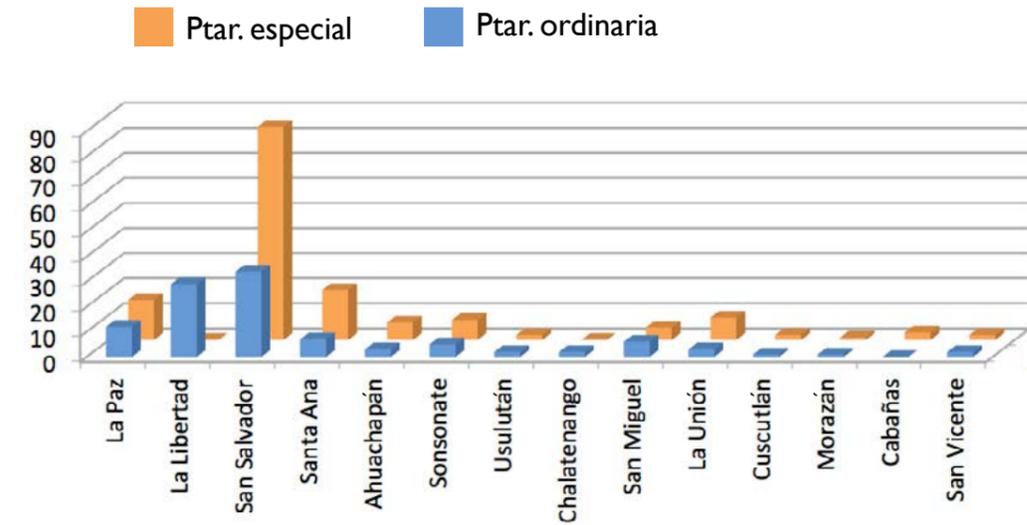


El Catastro de vertidos del río Acelhuate realizado por el MARN en 2011 estimó que el AMSS descarga 3.56 metros cúbicos de aguas residuales por segundo, de los cuales del sector comercial, industrial, público y domiciliarios



El mayor número de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas se concentra en el departamento de San Salvador (34), seguido por La Libertad (29), que en conjunto concentran el 75 % del total de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el país.

Plantas de tratamiento de aguas residuales en El Salvador

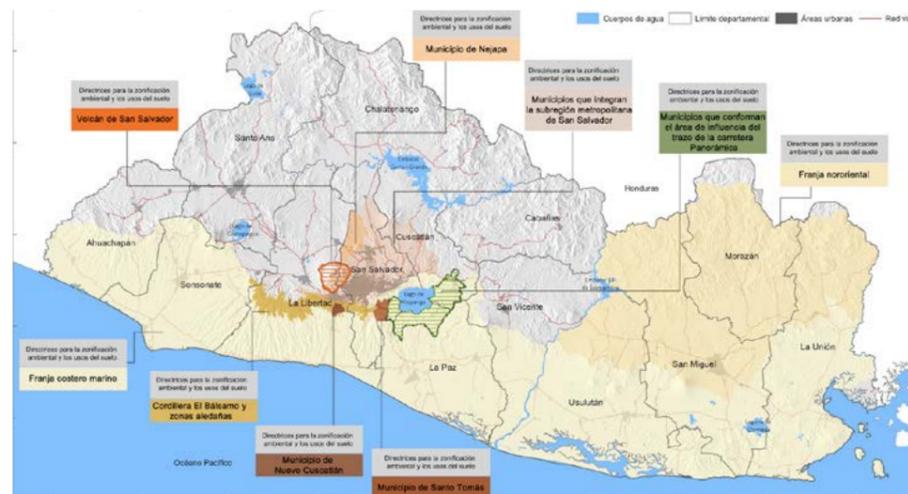


Ordenamiento ambiental

En general, los procesos de degradación del suelo son severos, anualmente se pierden por erosión 59 millones de toneladas métricas de suelo fértil del territorio nacional.

El 40 % del suelo presenta una erodabilidad elevada, especialmente en las zonas más quebradas, incluyendo la cordillera fronteriza del norte del país, y las principales cadenas montañosas. En una menor proporción (del orden de 10 %) existen suelos de muy alta y alta erodabilidad, que constituyen las zonas de transición entre las áreas con mayor riesgo y aquellas que presentan menor riesgo de erosión.

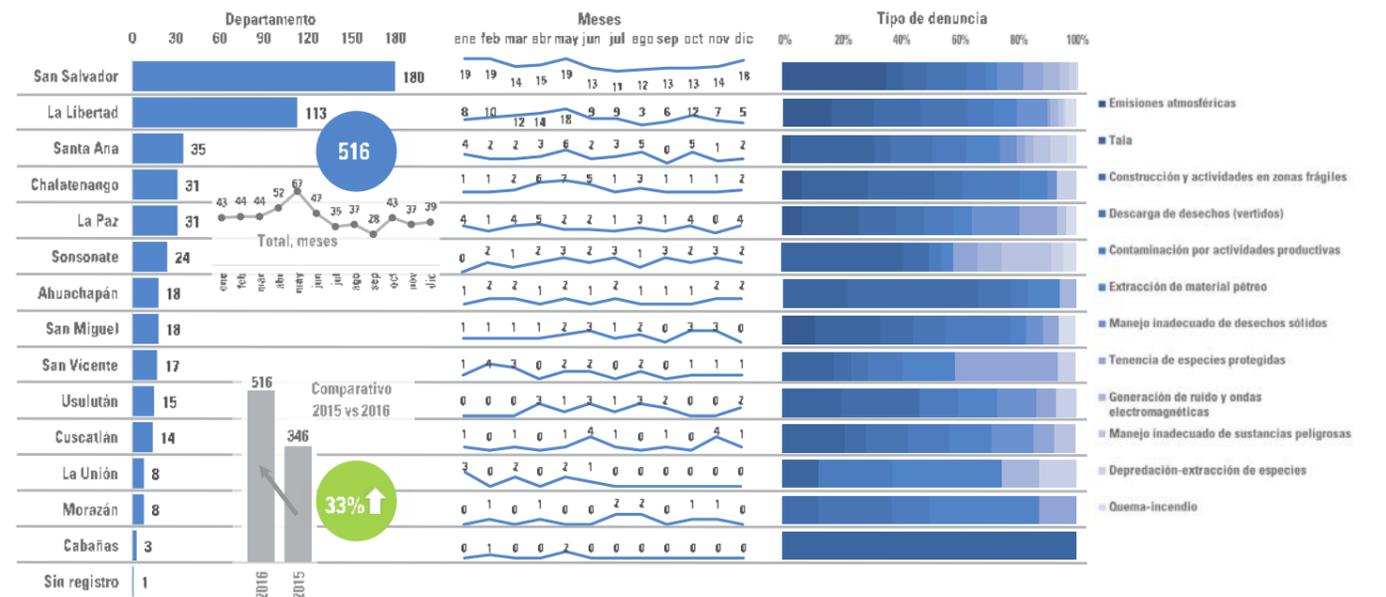
Zonificación ambiental y usos del suelo 2017



Cultura ambiental

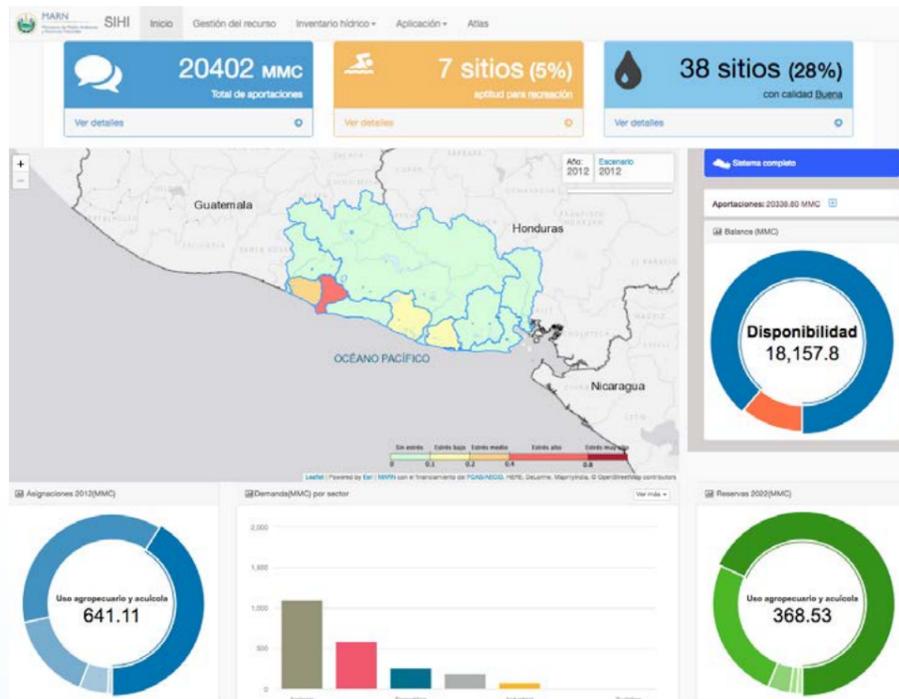
En el 2017, el MARN realizó una encuesta nacional sobre la situación ambiental del país. De acuerdo a los resultados el 24 % de la población indico que la deforestación causada por la tala y quema de árboles es el problema que genera mayor preocupación. Asimismo, para un 22 % del total de la muestra, la principal medida para evitar la contaminación y el mal uso de los recursos es la prohibición o controles de la tala y promover la reforestación.

Detalle de cantidad de denuncias ambientales, por departamento, mes y tipo, año 2016



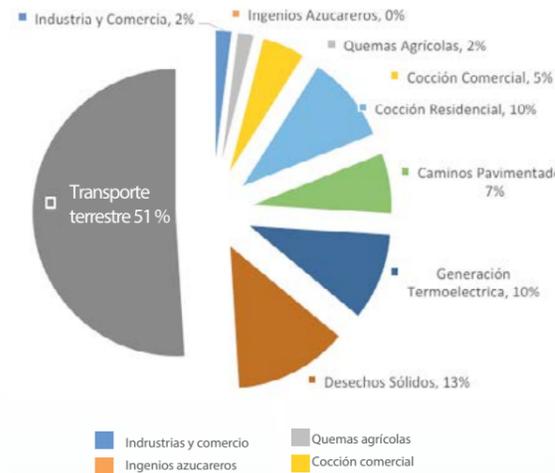
Modernización en gestión de Datos e información

Sistema de Información Hídrica (SIHI)



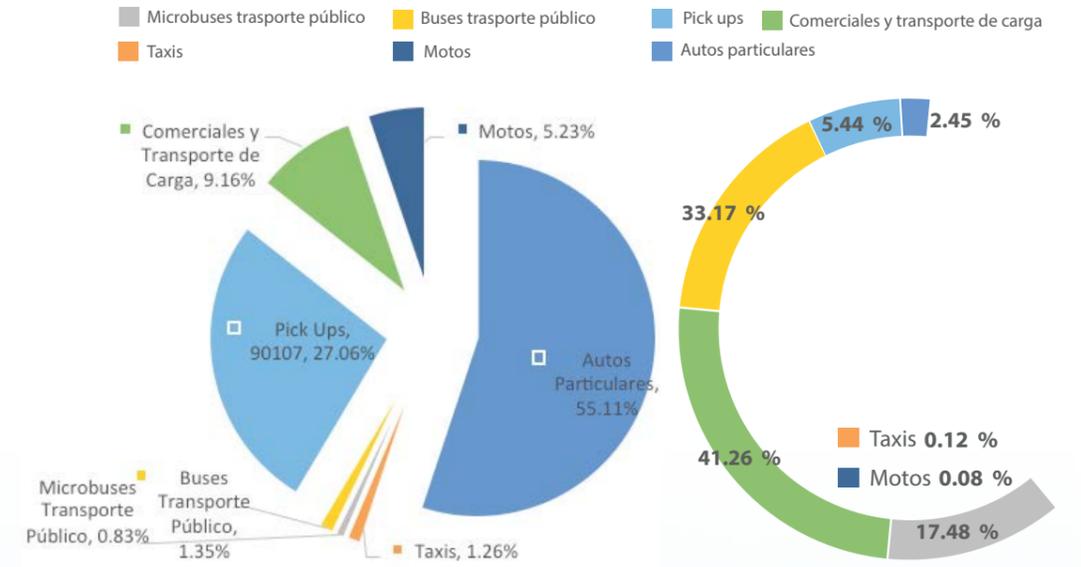
Calidad del Aire

El 51 % de la contaminación proviene del transporte terrestre.

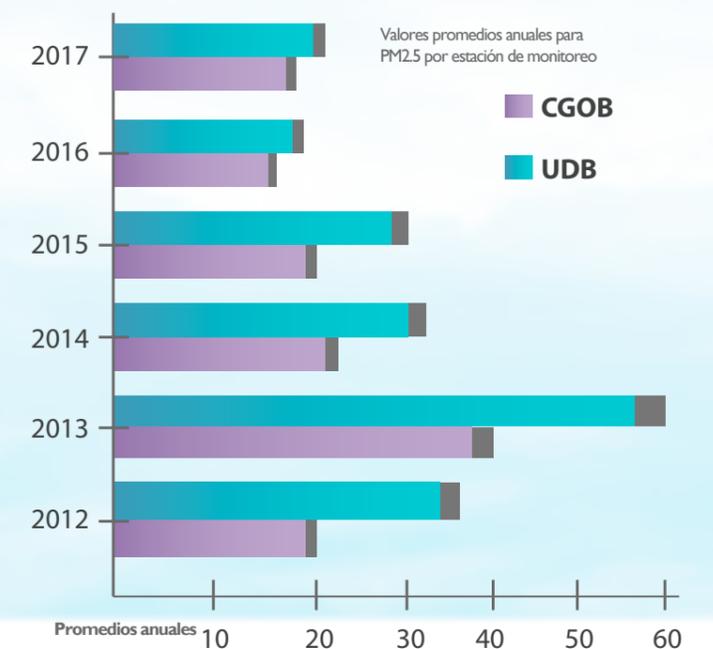
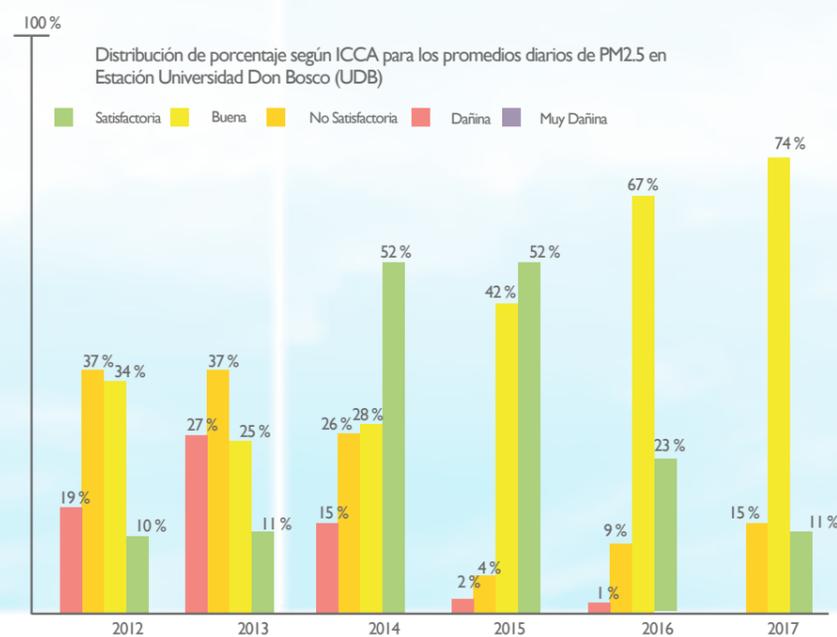
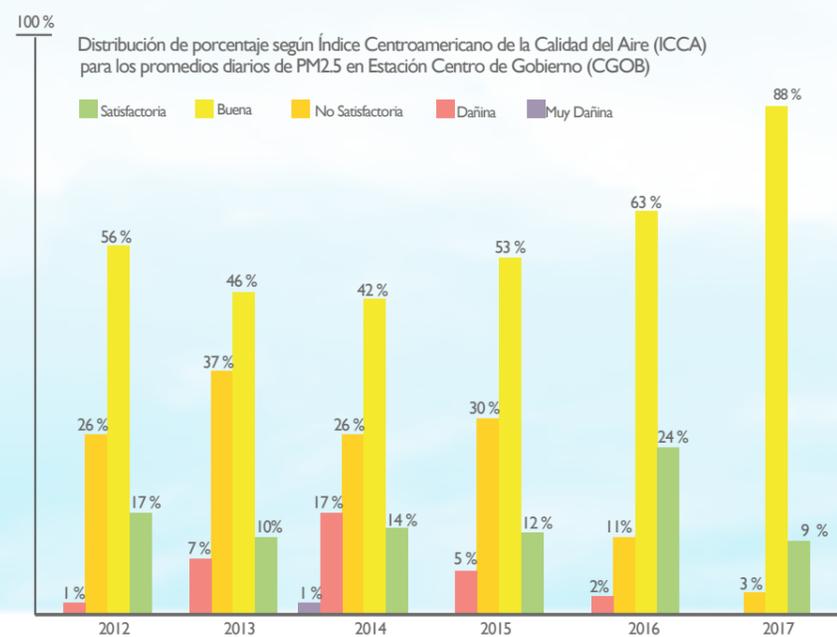


Comerciales/transporte de carga, aportan el 41.26 % de las emisiones y representan el 9.16 % de la flota.

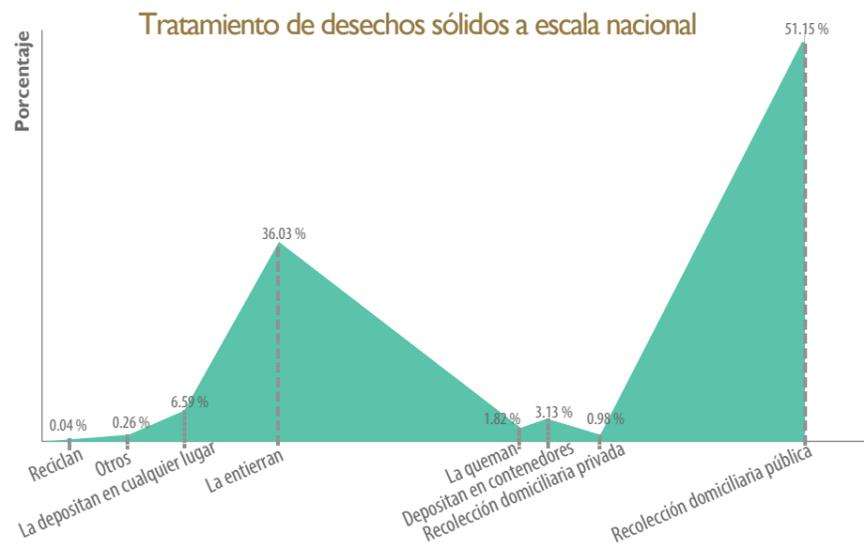
Los microbuses y buses de transporte público aportan más del 50 % de las emisiones, lo que representa menos del 2.5 % la flota. vehicular



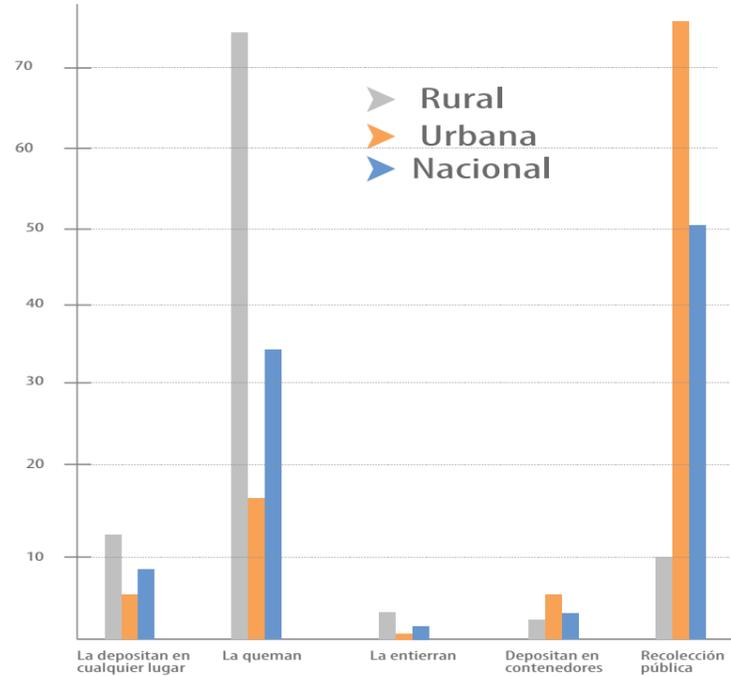
Diagnóstico de la calidad del aire, levantamiento de fuentes contaminantes y diseño de red de monitoreo (Eurolatina, 2006)



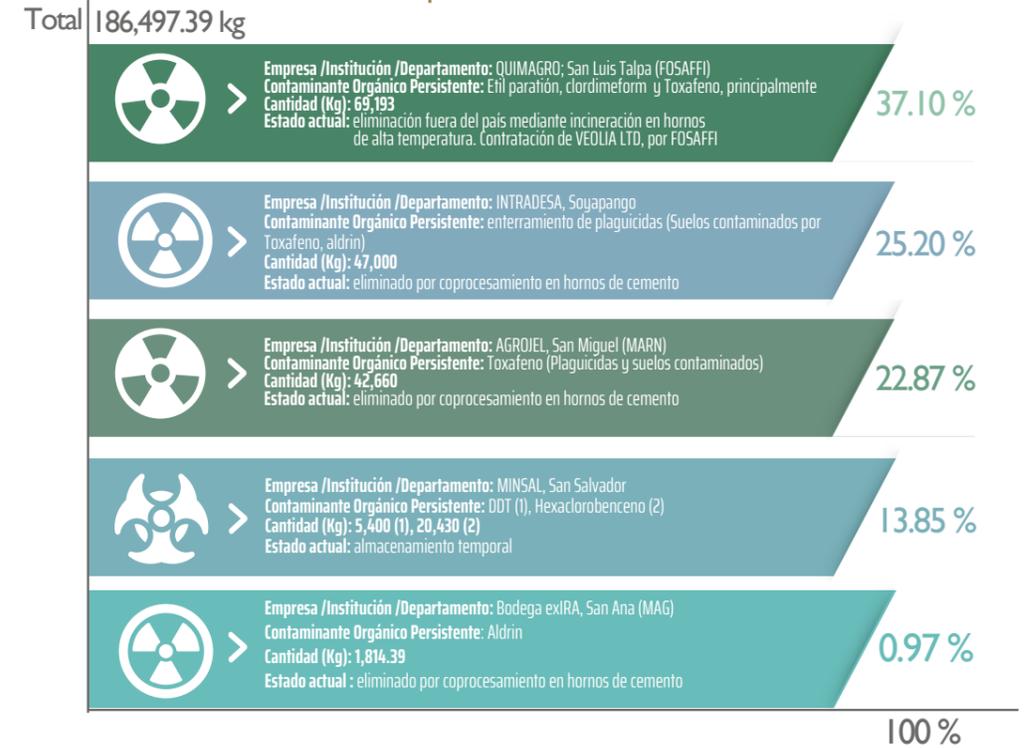
Residuos sólidos y Peligrosos



Tipo de disposición de desechos por ubicación de hogares



Inventario de desechos de plaguicidas contaminantes orgánicos persistentes eliminados



Tipos de rellenos que operan en el país



Disposición de residuos



Siglas y acrónimos

ADESCO	Asociación de Desarrollo Comunitario	CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
ALIDES	Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible	CND	Contribución Nacionalmente Determinada
ALGA	Anteproyecto de Ley General de Aguas	CONASAV	Consejo Nacional de Sustentabilidad Ambiental
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados	CNODT	Consejo Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial
AMSS	Área Metropolitana de San Salvador	CODEM	Comando de Doctrina y Educación Militar
AMUSNOR	Asociación de Municipalidades de Servicios del Norte	CODEMET	Consejo de Desarrollo Metropolitano
ASEMUSA	Asociación Ecológica de los Municipios de Santa Ana	COINPIAG	Comisión Interinstitucional de Plaguicidas
ASINORLU	Asociación Intermunicipal del Norte de La Unión	COP	Compuestos orgánicos persistentes
AUP	Asentamientos Urbanos Precarios	COP21	Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de París, Francia
BAES	Baterías de El Salvador, S.A. de C.V.	COP22	Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de Marrakech
BAPU	Baterías de ácido plomo usadas	COP23	Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de Bonn, Alemania
BAU	Business As Usual	COS	Carbono orgánico del suelo
BCR	Banco Central de Reserva	CO2	Dióxido de Carbono
BRT	Bus Rapid Transit	CNE	Consejo Nacional de Energía
CALVERTI-ANDA	Proyecto de monitoreo de Calidad de Vertidos al Alcantarillado Sanitario de ANDA	CRED	Centro de Epidemiología de los Desastres
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo	CRS	Catholic Relief Services
CCM	Corredor Costero Marino	DAP	Diámetro a la Altura del Pecho
CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment	DB05	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica	DIGESTYC	Dirección General de Estadística y Censos
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa	EDAS	Enfermedades Diarreicas Agudas
CENIF	Comisión Nacional de Incendios Forestales	EHPM	Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples
CENDEPESCA	Centro de Desarrollo de la Pesca y Acuicultura	EM-DAT	Emergency Events Database
CENTA	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal	ENB	Estrategia Nacional de Biodiversidad
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe	ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
CEPALSTAT	Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas de CEPAL	ENMA	Estrategia Nacional del Medio Ambiente
CGOB	Centro de Gobierno- Asamblea Legislativa	ENOS	El Niño Oscilación del Sur
CIAT	Comisión Interamericana del Atún Tropical	ENRH	Estrategia Nacional de Recursos Hídricos
CIR	Centro de Información de Riesgos		
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres		
CMCA	Consejo Monetario Centroamericano		

ERAM	Estrategia Regional Ambiental Marco	LDV	Light-duty Vehicle
ENSA	Estrategia Nacional de Saneamiento	LMA	Ley del Medio Ambiente
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	LiDAR	Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging
FMI	Fondo Monetario Internacional	LME	Large Marine Ecosystem
FIAES	Fondo de la Iniciativa para las Américas de El Salvador	MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
FISDL	Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local	MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
FOCARD-APS	Foro Centroamericano y de Republica Dominicana de Agua Potable y Saneamiento	MASUB	Masa de Agua Subterránea
FONAES	Fondo Ambiental de El Salvador	MIDS	Manejo Integral de Desechos Sólidos
FOPROMID	Fondo de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres, Ministerio de Hacienda	MINEC	Ministerio de Economía
FOSAFFI	Fondo de Saneamiento y Fortalecimiento Financiero	MINSAL	Ministerio de Salud
GAR	Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction	MITUR	Ministerio de Turismo
GEI	Gases de Efecto Invernadero	MOP	Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano
GEF	Global Environmental Facility	MPGR	Mesa Permanente de Gestión de Riesgos de El Salvador
GFEI	Global Fuel Economy Initiative	NAP	National Adaptation Plan
GIZ	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	NSO	Norma Salvadoreña Obligatoria: Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas
GOES	Gobierno de El Salvador	OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
GPS	Global Positioning System	ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
HCFC	Hidrofluorocarbonos	ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
IBA	Important Bird Area	OEA	Organización de Estados Americanos
ICA	Índice de Calidad de Agua	OPAMMS	Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador
ICCA	Índice Centroamericano de la Calidad del Aire	ORMAC	Oficina Regional de UICN para México, América Central y El Caribe
ICEFI	Instituto Centroamericano de Estudios Fiscales	PARCA	Planes Ambientales de la Región Centroamericana
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México	PEA	Población Económicamente Activa
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero	PEP	Planes Estratégicos Participativos
INTI	Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina	PIB	Producto Interno Bruto
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	PIBA	Producto Interno Bruto Agropecuario
IRM	Índice Municipal de Riesgo Manifiesto	PLAS	Plan Local de Aprovechamiento Sostenible
IVS	Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica	PLDS	Planes Locales de Desarrollo Sostenible
		PNCC	Plan Nacional de Cambio Climático

PNGIRH	Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico	UDB	Universidad Don Bosco
PNODT	Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial	UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
PNMA	Política Nacional del Medio Ambiente	UNCCD	Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente	UN DESA	United Nations Department of Economic and Social Affairs.
PREP	Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes	UNISDR	Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres
PRCC	Programa Regional de Cambio Climático	UNFPA	United Nations Population Fund
PRISMA	Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente	USAID	United States Agency for International Development
REM	Restauración Ecológica de Manglar	USDA	United States Department of Agriculture
REDCA	Red de monitoreo de la calidad del aire	US EPA	United States Environmental Protection Agency
ROAM	Restoration Opportunities Assessment Methodology	SEMARNAT	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México
SAO	Sustancias Agotadoras del Ozono	SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
SE	Sistemas de Explotación	SSDTD	Subsecretaría de Desarrollo Territorial y Descentralización
SEA	Sistema de Evaluación Ambiental	VMVDU	Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano
SRMSS	Subregión Metropolitana de San Salvador	VMT	Viceministerio de Transporte
TED	Turtle Excluder Device	WEI	Water Exploitation Index
UES	Universidad de El Salvador	WDI	World Development Indicators
UCA	Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas"	ZCIT	Zona de Convergencia Inter-Tropical

Glosario

Agenda Nacional de Desarrollo Sostenible El Salvador 2030:	en 2015, El Salvador se comprometió con el cumplimiento de la Agenda Global de desarrollo sostenible y a la fecha se ha avanzado en la construcción de la Agenda Nacional de Desarrollo Sostenible mediante un proceso transparente, participativo y articulado con los objetivos establecidos dentro del Plan Quinquenal de Desarrollo. La Agenda Nacional de Desarrollo Sostenible a corto plazo (2019) prioriza en 10 Objetivos de Desarrollo Sostenible que están enfocados principalmente en los derechos y bienestar de la población, estos son: erradicación de la pobreza, seguridad alimentaria, salud inclusiva, educación de calidad, igualdad de género; agua limpia y saneamiento; energía renovable y asequible que persigue tres resultados fundamentales: acabar con la pobreza extrema, luchar contra la desigualdad y la injusticia; y, combatir el cambio climático.	Extranjera directa,	el incremento significativo en el precio de alguna materia prima de exportación o el abundante ingreso de remesas. Uno de los casos más emblemáticos de este problema se suscitó precisamente en Holanda durante los años 60 cuando ocurrió el descubrimiento de enormes yacimientos de gas.
Cambio climático:	se entiende como variabilidad climática a aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos (provocados por el hombre) que, absorben y reemiten radiación infrarroja.	Estanflación:	situación económica en la que se dan tres condicionantes: una elevada inflación, un incremento en los precios de consumo y un crecimiento económico reducido, nulo o negativo. Se trata de uno de los problemas económicos más complejos de resolver porque las medidas para paliarlo son contradictorias: por un lado, interesa controlar la escalada de precios, y por otro, reactivar la economía para que haya crecimiento controlando los tipos de interés; todo ello mientras aumenta la cifra de desempleo entre la población activa.
Coefficiente Gini o Índice de Gini:	una herramienta analítica que se emplea para medir la concentración de ingresos entre los habitantes de una región, en un periodo de tiempo determinado. Utilizan para medir la desigualdad salarial con base en dos variables: 0, que indica la máxima igualdad de distribución salarial entre habitantes, es decir, que todos tienen los mismos ingresos, y 1, que representa la máxima desigualdad, en la que un solo individuo posee todos los ingresos. La diferencia entre coeficiente e índice de Gini es que uno representa la información en porcentajes y otro lo hace en decimales.	Huella ecológica:	el área de territorio ecológicamente productiva (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico. Su objetivo fundamental consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo de producción o "estilo de vida". De acuerdo con el informe de <i>Global Footprint Network</i> , para el año 2005 el número de hectáreas globales (hectáreas bioproductivas) por persona se situaba entre 2,1 y 2,7. Sin embargo, debe decirse que la dimensión de la huella es variable y guarda relación directa con el nivel de desarrollo, de tal manera que si, por ejemplo, para los Estados Unidos en el año 2005 la <i>ecological footprint</i> superaba las 10 hectáreas por persona, en el caso de los países de ingresos bajos esa cifra apenas representó 0.8 de hectárea por persona.
Corredor Seco:	un grupo de ecosistemas que se combinan en la ecorregión del bosque tropical seco de Centroamérica, que inicia en Chiapas, México; y, en una franja, abarca las zonas bajas de la vertiente del Pacífico y gran parte de la región central premontana (0 a 800 msnm) de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y parte de Costa Rica (hasta Guanacaste). En Honduras, además, incluye fragmentos que se aproximan a la costa Caribe.	ODM:	son las metas, cuantificadas y cronológicas, que el mundo ha fijado para luchar contra la pobreza extrema en sus varias dimensiones: hambre, enfermedad, pobreza de ingresos, falta de vivienda adecuada, exclusión social, problemas de educación y de sostenibilidad ambiental, entre otras. Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) son el resultado de un compromiso que en el año 2000 hicieron 191 jefes de Estado y de Gobierno en la Cumbre del Milenio de Naciones Unidas, para trabajar a favor de ocho objetivos, que contienen un total de 17 metas.
Desarrollo sostenible:	un concepto definido en el Informe Brundtland de 1987 y que refiere al desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus necesidades.	ODS:	también conocidos como objetivos mundiales son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad. Los 17 Objetivos se basan en los logros de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, aunque incluyen nuevas esferas como el cambio climático, la desigualdad económica, la innovación, el consumo sostenible y la paz; y, la justicia, entre otras.
Desaceleración económica:	proceso de disminución transitorio del ritmo de crecimiento de una magnitud económica, y que se manifiesta porque en un periodo dado la tasa de crecimiento es menor que en igual periodo inmediatamente anterior	Políticas restrictivas:	conjunto de acciones ejercidas por las autoridades gubernamentales a través de políticas fiscales con la finalidad de reducir el déficit público y de balanza de pagos, contener la inflación y modular el ritmo de crecimiento económico.
Economía informal:	actividad económica oculta o no declarada (por el patrón) frente a la autoridad hacendaria, por razones de evasión fiscal o regulaciones administrativas; por ejemplo, el trabajo doméstico, fabril, de servicios personales o cualquier otra actividad remunerada pero no declarada.	Sitio Ramsar:	la Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional, llamada la Convención de Ramsar (1971), es el tratado intergubernamental que ofrece el marco para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos. Entró en vigor en 1975 y su misión es "la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo"
Enfermedad holandesa:	es un fenómeno que ocurre cuando un país recibe cantidades masivas de capital desde el exterior, provocando una fuerte apreciación de su moneda, pérdida de competitividad de las exportaciones y encarecimiento (en dólares) de los bienes y servicios comercializados en el mercado local. El caso típico es cuando esta entrada masiva de recursos se da como consecuencia del descubrimiento de algún recurso natural altamente demandado internacionalmente, aunque también puede ser resultado de un ingreso masivo de inversión		

Presentación

En el presente siglo, a ritmo progresivamente acelerado y en el marco de un volátil orden económico mundial, estamos presenciando profundas transformaciones en la esfera económica, en la revalorización y más integral comprensión de los factores determinantes de la competitividad.

En gran medida esos cambios y transformaciones, en marcha irreversible, han sido detonados por el panorama inequívocamente sombrío que vienen sembrando los efectos adversos del cambio climático, con su ya gigantesca secuela de destrucción a escala global, ocasionada por eventos climáticos extremos sin precedentes en los registros históricos. Y, consecuentemente, la consideración y evaluación de los riesgos climáticos está tomando ahora un lugar estratégico en las esferas financieras y de inversión mundial; y, a su vez, ha precipitado la carrera por reducir y eliminar la dependencia de los combustibles fósiles para la generación de energía y minimizar otras fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Una gran revolución y un impulso de escala sin precedentes en el desarrollo y producción energética con energías renovables no tradicionales se está escenificando mundialmente, en la que la lucha en los mercados ya no se está dando única ni principalmente por reducir las emisiones de GEI, sino que tiene lugar en el estricto terreno de los precios del kilovatio, con los proyectos de renovables, fotovoltaicos y eólicas, superando con holgura la estructura de precios asociada a la generación con fósiles.

En el actual contexto mundial, con el abaratamiento de las nuevas tecnologías, la mayor disposición de energías renovables, para países que como el nuestro aún dependen de la importación y gastos asociados a los combustibles fósiles, será uno de los principales factores en la determinación de los costos de producción y de la competitividad de las naciones. Lo anterior será aún más decisivo en el corto lapso de poco más de un lustro de avances tecnológicos, en el que se da por descontado que las actuales limitantes en el almacenamiento y uso pleno del potencial de estas fuentes de energía serán superadas.

Es de destacar que el país ha dado pasos muy importantes en esta materia, con exitosas licitaciones de producción de electricidad a largo plazo, con un total de generación superior a los 300 megavatios, casi el 20 % de nuestra potencia instalada. Y es un avance estratégico, pues con las alteraciones en el régimen de lluvias, como se destaca en este Informe, la participación de la energía hidráulica en la matriz energética se ha visto y podrá verse aún más afectada en el futuro próximo. Y tendría afectaciones inadmisibles para la competitividad al pretender compensar aquellas reducciones con mayor importación y dependencia de fósiles.

Revoluciones de la misma magnitud están en marcha respecto a los sistemas y unidades de transporte terrestre, especialmente en el movido a electricidad. Y el país ha dado los primeros pasos estratégicos en esta materia, al desarrollar en su primera etapa un sistema de transporte público de calidad, denominados genéricamente BRT (bus rapid transit, por sus siglas en inglés) bajo en emisiones y con gran potencial de mejora, que se ha estancado y revertido con decisiones que aún no han llegado a apropiarse en toda su amplitud del contexto de valores, prioridades y necesidades que vienen configurando el goce pleno de los derechos humanos y del desarrollo sostenible del país.

Esta revolución energética en marcha, no será elemento de análisis en este Informe Nacional del Medio Ambiente 2017, pero señala la ruta que El Salvador sigue, liderado por el Consejo Nacional de Energía (CNE), creado en el año 2010 y del cual el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) forma parte.

Las transformaciones económicas también están respondiendo cada vez más a la preocupación por el agotamiento de los recursos naturales estratégicos para la producción, que ha sido resultado del modelo de producción y consumo insostenible que ha prevalecido a lo largo de tantas décadas, dentro y fuera del país. El paradigma de la economía circular bajo el concepto de diseño y fabricación de productos con miras a un segundo y tercer uso va integrándose progresivamente en las estrategias de sostenibilidad y competitividad. Y más importante es aún que ya se avanza en el reconocimiento de que en el contexto actual de construcción de economías y sociedades más resilientes, inclusivas y diversificadas, la calidad ambiental en sus más diversas dimensiones es un factor estratégico y determinante de competitividad.

Como se puede apreciar del conjunto del Informe, el país ha venido realizando progresos significativos, estratégicos en esta materia. Y también hay avances notables en la conciencia ambiental nacional. El hecho que se haya prohibido por ley la actividad minero metálica en el país, con las múltiples y desastrosas consecuencias que tal industria podría causar en el contexto nacional, no es un logro intrascendente en un territorio y población que nos son característicos. Y el que se haya dispuesto oportunamente de información ambiental fiable y de un análisis científico exhaustivo y comprensivo generado por una evaluación ambiental estratégica (uno de los más importantes instrumentos de la gestión ambiental) que coadyuvarán de manera determinante a aquella decisión, es indicador inequívoco de que el país está en capacidad de transitar por el camino correcto del desarrollo.

Que por primera vez en la historia de registros de calidad del agua se haya detectado una mejora del 27 % en sitios evaluados con calidad de agua “buena” respecto al período anterior y que no se identificaran fuentes con calidad de agua pésima es también una muy buena noticia, indicadora de que los esfuerzos y políticas de promoción de mejora en el tratamiento de aguas residuales y reducción de la carga contaminante vertida de los ríos han sido correctas y pueden hacer grandes aportes a la competitividad global del país.

Pero también se han identificado cuencas en las que el estrés hídrico ya es muy alto, como la del río Sensunapán, en el que ya se alcanzó el límite de capacidad de caudal del río, dando paso a la imperiosa necesidad de un adecuado sistema de gobernanza y distribución justa y equitativa del uso de ese recurso, sobre todo en el contexto de incertidumbre y escenarios de sequías frecuentes y prolongadas asociadas al cambio climático.

Además, según las proyecciones de aumento de demanda de agua en el país situadas en el orden del 300 % al año 2050 en un escenario sin cambio climático, revelan la difícil senda por la que el país deberá transitar para asegurar el acceso a agua de calidad para las personas, para la próxima generación y para dar sostén al desarrollo local en todo el territorio. En contextos como el de Sensunapán, que no es único en el país, sobre todo en determinadas épocas del año, es que mejor puede apreciarse la urgente e impostergable necesidad de una ley general de aguas, cuya discusión se prolonga ya más de lo que la realidad del país y los derechos humanos de la ciudadanía podrían permitirse.

En la sección de calidad del aire también se destaca una mejora en la calidad del aire en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), que se asocia a una mejor calidad de algunos combustibles incorporados al mercado nacional y que evidencia que es posible mejorar la calidad del ambiente y derecho a la salud de las personas con medidas que no impactan negativamente la economía o que en la valoración del conjunto de sus efectos, siempre arrojan un saldo positivo a la sociedad y al estado. Se trata de medidas que bien podrían calificarse como “no regret” o necesarias dentro de cualquier contexto de cumplimiento de las metas de desarrollo sostenible a las que el país también se haya comprometido.

En cuanto a los ecosistemas de manglar, tan importantes para la productividad pesquera, la atracción turística, conservación de biodiversidad y el amortiguamiento de impactos causados por fenómenos extremos, incluyendo los asociados al cambio climático, en el marco del Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP), se destaca la rehabilitación de los canales internos y recuperación de los patrones hidrológicos en los manglares de la Barra de Santiago, estero de Jaltepeque y bahía de Jiquilisco, que cuentan con una superficie total de 124,473 hectáreas y reconocimiento de humedales de importancia internacional como sitios Ramsar.

No menos significativos son los logros y cifras alcanzados en la protección y reproducción de una de las especies más amenazadas y representativas de la lucha por la preservación de la biodiversidad en el país, las tortugas marinas. Las acciones contempladas en el Plan de rehabilitación de especies de tortugas marinas incluyen la protección de playas de anidación; la regulación de actividades pesqueras, principalmente la verificación de la utilización obligatoria de redes de arrastre con dispositivos excluidores de tortugas marinas (TED, por sus siglas en Inglés); y el establecimiento de corrales de incubación, con la participación de las comunidades locales. En los ocho años del periodo 2009 – 2016, en el marco de ese Plan, se han liberado al mar 10 millones de neonatos, con promedios de 1.25 millones liberados anualmente.

Una detenida reflexión sobre la información y estadísticas recogidos en este Informe, a la luz de las nuevas exigencias de la economía, de los estándares de calidad ambiental para la competitividad integral y de huella de uso de recursos y producción de residuos que se van haciendo norma en las regulaciones de acceso de mercancías a los mercados internacionales, pondría en evidencia el alto valor y función estratégica que tiene y debe asignarse a la generación sistemática de información ambiental y de riesgos en el país.

Mejoras de gran importancia, trascendentales para el bienestar social y sostenibilidad productiva del país, se han producido en los últimos nueve años en las capacidades e instrumental con que cuenta el MARN para asegurar una gestión ambiental apropiada al país y a la exigencia de las circunstancias y tendencias globales, “inteligentes” como ha dado últimamente en adjetivarse a todo lo que se tiene como mejores propuestas o acciones frente al clima.

En la sección del Informe dedicada a la modernización de la gestión de datos e información, se consignan los principales avances en esa materia. Pero es necesario destacar que el adecuado mantenimiento y operación de ese patrimonio nacional para una bien informada acción y toma de decisiones económicas, sociales, ambientales y climáticas, requiere de inversión y presupuestos apropiados y oportunos. Lo que debe tenerse oportunamente en cuenta al momento de dictarse resoluciones y tomarse decisiones de recortes, ajustes o restricciones presupuestarias, en el marco de las disposiciones de racionalidad y austeridad enmarcadas y justificadas en el contexto de la economía y

las finanzas nacionales. El apropiado entendimiento de la información y gestión ambiental y de riesgo de desastres en el aseguramiento del bien común como función primordial del Estado no debiera excluirse de estos análisis y resoluciones al estar en juego, entre otros valores y principios, la vida, la integridad y otras fuentes de afectación a la salud de las personas.

El reconocimiento de los avances en materia de gestión ambiental para nada significa declaración de autocomplacencias. Mucho hace falta por hacer, por construir, por analizar e investigar. El campo en esta materia es vasto, el rol y liderazgo de las universidades en guiar el desarrollo y gestión de conocimiento asociado al medio ambiente, tal como está definido en la Ley del ramo, a los necesarios cambios de paradigma que exige la nueva realidad físico natural y socioeconómica es insustituible.

El papel de las organizaciones de la sociedad civil en su arraigo territorial en la mejor comprensión y oportuna reflexión pública sobre las realidades locales y comunitarias son, asimismo invaluable, allí donde los limitados recursos del estado impiden una presencia permanente y un monitoreo continuo de escala local; la función de los medios de comunicación social en su misión de informar integralmente, incluyendo la dimensión ambiental en los contenidos de la casi totalidad de temáticas contenidas en su agenda informativa. Lo mismo reza con el sector privado, en su vital tarea de invertir y fomentar el crecimiento económico, el empleo y el bienestar, con visión de sostenibilidad, asumiendo y superando con audacia e innovación las presiones y seducciones del cortoplacismo.

En suma, el estado del medio ambiente es el resultado global y compartido de la acción u omisión de todos los sectores y actores de la vida nacional, con responsabilidades diferenciadas, en función de las propias capacidades y circunstancias de cada cual. Y en la gestión de este estado medioambiental tiene rango estratégico la creación en 2016 del Consejo Nacional de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad (CONASAV) y los trascendentales acuerdos logrados en el término de dos años.

La decisión de acción dialogada, concertada y consensada de toda la gama de actores que lo integran, incluyendo los antes mencionados, también representa un patrimonio de valor crítico para el país, que debe ser cultivado y fortalecido por todos. Sin dejar fuera el poder de cambio y mejora en la gestión ambiental que cabe a toda la ciudadanía, tanto en su hacer individual como organizado.

Se espera que este informe anime a la acción. Como dijo Mahatma Ghandi: “Sé el cambio que quieres ver en el mundo”

Lina Pohl
Ministra



Introducción

De acuerdo con el mandato de la Ley del Medio Ambiente de El Salvador en su Artículo 31, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) elaborará -cada dos años- para su presentación a la nación, a través de la Presidencia de la República, el Informe Nacional del Estado del Medio Ambiente.

Cuando la misma Ley define el medio ambiente como:

“(el) sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con los individuos y con la comunidad en la que viven, determinando su relación y sobrevivencia, en el tiempo y el espacio” (Art. 5).

En cumplimiento de ese ordenamiento, el presente Informe pretende sistematizar la información disponible sobre el estado de los recursos naturales y el medio ambiente en el país, con el propósito de generar un producto de conocimiento y sensibilización que contribuya a subrayar la relevancia de los temas medioambientales, no solo para las dinámicas socio-económicas a escala territorial sino para la viabilidad misma de El Salvador como país, aportando información relevante para la población en general y los actores clave del desarrollo nacional.

El Informe aspira a establecer una línea base de la situación actual en que se encuentra el país en las diferentes dimensiones del problema ambiental y delinear una visión de los desafíos y brechas que deben asumirse para promover el desarrollo sustentable¹. Adicionalmente, se pretende visibilizar y poner de relieve la incidencia actual y potencial que el fenómeno del cambio climático representa para el desarrollo sustentable del país, considerando las circunstancias socioeconómicas y ambientales del modelo de desarrollo actual y sus implicaciones para los procesos de degradación y reproducción de la alta vulnerabilidad del territorio, el patrimonio nacional y las actividades humanas.

¹Ver Glosario



Contexto mundial y regional



I.1. La dinámica económica mundial

De acuerdo con el informe Perspectivas de la economía mundial del Fondo Monetario Internacional (FMI, 2016a), la economía mundial cerró el 2016 con una expansión de 3.1 %. Para 2017, se espera un leve repunte, con un crecimiento estimado de 3.4 %², gracias a la relativa recuperación de las principales economías de mercados emergentes, entre ellas India, Rusia y Brasil. Ocho años después de la crisis financiera global, la recuperación económica a escala internacional sigue siendo precaria.

En las economías de mercados emergentes y en desarrollo, el FMI destaca que el crecimiento se acelerará por primera vez en seis años, estimando que en 2017 las economías emergentes aumentarán sus ritmos de crecimiento a razón de 4.5 % en promedio, aunque con marcadas diferencias entre países y regiones. Se estima que la economía de China, la segunda en el mundo, registre una expansión de 6.5 % en 2017, mientras que la India alcanzaría una tasa de crecimiento de 7.2 %³.

En América Latina y el Caribe, la actividad económica se desaceleró durante 2016, debido a que varias de las economías más grandes están sumidas en recesión. La combinación de la contracción de la demanda mundial de materias primas (base exportable de la región) y la apreciación del dólar estarían afectando sus exportaciones, lo que se ha traducido en aumento de los costos de producción, pérdida de competitividad y mayor deuda externa, todo ello agravado por un incremento de la inestabilidad política y social, el aumento de las tasas de pobreza y severos impactos en pérdidas y daños derivados del creciente fenómeno climático.

En las economías en desarrollo, el bajo crecimiento económico durante 2015 y 2016 ha afectado el mercado de trabajo, aumentando el desempleo, a la par de un estancamiento de los salarios reales. Para el FMI, las tendencias en materia de desigualdad son preocupantes, ya que, pese a una convergencia mundial de los ingresos nacionales per cápita, no se ha logrado una distribución más equitativa del ingreso dentro de los países.

En este contexto, los objetivos de reducción de la pobreza mundial se verán afectados por la dinámica de bajo crecimiento económico en muchos países y el débil crecimiento de los salarios. Enfrentar esta situación requerirá una agenda de políticas orientadas a la reducción de la desigualdad, con fuertes inversiones en redes de protección social, educación, salud e infraestructura pública. De acuerdo con Stiglitz y Rashid (2016), estas inversiones tendrán que ser financiadas, al menos en parte, por la imposición de impuestos ambientales, incluyendo impuestos al carbono y al monopolio, así como impuestos a otras rentas extraordinarias que se han generado bajo la economía de mercado y que contribuyen a aumentar la desigualdad y ralentizar el crecimiento.

I.2 Panorama de la región centroamericana

Según datos del Consejo Monetario Centroamericano (CMCA) durante 2015 la economía regional, incluyendo Panamá, generó un Producto Interno Bruto (PIB) de USD 229,175 millones, con una tasa de crecimiento promedio de 4.1 %, y un PIB per cápita promedio de USD 5052, aunque con diferencias apreciables entre países en indicadores macroeconómicos claves, como la tasa de crecimiento económico, inflación y desempleo (Figura 1). Los países de la región recibieron remesas por un monto de USD 16,650 millones, equivalentes al 36 % del valor de las exportaciones, el 9.4 % del PIB y el 41 % del gasto público regional. Las exportaciones registraron un monto de USD 46,464 millones, mientras que las importaciones ascendieron a USD 82,688 millones. El déficit comercial de la balanza de pagos como promedio regional es igual a 16 % del PIB.

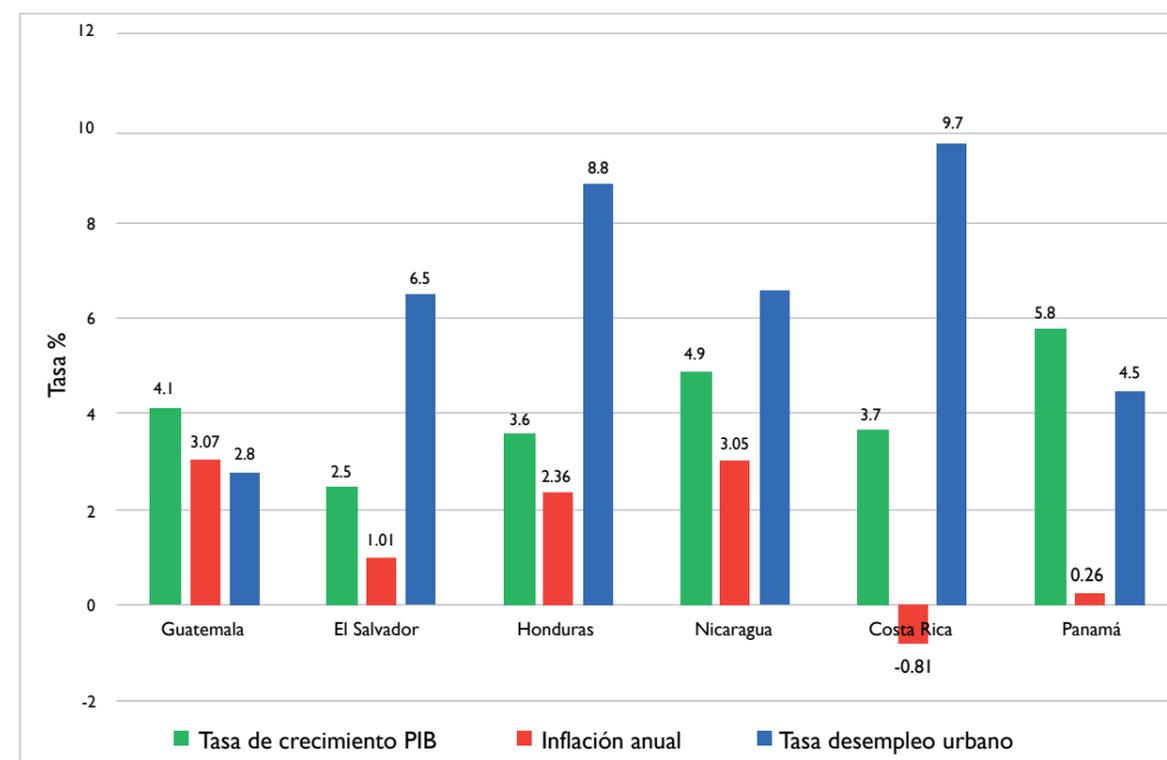


Figura 1. Crecimiento, inflación y desempleo en Centroamérica, 2015
Fuente: Consejo Monetario Centroamericano y CEPALSTAT.

² Hay que advertir, no obstante, que las estimaciones elaboradas por el FMI no dejan de ser excesivamente optimistas, pues según el Informe sobre la situación y perspectivas de la economía mundial elaborado por la ONU en el año 2017, la economía mundial sólo se expandió en un 2.2 % para el año 2016, la menor tasa de crecimiento desde la Gran Recesión de 2009. De acuerdo con ese informe, entre los factores que afectaron el desempeño de la economía mundial se pueden mencionar el débil ritmo de la inversión, la disminución en el crecimiento del comercio internacional, el lento crecimiento de la productividad y los elevados niveles de deuda. Asimismo, los bajos precios de las materias primas han exacerbado estos problemas en muchos países exportadores desde mediados de 2014, mientras que los conflictos y las tensiones geopolíticas continúan perturbando las perspectivas económicas en varias regiones.

³ De acuerdo con el mismo informe sobre la economía mundial elaborado por la ONU (ONU, 2017), entre los países en desarrollo se espera que los exportadores de materias primas experimenten un aumento a medida que se establecen los precios de las materias primas y se suavizan las presiones inflacionarias, impulsadas, estas últimas, por las bruscas oscilaciones de los tipos de cambio, gracias, principalmente, al fortalecimiento del dólar norteamericano. En particular, el este y el sur de Asia continuarán creciendo más rápidamente que otras regiones, beneficiándose de una demanda doméstica robusta y de espacios para una política macroeconómica más proactiva. A pesar de todo, las perspectivas económicas continuarán sujetas a significativas incertidumbres y riesgos hacia la baja. En caso de que estos riesgos se materialicen, el crecimiento global sería considerablemente menor al proyectado por el FMI para el año 2017.

Desde inicios de la década del 2000, las economías de Centroamérica presentan una fuerte tendencia a la terciarización. Para 2014, en promedio, se consideraba que la región contaba con la siguiente estructura productiva: 10 % de producción del sector primario o agrícola, 25 % del sector secundario o industria, y 65 % del sector terciario o servicios (Programa Estado de la Nación, 2014). Si bien esta caracterización es muy general, la misma permite tener una perspectiva de la tendencia de los sectores productivos como región, obviamente reconociendo que cada país cuenta con sus dinámicas económicas particulares.

Se estima que las dos economías con mayor crecimiento durante 2016 habrían sido Panamá, cuyo crecimiento alcanzó un 6.1 % como resultado de los efectos positivos derivados de la ampliación del Canal y Nicaragua con un incremento de la producción equivalente al 4.5 %. En el caso de Costa Rica, el crecimiento estimado para 2016 se ubica en 4.2 %, Guatemala registra proyecciones de crecimiento de 4 %, y Honduras presentó una leve desaceleración de su economía con respecto al 2015, registrando 3.5 %. Para El Salvador, el país con más bajo crecimiento de la región, se estima un 2.5 % (FMI, 2016b).

En materia de precios, las estimaciones preliminares indican que la inflación regional para 2016 se habría ubicado en el rango de entre 4 y 5 %, luego de mantenerse por debajo del 4 % en 2015. Si esta tendencia continúa, se podrían registrar niveles de inflación bajos durante 2017, aun cuando no se pueden desestimar factores tales como: el impacto relacionado con la variabilidad climática sobre el comportamiento del precio de los alimentos, la evolución del precio de los combustibles, así como las presiones al alza del tipo de cambio.

En el ámbito fiscal y de acuerdo con el análisis del Instituto Centroamericano de Estudios Fiscales (ICEFI, 2016), persisten fragilidades asociadas con bajas cargas tributarias en la mayoría de países, aun cuando la carga tributaria promedio de la región creció del 13.7 % en 2014, al 13.9 % en 2015, mientras que el tamaño promedio de los gobiernos centrales representó un 18.5 % del PIB. El déficit fiscal promedio de la región se redujo levemente del 3.3 % del PIB en 2014, al 3.1 %, en 2015. Así las cosas, las políticas restrictivas⁴ que presagian estos indicadores adquieren relevancia especial de cara a los impactos del cambio climático, el cual se constituye en un pasivo público contingente que afectará las finanzas públicas de los países de manera progresiva si no se realizan acciones de adaptación y se fortalece la resiliencia de las sociedades centroamericanas (Figura 2).

Según CEPAL (2014), los costos económicos del cambio climático en América Latina y el Caribe se sitúan entre el 1.5 y el 5 % del PIB regional. Estos costos están relacionados con los efectos del incremento de temperatura y las fluctuaciones en las precipitaciones, aunados a fenómenos hidrometeorológicos extremos, que supondrán un desplazamiento de las actividades agropecuarias, exacerbando los procesos de degradación de tierras así como los efectos negativos sobre la salud, fruto de la expansión de plagas, enfermedades contagiosas y otras calamidades relacionadas con los cambios en las precipitaciones y la disponibilidad de agua para los diversos usos, incluyendo el riego agrícola y la producción hidroeléctrica.

Multiplicación de los efectos del cambio climático por la aplicación de políticas restrictivas en economías estancadas y con presiones inflacionarias

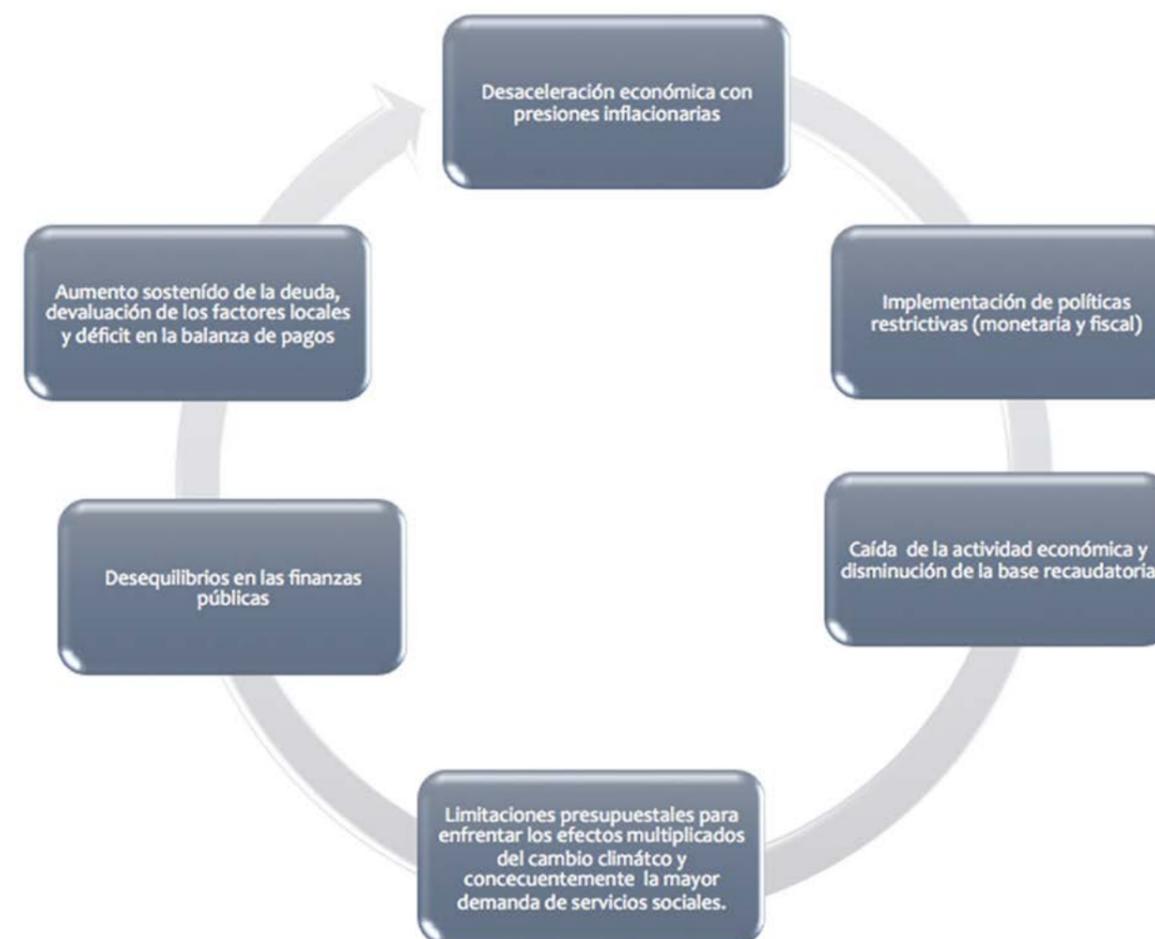


Figura 2. Estancamiento, políticas restrictivas y cambio climático

⁴Ver Glosario

Centroamérica goza de un alto grado de diversidad biológica pues contiene el 8 % de la biodiversidad global distribuida en 206 ecosistemas, 33 ecorregiones y 20 zonas de vida. Aunado a esto, el 12 % de las costas de Latinoamérica y el Caribe están incluidas en el istmo centroamericano, lo cual implica una superficie total de manglares y arrecifes, equivalente a las 567,000 hectáreas y los 1600 kilómetros cuadrados, respectivamente⁵. Entre los años 2000 y 2009, aumentó en 368,558 hectáreas la superficie de tierras protegidas en Centroamérica, lo cual corresponde al 2.5 % de la superficie total de la región. Asimismo, se cuenta con nueve áreas naturales designadas como patrimonio mundial y el número de humedales Ramsar⁶ pasó de 37 a 46 entre 2005 y 2010⁷.

No obstante lo anterior, la región aún no ha logrado encontrar el balance entre el desarrollo y la sustentabilidad ambiental. Centroamérica tiene una creciente deuda ecológica. Según la última medición (publicada en 2015 con datos de 2011), el consumo por persona supera en 18.2 % la capacidad del territorio para regenerarse naturalmente⁸. En 2007 la brecha era de 10 %. En 25 años, la región perdió 248,400 hectáreas de los humedales Ramsar; la cantidad de especies en peligro aumentó un 82 % entre 2002 y 2010; entre 2005 y 2010 el área boscosa del istmo se redujo en 1,246,000 hectáreas; cada habitante requiere un 10 % más del territorio que tiene disponible para satisfacer su consumo; cuanto más alto es el índice de desarrollo humano de los países, mayor es su huella ecológica⁹; se estima que un 14 % del territorio es utilizado para exploraciones mineras¹⁰ (Figura 3).

En lo regional, se ha impulsado una serie de planes para incluir en las agendas del istmo la dimensión ambiental, que van desde la Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible (ALIDES), pasando por los Planes Ambientales de la Región Centroamericana (PARCA) I, II y III, hasta la formulación de la Estrategia Regional Ambiental Marco 2015-2020 (ERAM), elaborada en 2014. No obstante, estos esfuerzos, los avances para integrar de manera adecuada el medio ambiente en el ámbito económico, político y social a través de las políticas, leyes, planes y estrategias nacionales, han sido insuficientes de cara a los desafíos que el cambio climático plantea a la región.

Huella ecológica o número de hectáreas para producir los recursos utilizados por una persona en Estados Unidos (10 hectáreas) y en los países de ingresos bajos (0.8 hectáreas), 2005.



Figura 3. Huella ecológica y nivel de desarrollo

⁵ Programa Estado de la Nación (2008), p. 411.

⁶ Ver Glosario.

⁷ Programa de Estado de la Nación (2008), p. 362.

⁸ Programa Estado de la Nación (2016), Capítulo 5, Panorama Ambiental.

⁹ Ver Glosario.

¹⁰ Programa Estado de la Nación (2011), p. 362.

I.3 Marco de la institucionalidad ambiental a escala internacional

I.3.1. La nueva meta para el 2030: cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El 2015 fue un año de gran importancia en la agenda ambiental internacional, pues se adoptó una serie de acuerdos multilaterales de suma importancia, entre los cuales destaca la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada en la Cumbre para el Desarrollo Sostenible en septiembre de 2015. Esta Agenda abarca un conjunto de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para poner fin a la pobreza, luchar contra la desigualdad y la injusticia, y hacerle frente al cambio climático.

Los 17 ODS son los siguientes: 1. Fin de la pobreza; 2. Hambre cero; 3. Salud y bienestar; 4. Educación de calidad; 5. Igualdad de género; 6. Agua limpia y saneamiento; 7. Energía asequible y no contaminante; 8. Trabajo decente y crecimiento económico; 9. Industria, innovación e infraestructura; 10. Reducción de las desigualdades; 11. Ciudades y comunidades sostenibles; 12. Producción y consumo responsables; 13. Acción por el clima; 14. Vida submarina; 15. Vida y ecosistemas terrestres; 16. Paz, justicia e instituciones más sólidas; y 17. Alianzas para lograr los objetivos. Por lo menos la mitad de tales objetivos están íntimamente relacionados con el medio ambiente y la resiliencia ante el clima y los desastres por eventos naturales



Figura 4. Ilustración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Estos objetivos dentro de la Agenda 2030 han sido agrupados considerando su gestión e impacto directamente hacia las personas, planeta, prosperidad, paz y alianzas.

El Salvador asumió este compromiso con el desarrollo sostenible, habiendo definido una hoja de ruta para la implementación de la Agenda Nacional de Desarrollo Sustentable que contempla cinco fases: i) socialización, ii) construcción de la Agenda Nacional de Desarrollo sustentable, iii) implementación, iv) monitoreo y seguimiento; y v) representación a escala global (Figura 5). Se han establecido los mecanismos y arreglos institucionales para la implementación, contado con una coordinación nacional tanto estratégica como operativa del gobierno que interactúa con actores tales como sociedad civil, sector privado, academia, entre otros.



Figura 5. Hoja de ruta para la implementación de la Agenda 2030 en El Salvador
Fuente: Secretaría Técnica y Planificación de la Presidencia y Ministerio de Relaciones Exteriores

En cumplimiento de las etapas de la hoja de ruta, se han realizado acciones de socialización del contenido de la Agenda 2030, sus implicaciones y retos en diferentes espacios de la vida nacional, se ha construido, tanto el marco de indicadores (globales y nacionales), como de medidas de política pública que contribuyen a los objetivos priorizados en la agenda nacional.

A los efectos de realizar el monitoreo y seguimiento, el gobierno ha diseñado y se está implementando una plataforma informática que facilitará la medición y reporte de los avances gubernamentales y del resto de sectores involucrados respecto a los 17 objetivos, sus metas e indicadores; incluyendo también el reporte de los avances de las políticas públicas y privadas vinculadas a estos; a fin de contar con resultados que faciliten el análisis integrado y propicien tanto acuerdos como la gestión de recursos necesarios para la continuidad del desarrollo del país.

Para cumplir con estos objetivos, los países demandan realizar importantes esfuerzos y fortalecer sus capacidades a fin de implementar las acciones establecidas y alcanzar las metas fijadas. La meta trazada por los Objetivos de Desarrollo Sostenible ha despertado expectativas positivas con relación a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, en la medida en que, a pesar de las dificultades de implementación, ha mostrado también el potencial de

la cooperación internacional para el cumplimiento de la Agenda 2030. En este marco de expectativas positivas, el 2015 cerró con el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático, un tema que será referido en el siguiente apartado. La Figura 6 presenta las principales convenciones internacionales sobre medio ambiente y desarrollo que hasta mediados del 2017 determinaban la agenda global.

Acuerdo de París

Este importante acuerdo fue alcanzado por la ONU en diciembre de 2015, durante la vigésimo primera Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21). Este histórico pacto fue el resultado del acuerdo alcanzado por 195 países que reconocieron por primera vez en la historia la gravedad del fenómeno del cambio climático, comprometiéndose a tomar diversas medidas para mantener el incremento de la temperatura del planeta por debajo de los 2 °C. Este compromiso se apoya en los resultados de diversos estudios técnicos que indican que, de mantenerse la actual trayectoria de las emisiones de gases que producen el efecto invernadero, el aumento de las temperaturas podría alcanzar los 4 °C para final de siglo, lo cual sería catastrófico para la humanidad y el planeta.

En el acuerdo logrado en París, todas las partes se comprometieron a tomar las medidas oportunas para reducir las emisiones de gases que producen el efecto invernadero, desde las naciones en desarrollo hasta las ya desarrolladas. Este compromiso no tiene precedente alguno, puesto que, además de las obligaciones asumidas por los países desarrollados, se adoptó un marco de mayor flexibilidad para que los países en desarrollo asuman estrategias de mitigación frente al cambio climático. Así, por ejemplo, el artículo 4 del Acuerdo de París establece que los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo podrán preparar y comunicar estrategias, planes y medidas para un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero que reflejen sus circunstancias especiales.

El cambio climático y los esfuerzos para limitar las emisiones de CO2 constituyen una agenda que avanza lentamente, pero que gradualmente impactará la dinámica económica mundial. El estudio de Naciones Unidas sobre las perspectivas económicas del 2016 identifica una tendencia aún incipiente pero relevante de desvinculación entre la dinámica de crecimiento económico mundial y la emisión de carbono a escala global (UN DESA, 2016). Se estima que las emisiones globales de CO2 no experimentaron crecimiento en el año 2014, por primera vez en 20 años. Este es un indicador de que políticas apropiadas de inversión en fuentes de energía bajas en carbono¹¹ pueden derivar en apoyo a las metas de reducción de emisiones establecidas en los acuerdos mundiales de cambio climático, sin que ello suponga necesariamente un impacto sobre la dinámica de crecimiento económico.

Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)

La diversidad biológica es uno de los pilares del desarrollo y de los países en desarrollo. Sin concentraciones saludables de diversidad biológica, nuestros medios de vida, los servicios de los ecosistemas, los hábitats naturales y la seguridad alimentaria pueden verse seriamente comprometidos.

¹¹ Las fuentes de energía bajas en carbono suponen más del 50 % del consumo de nuevas energías a escala mundial (UN DESA, 2016).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) es un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible. Los componentes de la diversidad biológica son todas las formas de vida que hay en la Tierra, incluidos ecosistemas, animales, plantas, hongos, microorganismos y diversidad genética.

Durante los primeros años del Decenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (2011-2020), las partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica realizaron grandes avances para hacer frente a las pérdidas en biodiversidad. En 2010, en Nagoya, Japón, la comunidad internacional adoptó el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las 20 Metas de Aichi. El objetivo de estas es, en última instancia, hacer realidad para 2050 la visión de un mundo sin pérdida de diversidad biológica ni degradación de los ecosistemas.

El CDB tiene dos protocolos adicionales: el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología y el Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios derivados de su utilización. El primero es un acuerdo internacional que busca asegurar la manipulación, el transporte y el uso seguro de los organismos vivos modificados, considerando al mismo tiempo los posibles riesgos para la salud humana. Fue adoptado el 29 de enero de 2000 y entró en vigencia el 11 de septiembre de 2003. El Protocolo de Nagoya se adoptó el 29 de octubre de 2010 y entró en vigencia el 12 de octubre de 2014. Con este protocolo se intenta reforzar el cumplimiento de las normas nacionales de acceso de los países proveedores de recursos genéticos mediante la exigencia de medidas de cumplimiento y seguimiento en los terceros países donde se utilicen dichos recursos.

Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (UNCCD)

Este es un acuerdo internacional que entró en vigencia en 1996 para promover una respuesta global ante la desertificación. Ha evolucionado aplicando un enfoque integrado consistente con la Agenda 21 al tiempo que fomenta la participación de la sociedad civil y la transferencia de ciencia y tecnología y su combinación eficaz con el conocimiento tradicional. La convención es un acuerdo entre países en vías de desarrollo y países desarrollados para asegurar la acción global para combatir la desertificación; también incluye compromisos nacionales específicos para acciones concretas.

El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030

El Marco de Sendai se adoptó en la tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas, celebrada del 14 al 18 de marzo de 2015 en Sendai, Miyagi (Japón). El Marco de Sendai es el instrumento sucesor del Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres.

El Marco de Sendai persigue el siguiente resultado: la reducción sustancial del riesgo de desastres y de las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto en vidas, medios de subsistencia y salud como en bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales de las personas, las empresas, las comunidades y los países. Para alcanzar ese resultado, se tiene como objetivo central: prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducir los existentes, implementando medidas integradas e inclusivas de índole económica, estructural, jurídica, social, sanitaria, cultural, educativa, ambiental, tecnológica, política e institucional que prevengan y reduzcan el grado de exposición a las amenazas y la vulnerabilidad a los desastres, aumenten la preparación para la respuesta y la recuperación y refuercen de ese modo la resiliencia.

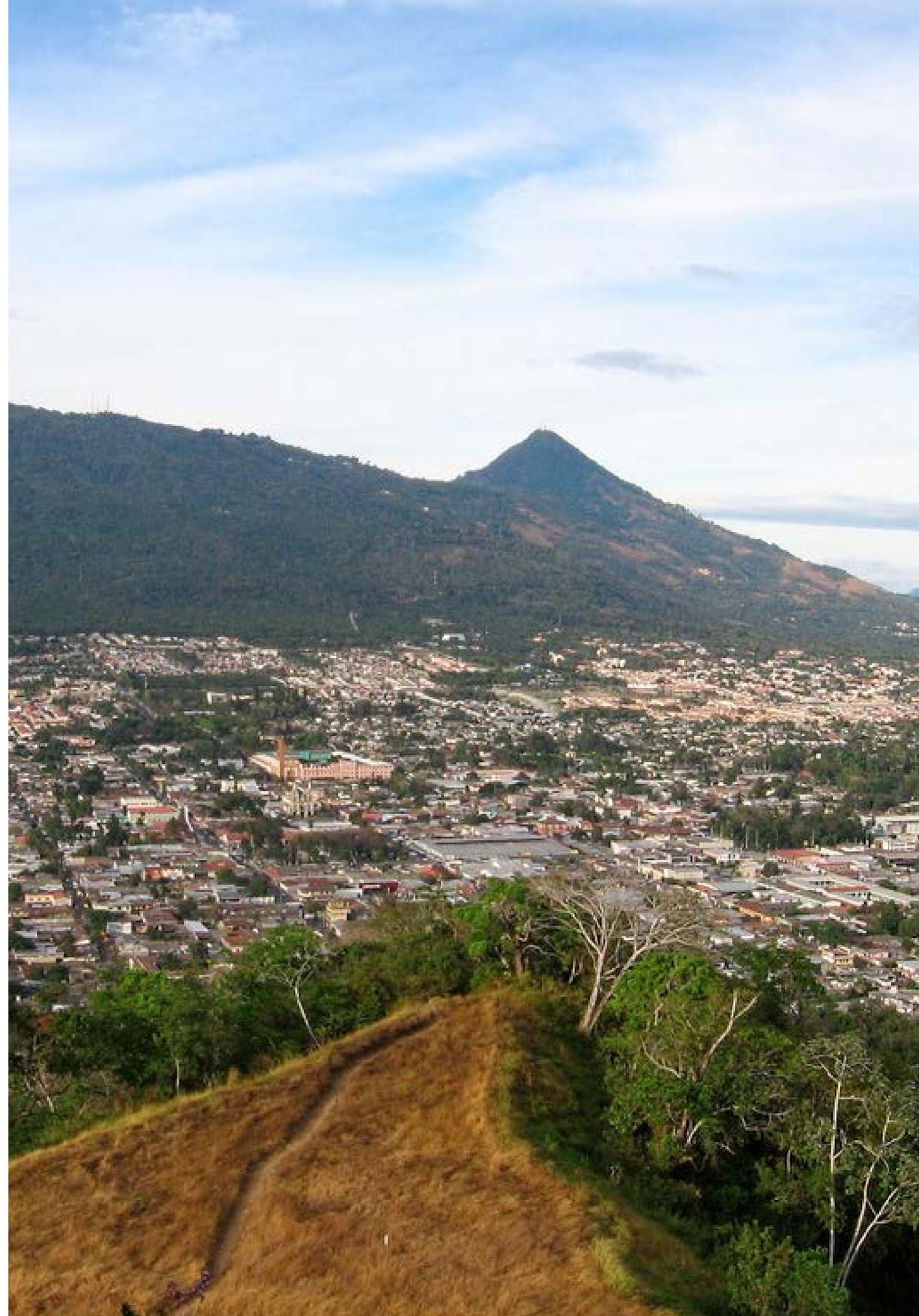
Teniendo en cuenta la experiencia adquirida con la aplicación del Marco de Acción de Hyogo, y en aras del resultado esperado y del objetivo central, los Estados deben adoptar medidas específicas en todos los sectores, en los planos local, nacional, regional y mundial, para la gestión del riesgo de desastres. El Marco de Sendai amplía la noción de riesgo de desastres para centrarse tanto en las amenazas naturales como de origen humano, así como en las amenazas y los riesgos ambientales, tecnológicos y biológicos conexos. Se ha encargado a la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR) que ayude a la implementación, el seguimiento y la revisión del Marco de Sendai.

Figura 6. Convenciones internacionales sobre medio ambiente y desarrollo

En conjunto, la institucionalidad ambiental que ha surgido como resultado de todas estas convenciones ambientales e iniciativas globales, determina en gran medida las prioridades estratégicas a escala mundial, regional y nacional, al tiempo que abre un espacio de cooperación internacional importante para apoyar las iniciativas de mitigación y adaptación que los países más vulnerables frente al cambio climático necesitan impulsar para amortiguar su impacto, como claramente es el caso de El Salvador. Sin embargo, con el abandono de Estados Unidos del Acuerdo de París, el segundo país más contaminante del planeta, algunas cosas cambian, entre ellas, por ejemplo, que no se alcanzarán los objetivos en cuanto al recorte de emisiones. En el terreno diplomático, Washington ya no podrá acudir a ninguna de las reuniones del grupo de París ni emplear su liderazgo en la lucha contra el calentamiento global, lo que se traducirá, según opinión de varios expertos consultados por Associated Press, en que cada año podría haber hasta 3.000 millones de toneladas más de dióxido de carbono en la atmósfera. Incluso si todos los países del Acuerdo de París cumplieran con su compromiso excepto EE. UU., la Tierra podría calentarse 0.3 grados Celsius más a finales de siglo, solo por la renuencia de los Estados Unidos a reducir sus emisiones. (El País, 2 de junio de 2017)

2

Entorno nacional socioeconómico



2.1. Circunstancias socioeconómicas y ambientales en el contexto del cambio climático

2.1.1. Dinámica demográfica

El Salvador es un país pequeño, muy poblado y con la mayor densidad demográfica en el continente. El modelo de crecimiento económico que se articuló en la segunda mitad del Siglo XIX en torno a la producción del añil y luego del café, sobre la base de la expropiación de las tierras ejidales y la constitución del binomio latifundio-minifundio, dio paso a una estructura de tenencia de la tierra notablemente concentrada y a un orden social inequitativo y excluyente. A la vez se impulsó un proceso depredador del medio ambiente e indujo una dinámica de migración masiva al exterior sin precedentes en la historia latinoamericana. Esta dinámica migratoria se profundizó durante el conflicto bélico de los años 80 y se aceleró aún más, contra lo que muchos esperaban, tras la firma de los Acuerdos de Paz en 1992. Como resultado acumulativo, en la actualidad más de la tercera parte de la población salvadoreña vive fuera de El Salvador, lo que constituye en términos relativos una de las diásporas más importantes del mundo¹².

Para 2016, la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM) reportaba una población total de 6,522,419 habitantes a escala nacional, sobre una extensión territorial de 21,041 kilómetros cuadrados. Del total de población, 4,026,826 personas (61.7 %) residían en el área urbana y 2,495,593 (38.3 %) en la rural. En el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) habitaban 1,773,557 personas (27.2 % del total de la población del país y 44.0 % de la población urbana) (Figura 7). En términos de la desagregación por género, la población se dividía en 3,085,221 hombres (47.3 %) y 3,437,198 mujeres (52.7 %). La densidad demográfica superaba los 300 hab./km² a escala nacional, alcanzando más de 2000 hab./km² en el departamento de San Salvador y sobrepasando los 6,000 hab./km² en Mejicanos, 9000 hab./km² en Soyapango y 13,000 hab./km² en Cuscatancingo, todos municipios del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)¹³.

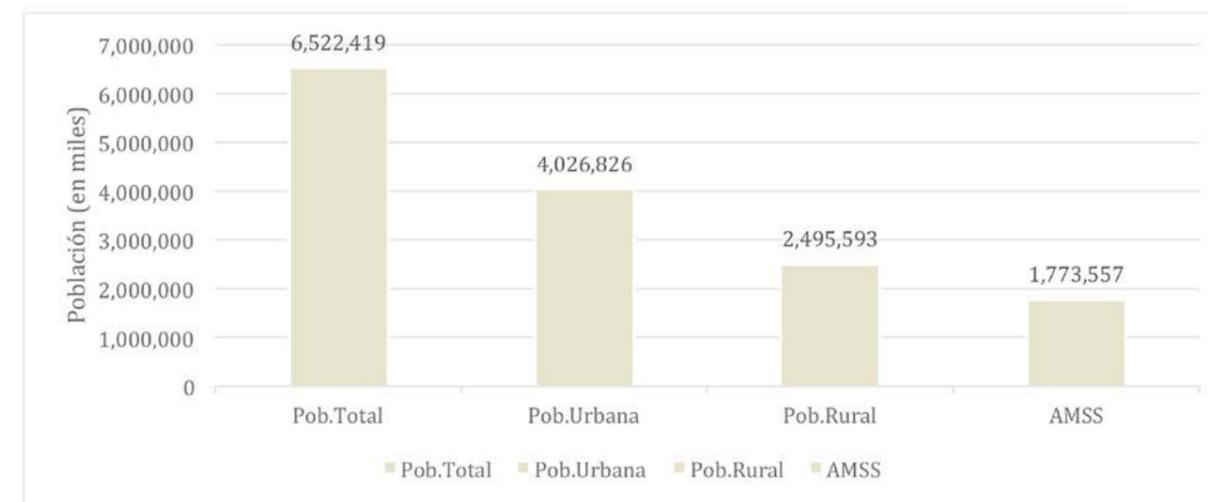


Figura 7. El Salvador: población según la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM), 2016. Fuente: elaboración propia con base en las Tablas 1 y 2

El 63.7 % de la población se concentra en cinco departamentos, siendo estos San Salvador, La Libertad, Sonsonate, Santa Ana y San Miguel; mientras que, Cabañas, San Vicente, Morazán y Chalatenango son los menos poblados ya que en conjunto concentran el 11.5 % de la población del país. Los departamentos con mayor densidad poblacional son San Salvador, La Libertad, Sonsonate y Cuscatlán, mientras que La Unión y Chalatenango son los departamentos que tienen menor población por kilómetro cuadrado¹⁴.

Los datos de la EHPM 2016 muestran un crecimiento poblacional de poco más de 450 mil personas a escala nacional entre 2005 y 2016, correspondiente a una tasa promedio de crecimiento demográfico de 0.7 % por año. La Libertad, Cuscatlán y La Paz fueron los departamentos que registraron las tasas más altas de crecimiento poblacional en ese período (Tabla 1). En el mismo lapso, la población del AMSS habría aumentado poco más de 100,000 personas, equivalente a una tasa promedio de crecimiento demográfico de 0.7 % anual. Los municipios que registraron las tasas más altas de crecimiento poblacional en el AMSS fueron Tonacatepeque, San Martín y Ayutuxtepeque (Tabla 2).

¹² Se estima que 3 de cada 100 habitantes del planeta viven en un país diferente de donde nacieron.

¹³ Como punto de referencia, considérese que la densidad demográfica de Hong Kong es de 6,958 hab./km² y la de Singapur, 7,807 hab./km², según datos de los World Development Indicators (WDI).

¹⁴ Es importante dejar claro antes de seguir, que si en el año 2002 el Plan Nacional de Ordenamiento Territorial (PNODT), estimaba que para el año 2015 la población total del país alcanzaría entre 9 y 9.5 millones de habitantes (MARN-VMVDU, 2004), esto es, una sobreestimación de entre 2.5 y 3 millones con respecto a los datos de población reportados por la EHPM para el mismo año. Tal diferencia se explica porque las proyecciones asumían, erróneamente, una tasa constante de crecimiento poblacional equivalente al 2.2 % anual, esto sobre la base del Censo Nacional de Población de 1992. De tal manera que sus proyecciones anticipaban una población de casi 7 millones de personas para 2006, cuando el Censo Nacional de Población de 2007 registró una población total de 5.7 millones de personas, revelando que las proyecciones que se manejaban padecían de una sobreestimación de más de 1.2 millones de personas (más de 20 %) con respecto a los nuevos datos que dicho Censo arrojó. En contraste, las estimaciones y proyecciones de la población nacional para 2005-2050, publicadas por MINEC (2014a) con apoyo de CEPAL y UNFPA, asumen tasas de crecimiento poblacional consistentes con el Censo de 2007, aunque no presentan datos de población corregidos anteriores a 2005. Un vacío que ha podido ser subsanado con los datos de población de El Salvador durante el período 1960-2015 incluidos en la base de datos de los World Development Indicators (WDI) del Banco Mundial, los cuales corrigen, mediante retroproyección, el problema de sobreestimación señalado. Esta serie muestra claramente que la tasa de crecimiento poblacional en el país se ha venido desacelerando en el tiempo, desde un promedio de casi 3 % anual en la década de los 1960 a solo 0.3 % por año en lo que va de la última década). Esta moderación del crecimiento poblacional en el país es consistente con las proyecciones demográficas revisadas por MINEC (2014a) para 2005-2050.

Tabla 1
Población y densidad demográfica según departamento, 2005 y 2016

Departamento	Población		Variación % 2005-2016	Extensión en kms ²	Habitantes por km ²	
	2005	2016			2005	2016
Total	6,049,408	6,520,675	7.8%	21,040.79	288	310
San Salvador	1,675,543	1,775,404	6.0%	886.15	1891	2004
La Libertad	695,628	794,359	14.2%	1,652.88	421	481
Sonsonate	459,167	501,780	9.3%	1,225.77	375	409
Cuscatlán	232,764	262,963	13.0%	756.19	308	348
La Paz	319,034	358,267	12.3%	1,223.61	261	293
Ahuachapán	324,244	359,418	10.8%	1,239.60	262	290
Santa Ana	558,200	584,869	4.8%	2,023.17	276	289
San Miguel	461,542	494,610	7.2%	2,077.10	222	238
Usulután	352,244	371,257	5.4%	2,130.44	165	174
San Vicente	168,983	182,157	7.8%	1,184.02	143	154
Cabañas	156,204	165,535	6.0%	1,103.51	142	150
Morazán	186,301	201,374	8.1%	1,447.43	129	139
La Unión	259,004	265,567	2.5%	2,074.34	125	128
Chalatenango	200,550	203,115	1.3%	2,016.58	99	101

Fuente: MARN

Tabla 2
Población y densidad demográfica, según municipio del AMSS, 2005 y 2016

Municipio	Población		Variación % 2005-2016	Extensión en kms ²	Habitantes por km ²	
	2005	2016			2005	2016
Total	1,673,579	1,778,467	6.3%	610.84	2740	2912
Cuscatancingo	69,670	81,840	17.5%	5.40	12902	15156
Soyapango	253,578	281,996	11.2%	29.72	8532	9488
Mejicanos	152,664	145,821	-4.5%	22.12	6902	6592
San Salvador	362,701	247,959	-31.6%	72.25	5020	3432
San Marcos	67,451	72,227	7.1%	14.71	4585	4910
Ayutuxtepeque	35,723	46,673	30.7%	8.41	4248	5550
Ciudad Delgado	129,853	128,263	-1.2%	33.40	3888	3840
Ilopango	107,714	133,215	23.7%	34.63	3110	3847
Apopa	133,751	180,500	35.0%	51.84	2580	3482
Antiguo Cuscatlán	34,791	44,170	27.0%	19.41	1792	2276
Tonacatepeque	89,975	144,155	60.2%	67.55	1332	2134
San Martín	74,415	100,408	34.9%	55.84	1333	1798
Santa Tecla	129,747	138,130	6.5%	112.20	1156	1231
Nejapa	31,546	33,110	5.0%	83.36	378	397

Fuente: MARN

Según la base de datos de los Indicadores de Desarrollo Mundial (WDI por sus siglas en inglés), la población de El Salvador habría crecido durante 2005-2015 a una tasa promedio de apenas 0.3 % anual, similar a la tasa promedio de crecimiento demográfico de la Unión Europea durante el mismo período, e inferior al promedio de los países de ingreso alto (0.7 %) ¹⁵. En el continente americano, El Salvador sería junto con Uruguay (0.3 %) el país con la menor tasa de crecimiento demográfico, después de Cuba (0.1 %) ¹⁶. Considerando que El Salvador registra tasas de fecundidad y de natalidad sensiblemente más altas que las de esos otros países, la clave principal que explica el bajo crecimiento demográfico en el país estriba en las altas tasas netas negativas de migración internacional (Figura 8).

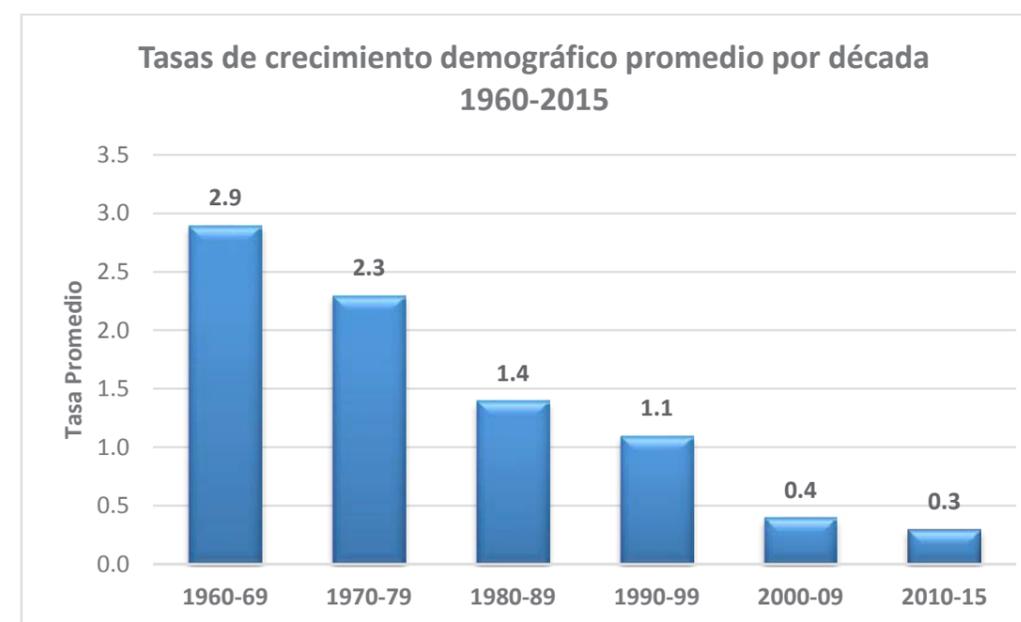


Figura 8. El Salvador: tasas de crecimiento demográfico promedio por década, 1960-2015
Fuente: World Development Indicators, World Bank.

En el contexto de un espacio territorial limitado y de una frontera agrícola que ha alcanzado su límite inmanente, el lento ritmo de crecimiento poblacional se ha traducido en presiones desproporcionadas sobre los sistemas naturales e infraestructurales del país, con lo cual el territorio se ha ido convirtiendo en un recurso crecientemente escaso y frágil que, presenta múltiples evidencias de progresiva degradación ambiental y funcional con una estructura socioterritorial desequilibrada y sometida a fuertes presiones de transformación debido, sobre todo, a los intensos procesos migratorios y los irrefrenables cambios en los usos del suelo (MARN-VMVDU, 2004).

¹⁵ El Salvador tendría una tasa de crecimiento poblacional inferior a la de países como Finlandia (0.4 %), Dinamarca (0.4 %), Austria (0.5 %), Italia (0.5 %), Francia (0.6 %), Hong Kong (0.7 %), España (0.7 %), Bélgica (0.7 %), el Reino Unido (0.7 %) y Suecia (0.8 %).

¹⁶ Todas estas son tasas promedio para el período 2005-2015 según la base de datos de los WDI.

Considerando que desde finales de los 70 la planificación del desarrollo urbano y territorial perdió relevancia dentro de la planificación nacional, y que durante los 90 la noción misma de planificación fuera abandonada en aras de una visión profundamente ideologizada del mercado como mecanismo de organización socioeconómica; el país no contó, por varias décadas, con un marco institucional efectivo de ordenamiento territorial. Tal situación se tradujo en un marcado desorden en las formas de ocupación del territorio para fines económicos, habitacionales y sociales, que llevó a un uso irracional del suelo y de otros recursos naturales, profundizando el deterioro ambiental y la vulnerabilidad frente a las amenazas naturales, con graves consecuencias en términos de “la degradación de zonas estratégicas en las cuencas y de ecosistemas clave como manglares y humedales; el deterioro y mal uso de los recursos hídricos; la agudización de las vulnerabilidades ambientales y los riesgos de desastre debido al incremento de asentamientos humanos ubicados en zonas de alto riesgo; la reducción y mal uso del suelo agrícola; la urbanización e impermeabilización creciente en las partes altas de las cuencas y sus consecuencias socioambientales aguas abajo por la escorrentía, deslizamientos e inundaciones; etc.” (MARN, 2012a).

2.1.2. Desaceleración del crecimiento y distorsiones estructurales de la economía salvadoreña

Como se ha señalado más arriba, el modelo económico que ha prevalecido históricamente en El Salvador ha sido un modelo socialmente excluyente y depredador del medio ambiente. Los orígenes de ese modelo se remontan a la segunda mitad del Siglo XIX, cuando el cultivo del añil y posteriormente del café, sobre la base de una expropiación masiva de tierras comunales y un proceso concomitante de extrema concentración de la tenencia de la tierra, dieron paso a la economía de agroexportación que configuró la dinámica social y productiva del país hasta la década de los 80.

El aumento sostenido del precio del café internacionalmente fue un factor crucial que incentivó la abolición de las tierras comunales y la concentración de la tierra en grandes latifundios hacia finales del Siglo XIX y principios del Siglo XX. La Gran Depresión de la década de 1930 infligió un duro golpe a las familias campesinas de El Salvador a través de su impacto sobre los salarios y los niveles de empleo. En las décadas subsiguientes, el proceso de concentración de la tierra se extendió hacia las tierras bajas costeras, debido al aumento en los precios de la caña de azúcar y del algodón en las décadas de 1940 y 1950, y la expansión de la ganadería extensiva en los 60 y 70. Este proceso de concentración de la tierra se hizo sobre el despojo de los pequeños agricultores, quienes se vieron forzados a diversificar sus estrategias de supervivencia a través de acuerdos de arrendamiento de parcelas y aparcería y/o trabajando como peones en las grandes haciendas. Otras familias emigraron a regiones fronterizas del país en busca de nuevas tierras para cultivar o se sumaron a la dinámica migratoria hacia las zonas urbanas o al exterior.

Un rasgo inherente a la consolidación de este modelo ha sido la explotación de los recursos naturales sin ningún criterio de sustentabilidad. Por ejemplo, ganadería extensiva a base de talar los bosques, desarrollo del cultivo de caña en zonas de manglares, entre otros; que, a la vez, ha depauperado a amplios segmentos de la población, sobre todo rural, obligándolos a subsistir mediante prácticas agrícolas que refuerzan el deterioro ambiental (agricultura de laderas, uso de leña como medio de cocción, etc). Este modelo socioeconómico no solo ha generado profundas inequidades sociales y expoliado el medio ambiente, sino que ni siquiera ha sido capaz de alcanzar tasas de crecimiento económico sostenidas en el largo plazo.

Desde que se tiene información disponible sobre el nivel de actividad económica medida por el PIB (1950 aproximadamente), la economía salvadoreña nunca ha logrado tasas de crecimiento más allá del 7 % como promedio quinquenal (Figura 9). Tras finalizar la década del conflicto bélico de los 80, El Salvador experimentó un repunte relativo durante la primera mitad de los 90, pero entró luego a una larga fase de desaceleración en el marco de las repercusiones del “Efecto Tequila”¹⁷. Durante las dos décadas transcurridas desde 1995, la economía salvadoreña ha crecido en promedio 2.2 % anual, un ritmo inferior al crecimiento de Centroamérica (3.9 %), de América Latina (2.9 %), los países de ingreso medio-bajo (5.4 %) y de la economía mundial (3 %). Ese magro desempeño económico se agudizó a partir de la dolarización en 2001 y se ha profundizado aún más debido al impacto y las secuelas de la “Gran Recesión” global de 2009. El Salvador fue el país centroamericano más golpeado por la crisis global y también el país al que le ha sido más difícil la recuperación en el período subsiguiente.

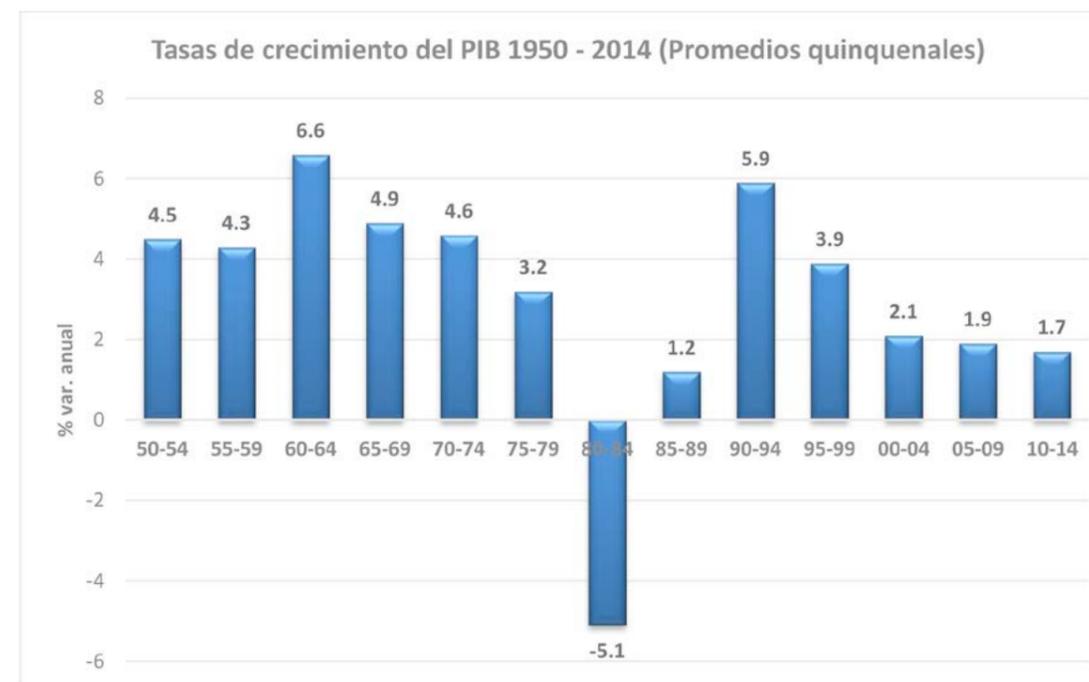


Figura 9. Tasas de crecimiento del PIB durante 1950-2014 (promedios quinquenales)
Fuente: MARN con base en datos del BCR.

Un determinante inmediato del crecimiento económico es la tasa de inversión. El déficit de inversión, tanto pública como privada, constituye otro problema de larga data en El Salvador. Por varias décadas, las tasas de inversión doméstica se han mantenido por debajo de los promedios regionales, tanto de Centroamérica como de América Latina. Con excepción del año 1995, la inversión doméstica nunca ha alcanzado el 20 % del PIB y ha promediado menos del 15 % en los últimos 10 años (Figura 10).

¹⁷ El “efecto tequila” es el nombre con el que se identifican las repercusiones de la crisis económica iniciada en México hacia el año de 1994 y cuyas secuelas se extendieron rápidamente en la región latinoamericana

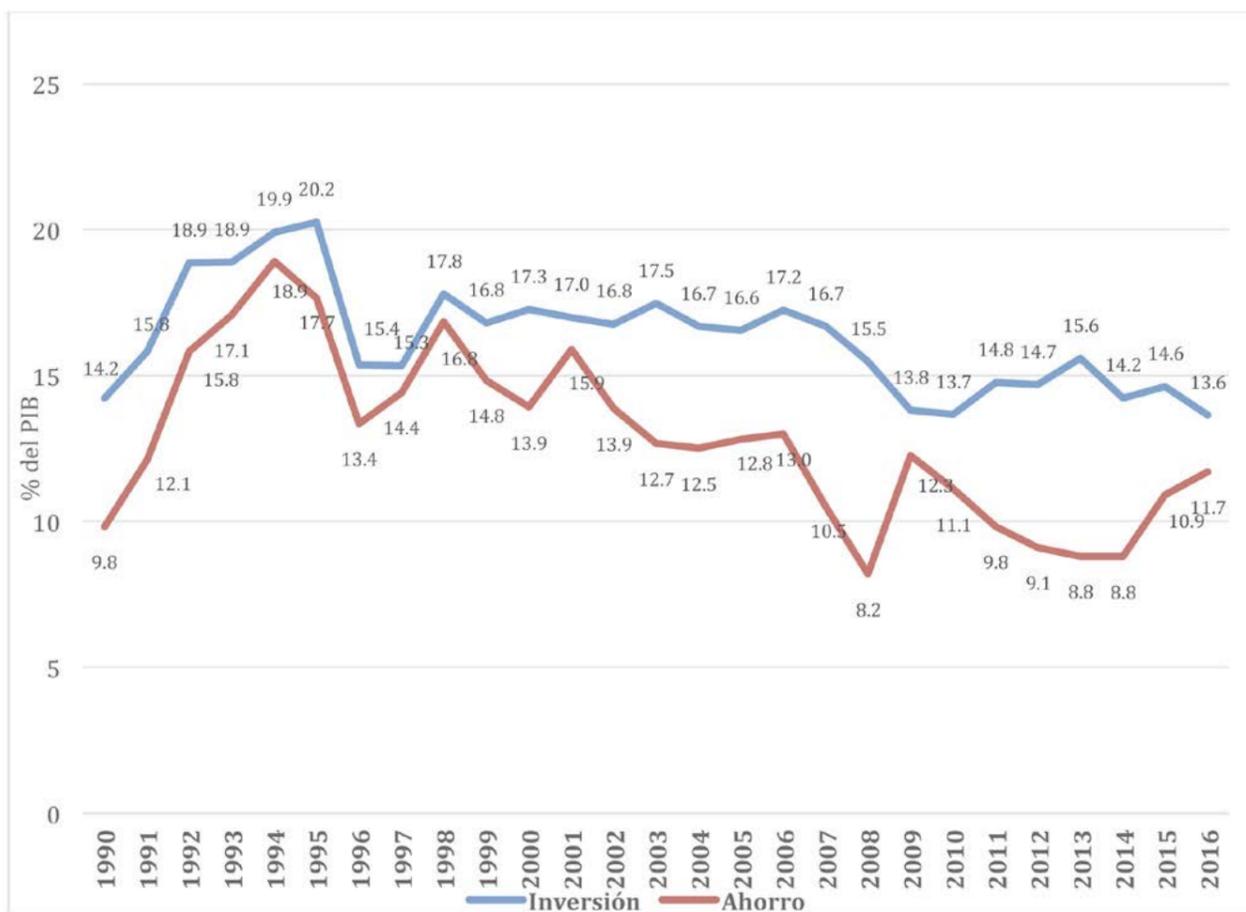


Figura 10. Tasas de ahorro e inversión (% del PIB), 1990-2016
Fuente: MARN con base en datos del BCR

En contraste, la evidencia empírica muestra que los países que han experimentado altas y sostenidas tasas de crecimiento invierten no menos del 25 % del PIB en promedio. La evidencia internacional también demuestra que las tasas agregadas de inversión están al menos parcialmente restringidas por las tasas nacionales de ahorro. En El Salvador, en los últimos 25, la tasa de ahorro ha sido inferior al de inversión, y desde fines de los 90 presenta una clara tendencia a la baja, lo cual constituye un síntoma de la grave distorsión estructural que aqueja a la economía salvadoreña desde por lo menos la primera mitad de los 90, pero que se ha ido agudizando al unísono de la pérdida de competitividad del aparato productivo.

La apertura comercial unilateral que se impulsó a inicios de los 90, sobre la base de un programa de desgravación arancelaria indiscriminado, indujo un rápido proceso de desindustrialización al que siguió el dismantelamiento de las instancias de planificación del Estado y el abandono casi total de las políticas públicas de apoyo sectorial. Ello retroalimentó la caída de las tasas de ahorro e inversión y propició la terciarización de la economía,

reforzando el rol del consumo como motor principal de la dinámica económica. Posteriormente, la dolarización y la internacionalización de la banca agudizaron esa distorsión estructural al facilitar el acceso a recursos en los mercados de capitales para alimentar la intermediación financiera doméstica orientada a la provisión de crédito de consumo.

El consumo agregado se ha mantenido desde hace una década por arriba del 100 % del PIB, lo cual tiene la obvia implicación que El Salvador es un país que consume más de lo que produce, y lo coloca entre los quince países con mayor consumo agregado a escala mundial, según la base de datos de los WDI. El consumo privado, principal componente del consumo agregado, ha seguido una trayectoria similar, sobrepasando más del 90 % del PIB en la última década, lo cual coloca a El Salvador entre los diez países con las tasas más altas de consumo privado en el mundo.

Esa dinámica consumista ha ido aparejada a un progresivo ensanchamiento del déficit de la balanza comercial, el cual ha superado los USD 5000 millones en años recientes, equivalente a más del 20 % del PIB (Figura 11), uno de los desequilibrios comerciales más altos en el mundo.

Dentro de la estructura de las importaciones, resalta el peso relativo adquirido por los bienes de consumo importados, que de representar menos del 25 % de las importaciones totales a comienzos de los 90, han alcanzado un peso de casi 40 % en la actualidad en el total de las importaciones.

También es de destacar el crecimiento registrado por las importaciones de petróleo y productos derivados (factura petrolera), cuyo peso relativo aumentó de alrededor del 8 % de las importaciones totales a comienzos de los 90 a más de 18 % en años recientes. En 2012 y 2013, la factura petrolera llegó a casi los USD 2000 millones anuales, y si bien disminuyó a poco más de USD 1000 millones en 2016, continúa siendo uno de los componentes más importantes de las importaciones de bienes de consumo del país. Considerando el aumento de más de 63 % que el parque vehicular ha registrado entre 2005 y 2016, reducir el elevado consumo de derivados del petróleo constituye uno de los principales desafíos que El Salvador debe resolver para transitar hacia un modelo económico bajo en carbono y cumplir sus compromisos internacionales en materia de reducción de GEI.

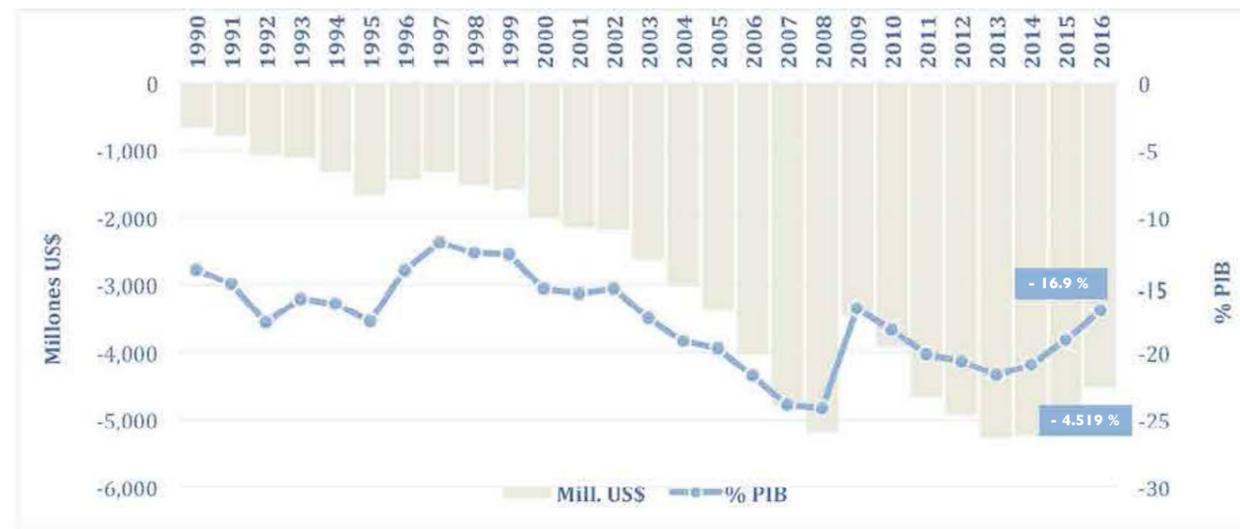


Figura 11. Déficit de la balanza comercial (Millones de dólares y % del PIB), 1990-2016
Fuente: MARN con base en datos del BCR.

Un componente de la balanza comercial que refleja una fragilidad particularmente preocupante del aparato productivo lo constituye la balanza comercial agrícola. Esta fue superavitaria hasta finales de los 90, gracias a las exportaciones de café, pero tras la entrada en crisis de la caficultura a mediados de esa década, los superávits registrados fueron reduciéndose rápidamente hasta convertirse en déficits a partir de 2001.

La balanza comercial agrícola, excluyendo el café, ha sido deficitaria desde por lo menos inicios de los 90. En cualquier caso, la trayectoria del comercio exterior agrícola del país, tanto incluyendo como excluyendo café, muestra una tendencia hacia déficits cada vez mayores (Figura 12), lo cual indicaría un aumento de la vulnerabilidad del país en materia de seguridad alimentaria en caso de que las importaciones de alimentos se vieran afectadas por algún shock de oferta. A su vez, dentro de la balanza comercial agrícola, destaca el déficit creciente de la balanza comercial de cereales (Figura 13), como resultado principalmente de importaciones cada vez mayores de maíz.

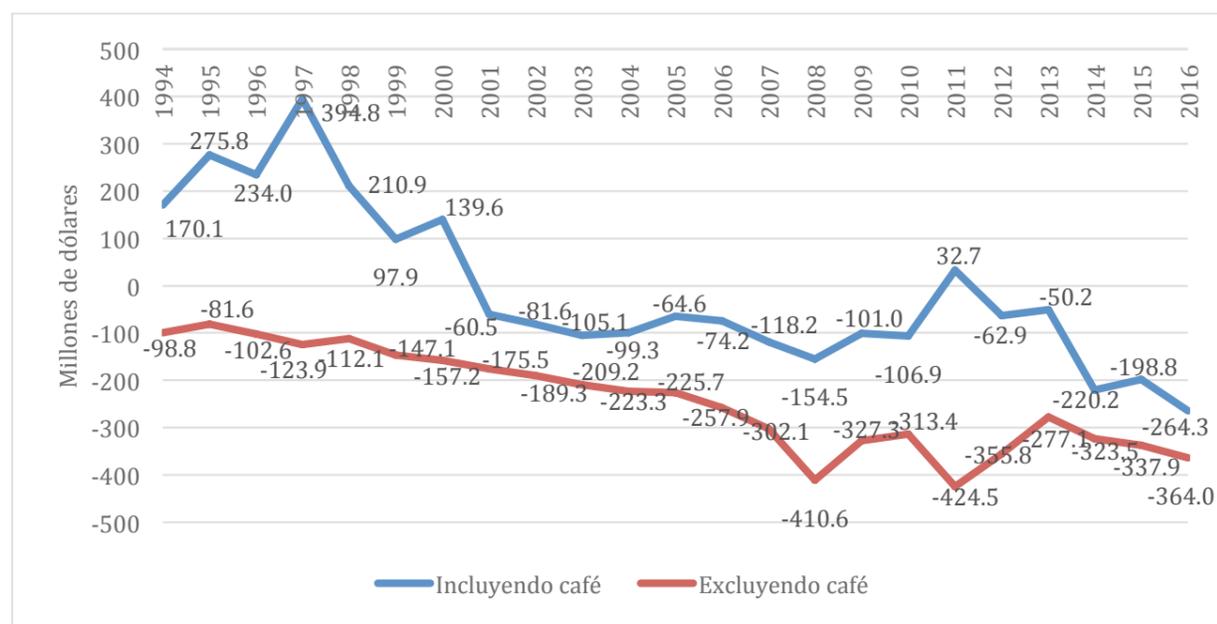


Figura 12. Evolución de la balanza comercial agrícola (millones de dólares), 1994-2016
Fuente: MARN con base en datos del BCR

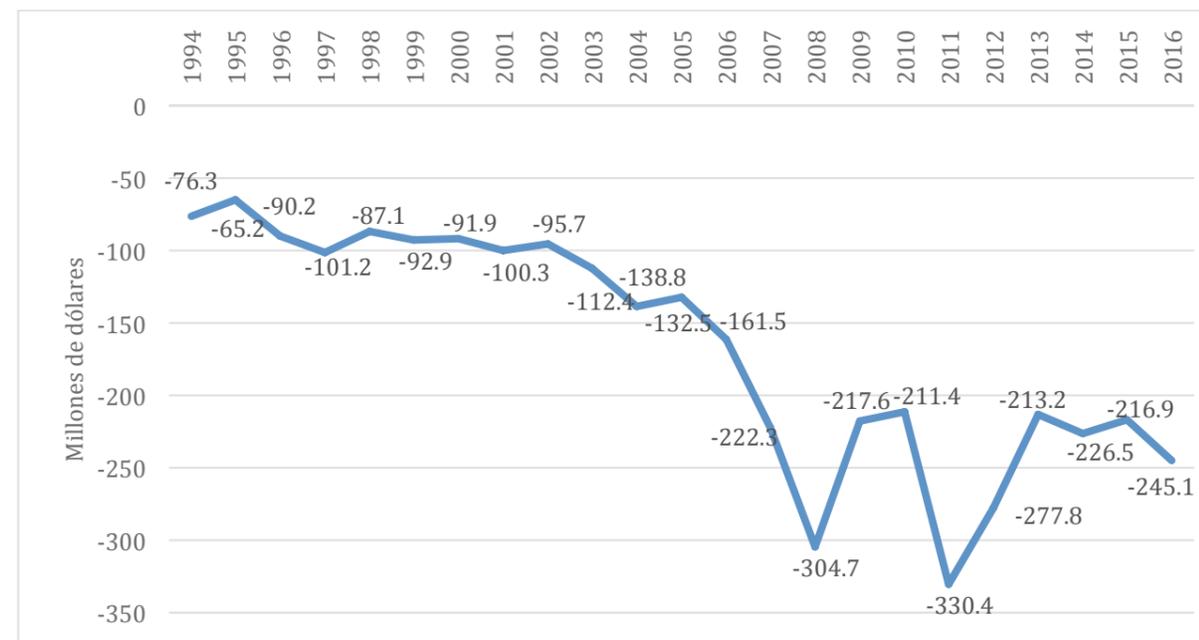


Figura 13. Evolución de la balanza comercial de cereales (Millones de dólares), 1994-2016
Fuente: Banco Central de Reserva (BCR)

En definitiva, el comportamiento de la balanza comercial a nivel agregado, así como de algunos de sus componentes principales (importaciones de bienes de consumo, factura petrolera, balanza comercial agrícola, importaciones de granos básicos, entre otros) confirma las distorsiones estructurales del aparato productivo, en términos de bajo crecimiento y de los graves déficits de inversión y ahorro que subyacen al sesgo consumista y antiproductivo de la economía salvadoreña.

Para lograr mantener sus altos niveles de consumo y financiar la mayor parte de la brecha comercial, el país ha dependido de modo crítico de las remesas familiares. Desde 1990 hasta 2016, El Salvador ha recibido más de USD 65 mil millones en remesas. Desde un ángulo macroeconómico, las remesas han generado un claro efecto de “enfermedad holandesa”¹⁸ sobre la economía salvadoreña y han reforzado un modelo económico que, en lugar de exportar productos, exporta personas, para que, a su vez, los flujos monetarios que estas mismas personas envían de retorno a sus familiares no se inviertan sino que se gasté en la adquisición de bienes de consumo importados.

Sin embargo, se debe dejar sentado el papel benéfico que las remesas han desempeñado como garantes de la precaria estabilidad macroeconómica al país y, sobre todo, para asegurar condiciones mínimas de bienestar social entre amplios segmentos de la población.

¹⁸ Ver Glosario

3

Vulnerabilidad y cambio climático





El Salvador territorio multiamenaza



Figura 14. El Salvador territorio multiamenaza. El país más pequeño y densamente poblado de Centroamérica
Fuente: Contexto de riesgo por fenómenos de origen natural en El Salvador

3.1. La dinámica de la degradación ambiental

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) define la vulnerabilidad como “el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación” (IPCC, 2004). La combinación de factores de vulnerabilidad con los de exposición plantea un desafío fundamental a los esfuerzos de desarrollo. El Salvador ha sido caracterizado como el país más vulnerable del mundo (MARN, 2013a) y ha sido incluido consistentemente entre los países más vulnerables del mundo según el Índice de Riesgo Climático Global elaborado anualmente por la organización German Watch.

El proceso de degradación ambiental creciente al que el país se enfrenta desde hace décadas es el resultado de una doble dinámica, en la que las presiones antrópicas derivadas del modelo económico se ven exacerbadas por los impactos del cambio climático. Complementariamente habrá que advertir, que si bien el cambio climático se acepta por regla general como un fenómeno global, esto implica que se asuma, de acuerdo con el sentido común, como algo desvinculado de las acciones humanas en el ámbito local, sin embargo, según Cook y sus colegas (2013), quienes revisaron alrededor de 12 mil trabajos científicos sobre calentamiento global y sus causa, encontraron que más del 97 % de los estudios coinciden en confirmar la existencia del cambio climático y su origen antropogénico.

De acuerdo con (CEPAL,2012b), las presiones antrópicas que inciden sobre el deterioro ambiental y la pérdida de biodiversidad, aun sin cambio climático, probablemente se intensificarán hasta que la población se estabilice alrededor de 2070 y hasta transitar a una economía más eficiente en el uso de los recursos naturales y menos contaminantes. Entre esas presiones destacan la deforestación, la contaminación de agua y suelo y la sobreexplotación de especies silvestres. La deforestación y la degradación del suelo están asociadas a la extensión de la agricultura, la explotación de madera, la construcción de caminos, los asentamientos humanos, la ganadería, la explotación de leña y el turismo. En este contexto, el cambio climático emerge como un gran riesgo adicional al incrementar la temperatura y modificar los patrones de precipitación, aumentando la destructividad de huracanes y tormentas tropicales. Cambios que, en el caso del subcontinente latinoamericano, se relacionan directamente con el incremento en la intensidad de los episodios de El Niño Oscilación del Sur (ENOS).

Así las cosas, las vulnerabilidades socioeconómicas del país ante el cambio climático se han visto exacerbadas por su ubicación geoclimática en una región recurrentemente afectada por sequías, huracanes y el fenómeno ENOS. El 88.7 % del territorio nacional se considera zona de riesgo debido a su ubicación geográfica y condiciones geológicas, con alta propensión a movimientos sísmicos, deslizamientos y movimientos de ladera, inundaciones y actividad volcánica; mientras que el 95.4 % de la población se encuentra bajo condiciones de riesgo, situación favorecida por la elevada densidad de población, la pobreza, la precariedad en la urbanización, la deforestación, el bajo nivel de conciencia sobre los riesgos entre la población y la falta de información técnica para mejorar la gestión de los riesgos (UNDAC, 2010) [Figura 14 y 15]. Según el Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica (IVS) y el Índice Municipal de Riesgo Manifiesto (IRM), 115 de los 262 municipios del país se encuentran en situación de vulnerabilidad media, alta y extrema. En esos municipios habita el 63.3 % de la población del país; el 9.2 % de ella se encuentra en situación de vulnerabilidad socioeconómica extrema, concentrada principalmente en los departamentos de San Vicente y San Miguel (MARN, 2015c).

Índice de Riesgo Climático Global 1997 - 2016
Germanwatch y Munich Re NatCatSERVICE

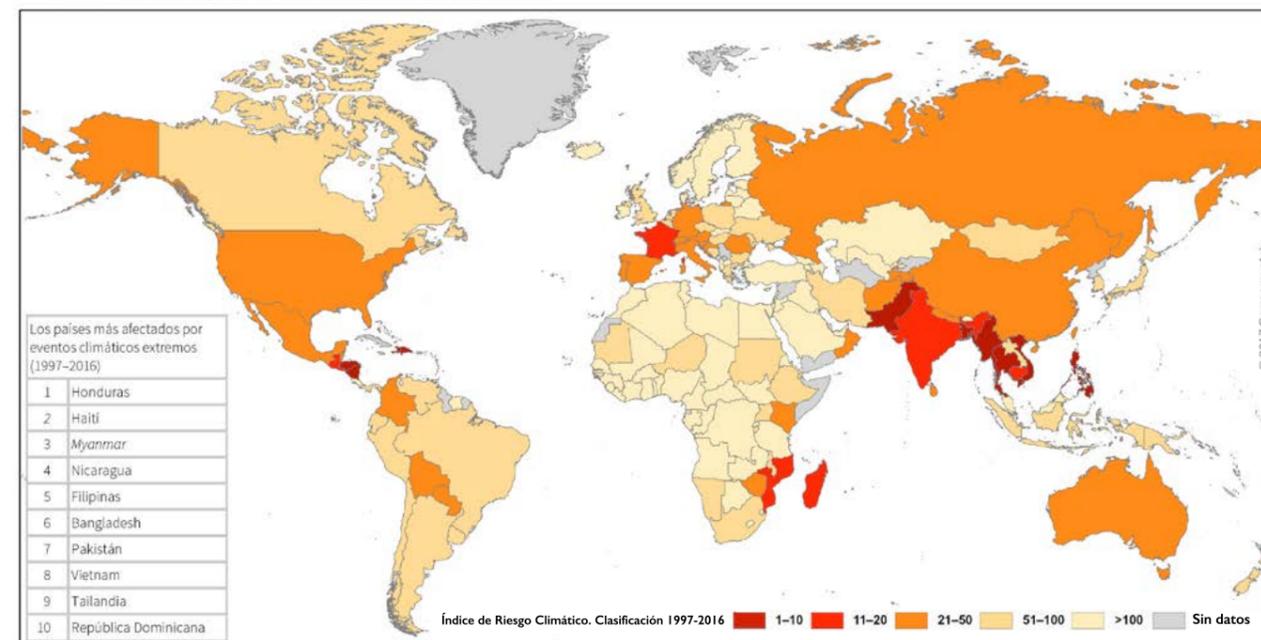


Figura 15. Índice de Riesgo Climático Global 1997 - 2016
Fuente: Germanwatch y Munich Re NatCatSERVICE 2018



El cambio climático está magnificando esas vulnerabilidades e incidirá cada vez más en el desempeño económico del país dado que los factores dependientes del clima son decisivos para las actividades productivas como la agricultura, la ganadería, la pesca, el turismo y la generación hidroeléctrica, entre otras. Aun cuando El Salvador emite una fracción casi desdeñable de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) del planeta, ya que solo aporta el 0.04 % de las emisiones globales (MARN, 2013a), es uno de los países más expuestos a las consecuencias del cambio climático, al igual que el resto de Centroamérica.

En las últimas seis décadas, la temperatura promedio anual en el país se incrementó en más de 1.3 grados Celsius, al tiempo que el nivel del mar aumentó casi ocho centímetros. Además de la deforestación, la contaminación del agua y el suelo y la sobreexplotación de especies silvestres, el cambio climático emerge como un gran riesgo para la biodiversidad al modificar patrones de precipitación, aumentar la temperatura y provocar eventos extremos más destructivos y frecuentes. Los escenarios climáticos proyectados apuntan a aumentos de entre 2 y 3 grados Celsius en las siguientes seis décadas, dependiendo de los esfuerzos que se realicen a escala planetaria para mitigar el calentamiento global. El aumento de la temperatura, junto con los cambios que se prevé en los patrones de precipitación, tendrá graves implicaciones para la disponibilidad hídrica, la agricultura, la seguridad alimentaria, la salud y otros ámbitos esenciales para el desarrollo económico y el bienestar de la población salvadoreña.

Los impactos previsibles del cambio climático serán particularmente fuertes en la zona costera-marina y en el sector agropecuario. Se espera una reducción importante en los rendimientos de los principales cultivos de granos básicos en el largo plazo, mientras la presión sobre los recursos hídricos, las pérdidas de biodiversidad y los costos asociados a eventos extremos serán cada vez mayores. Es previsible que, en la medida que los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas del país se agudicen, la reacción de la población humana ante este proceso amplifique tales efectos. Por ejemplo, si los rendimientos de granos básicos y otros productos disminuyen, la presión para expandir la superficie agrícola a costa de los ecosistemas aumentará. El impacto de estos efectos sobre el ingreso, el desempleo, la migración y la seguridad humana se agravaría si se mantiene la tendencia ascendente de las emisiones y la temperatura media del planeta, y si el país no adopta las medidas necesarias de mitigación y adaptación en el corto, mediano y largo plazo.

La pobreza y la proliferación de asentamientos cada vez más vulnerables, acentúan las condiciones de riesgo. De acuerdo al último Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres (GAR por sus siglas en inglés) 2015, el promedio histórico anual de las pérdidas por desastres desde 2001 en El Salvador, son equivalentes a casi el 60 % del promedio anual de la inversión pública en el mismo período. Dos terremotos separados por un mes en el año 2001, afectaron de manera grave al país, lo que trae consigo enormes pérdidas tanto económicas como en términos de vidas humanas. Se calcula que la cifra total de fallecidos para ambos sismos ascendió a 1259 y las pérdidas económicas superaron el 12 % del Producto Interno Bruto PIB (Kattan *et al.*, 2017).

En 2011, un solo evento hidrometeorológico, la depresión tropical 12 E, provocó pérdidas que alcanzaron el 4 % del PIB. Es pues, primordial para asegurar el desarrollo sustentable, asumir con mayor rigor político, económico y social que el análisis, comprensión y caracterización del riesgo a desastres en sus componentes de amenaza, exposición, vulnerabilidad, permite tener una mayor claridad sobre las acciones y decisiones que deben tomarse para reducir el riesgo, y, por ende, el impacto de posibles desastres. Y esto como factor inherente a la discusión de los modelos de desarrollo, políticas de crecimiento y promoción de inversiones, ordenamiento ambiental y planificación del desarrollo territorial, entre otros y no como una tarea dejada a consideración y bajo responsabilidad exclusiva de “desastrólogos” y ambientalistas, con mandato de remediar o “gestionar” lo que se juzga y atribuye a la “fatalidad”.

El objetivo del análisis de riesgo por fenómenos naturales es determinar el nivel de riesgo existente en un determinado lugar, con el fin último de reducirlo a niveles “aceptables”. Se entiende riesgo aceptable como el nivel

de las pérdidas potenciales mínimas al que una sociedad o comunidad puede aspirar, según sus condiciones sociales, económicas, políticas, culturales, técnicas y ambientales existentes. La adecuada gestión del riesgo debe utilizar la valoración del riesgo como punto de partida para la definición de lineamientos para su reducción y mitigación, incluyendo tanto medidas de prevención (gestión correctiva y prospectiva) como de preparación (gestión reactiva y protección financiera) (Kattan *et al.*, 2017).

Un caso ejemplar de los cambios en los niveles de vulnerabilidad y riesgo que causan los cambios de usos del suelo asociados a proyectos de desarrollo es el relacionado con la tragedia ocurrida en 2008 en la colonia Málaga, en la que perecieron 32 personas en un bus arrastrado por una crecida del río Acelhuate en esa zona. Diversos factores se conjugaron creando las circunstancias que provocaron aquel desastre, pero estudios posteriores del caudal del río realizados por el MARN evidenciaron que sin los grandes desarrollos urbanísticos efectuados en la finca El Espino en los años 90 e inicios del presente siglo, la corriente del Acelhuate en ese punto de la Málaga no habría alcanzado la cota capaz de arrastrar a ese bus.

El examen de casos como el anterior obliga a la revisión y desarrollo permanente de mejores metodologías, manuales y estándares en la evaluación de riesgos. Es así como el MARN inició en 2016 la creación de guías y manuales para la integración del riesgo climático en los estudios de impacto ambiental de los proyectos.

Esos análisis, su mayor socialización y difusión a través de procesos educativos formales e informales, posibilitan que la sociedad en su conjunto acrecenté su acervo de conocimientos y comprensión de lo que está en juego cuando se discute sobre las condiciones del desarrollo sostenible, ensanchando su mirada a potenciales impactos de los cambios de usos del suelo, más allá del momento y del área específica en que se ejecutan esos cambios. Es esa comprensión la que va creando las condiciones de compromiso y consenso social para que los desarrollos actuales asuman y sean efectivamente compatibles con los intereses de seguridad y posibilidades del desarrollo de las futuras generaciones.

Estudios rigurosos deben realizarse también para evaluar los potenciales impactos del cambio de uso del suelo sobre la pérdida o daños a la biodiversidad, las zonas de protección y recarga acuífera, la afectación al valor escénico del paisaje, entre otros. Todos ellos representando factores determinantes y con grandes implicaciones en las posibilidades del crecimiento económico diversificado, limpio, resiliente, sustentable e inclusivo, y condicionan las capacidades de adaptación y resiliencia del territorio nacional a los efectos adversos del cambio climático.

3.2. Eventos climáticos extremos

El alto nivel de degradación ambiental ha aumentado de modo alarmante la exposición de El Salvador a eventos climáticos extremos. Los eventos extremos experimentados en el país en los últimos años no solo están aumentando en frecuencia, intensidad y duración, sino que presentan alteraciones importantes en su distribución espacial.

De acuerdo con el MARN (2015c), se consideran eventos hidrometeorológicos extremos aquellos que producen una precipitación arriba de 100 milímetros (mm) en 24 horas y una precipitación acumulada de más de 350 mm en 72 horas. Molina, Sarukhán y Carabias (2017:103-117), aseguran que la dramática pérdida de vidas y los inconmensurables costos sociales que han provocado estos fenómenos hidrometeorológicos en los últimos años, presumiblemente derivados del cambio climático, ha sido un llamado de atención sobre la necesidad de priorizar su anticipación. Por su parte, el economista británico Nicholas Stern (2007) afirma que el número de eventos de este tipo pasó de un total de 29 en la década de 1970, a 74 durante los años 90, lo que implicó un incremento en

los costos mundiales de USD 83 mil millones en el primer período a USD 440 mil millones durante el segundo. Las repercusiones en América Latina y el Caribe no fueron menores, el número de personas afectadas por tales eventos pasó de USD 147 millones en 1981 a USD 211 millones en el año 2000. Se estima, en este caso, que los costos ascendieron de USD 8500 millones entre 1972 y 1980, a USD 17,800 millones de 1980 a 1990 (Cepal-PNUMA, 2002).

En las décadas 60 y 70, El Salvador fue afectado por un sólo evento hidrometeorológico extremo por década, mientras que en la década 2002–2011 fue afectado por nueve, y cinco ocurrieron en 24 meses (noviembre 2009 - octubre 2011). A la vez, se ha observado una mayor incidencia de los eventos extremos provenientes del océano Pacífico, cuando en décadas anteriores el país solamente era afectado por eventos procedentes del Atlántico. Desde el 2009, en distintos episodios se han batido récords históricos de lluvia acumulada en 6, 24 y 72 horas y en 10 días. Algunos episodios ocurrieron en meses que nunca habían experimentado eventos de lluvias extremas y también se superaron récords de lluvia en algunos meses de la época seca.

Los tres eventos más destructivos (la baja presión E96 asociada con la tormenta tropical Ida; Agatha y la depresión tropical 12E), se formaron en el Pacífico y rompieron récords históricos en duración e intensidad, afectaron a 742 mil personas y provocaron pérdidas superiores a USD 1300 millones, equivalentes al 6 % del PIB (MARN, 2013a) [Figura 16 y Figura 17]. La magnitud de esos fenómenos, su mayor frecuencia y sus impactos en la acumulación de vulnerabilidad física, social y financiera ponen de relieve que, aún si se hubiera implementado oportunamente las medidas de adaptación y de reducción de riesgos más costo-efectivas, el volumen de pérdidas y daños habría sido muy elevado, en cualquier caso.



La depresión tropical 12E batió varios récords:

- Duración: 10 días
- Acumulado de lluvias: 762 milímetros o un 42 % del promedio anual del período 1971-2000
- Acumulado de lluvia en una localización: 1513 milímetros en la estación de Huizúcar.

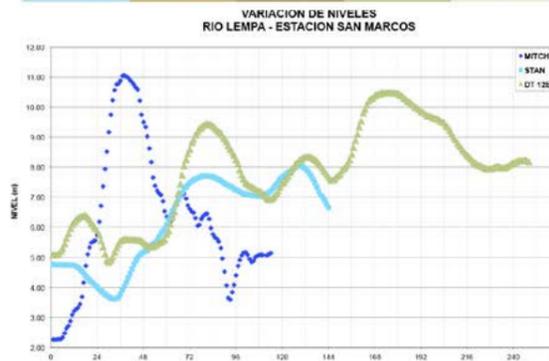


Figura 17. Lluvias extremas por eventos del océano Pacífico: depresión tropical 12E del 10 al 12 de octubre de 2011
Fuente: MARN, 2017, Contexto de riesgo por fenómenos de origen natural en El Salvador.

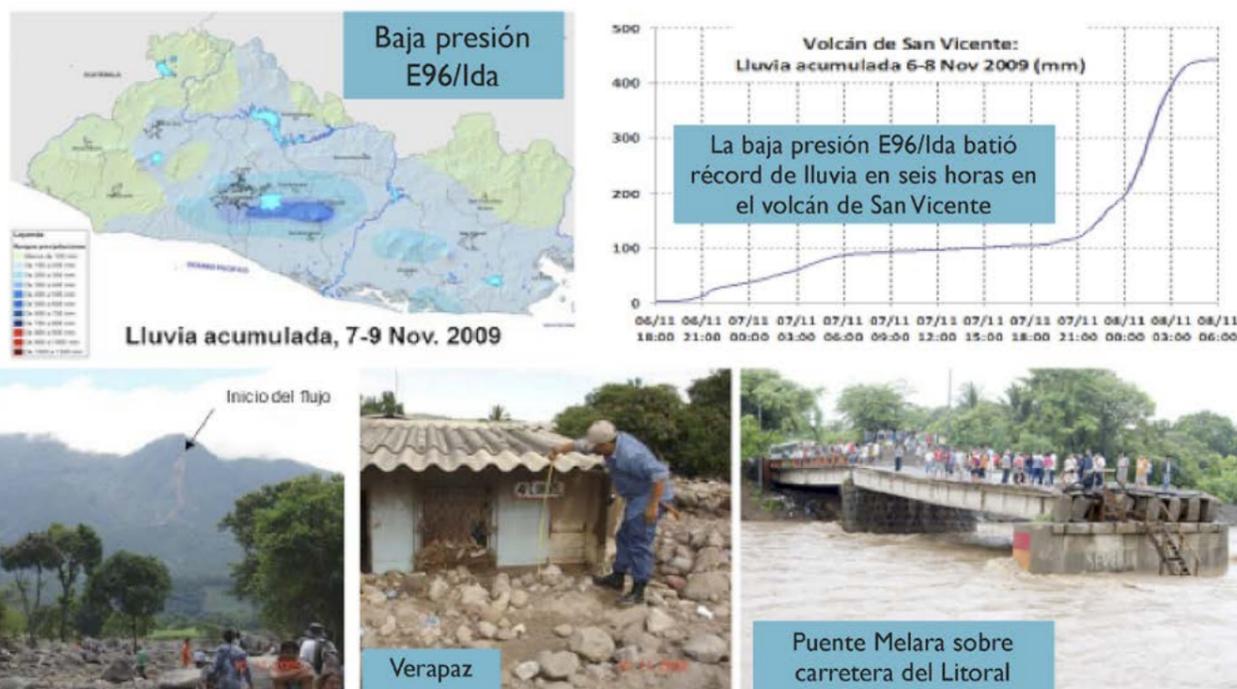


Figura 16. Lluvias extremas por eventos del océano Pacífico: baja presión E96/Ida del 7 al 9 de noviembre de 2009
Fuente: MARN, 2017, Contexto de riesgo por fenómenos de origen natural en El Salvador.

Estos fenómenos forman parte de un cambio global y regional en los patrones del clima. Según la base EM-DAT (Emergency Events Database por sus siglas en inglés) de la Universidad de Lovaina, entre 1930 y 2011 se han registrado 291 eventos extremos mayores asociados con fenómenos climáticos en Centroamérica. Se ha estimado un crecimiento anual del 7 % de los desastres en las últimas tres décadas respecto de la década de los 60.

Los eventos más recurrentes son inundaciones, tormentas, deslizamientos y aluviones, que representan el 86 % de los eventos totales, seguidos por sequías, con 9 %. En las dos décadas transcurridas entre 1990 y 2010, las inundaciones crecieron más del doble en todos los países respecto al período 1971 a 1990. Además, se registraron múltiples eventos de menor escala que a menudo tienen impactos severos en poblaciones particulares y efectos acumulativos importantes a mediano y largo plazo (CEPAL, 2012b).

Respecto a la distribución espacial de los eventos ciclónicos tropicales, se observa un cambio en las últimas décadas. Los huracanes del Caribe tienden a desplazar la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) hacia el norte de Centroamérica, lo cual provoca “temporales” (varios días de lluvias intensas o con alta acumulación), inundaciones y deslizamientos en zonas más amplias que las afectadas directamente por los huracanes.

En las últimas décadas también se han experimentado tormentas y huracanes entrantes por el océano Pacífico, afectando seriamente a Centroamérica, cuando anteriormente su trayectoria era más al norte. Depresiones y tormentas que no llegan a ser huracanes, presentan mayores intensidades de lluvias, como la depresión tropical 12E, que provocó graves impactos en El Salvador y regiones de Guatemala, Honduras y Nicaragua en octubre de 2011¹⁹.

¹⁹ La preocupación por este fenómeno motivó a los gobiernos centroamericanos a realizar una Cumbre extraordinaria y convocar a un grupo consultivo que apoyará a los países en sus esfuerzos de reconstrucción con perspectiva de reducción de vulnerabilidades y adaptación al cambio climático (Declaración de Comalapa, 25 de octubre de 2011).

3.3. La gestión de los recursos naturales y la economía en el contexto de cambio climático

El análisis más minucioso realizado hasta la fecha sobre las posibles alteraciones de temperatura y precipitación por el cambio climático en Centroamérica es el contenido en el estudio de CEPAL (2012a). En este trabajo se analiza la evolución de ambas variables y sus patrones intra-anales (por mes) por país y departamento, así como una regionalización geoclimática para tomar en cuenta la diversidad de climas, con la finalidad de contribuir al diseño de acciones de adaptación en zonas geográficas específicas²⁰. Las estimaciones son proyectadas con diferentes cortes temporales a 2100, con dos escenarios de cambio climático: el primero más pesimista (A2); y el segundo menos pesimista (B2). Los dos escenarios de emisiones de GEI utilizados son del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

i) El escenario más pesimista (A2): proyecta un aumento continuo de las emisiones globales de GEI, resultando en un mayor incremento de la temperatura y una disminución sustancial de la lluvia en la mayor parte de Centroamérica.

Los supuestos básicos de este escenario son una población mundial creciente, donde los patrones de fertilidad humana de las regiones convergen lentamente, el desarrollo económico se enfoca en la región, y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico evolucionan en forma lenta y fragmentada. Este escenario advierte altos riesgos para la región si la comunidad internacional no reduce la trayectoria actual de emisiones de GEI a escala global.

ii) El escenario menos pesimista (B2): prevé una disminución de la lluvia en la mayor parte de la región y un incremento menor de la temperatura, suponiendo una trayectoria de emisiones de GEI menor que la del escenario A2. Sus supuestos básicos son un modelo de desarrollo orientado a soluciones económicas, sociales y ambientales locales, un crecimiento de la población mundial menor que en A2 y un desarrollo económico moderado. La materialización de este escenario requeriría acuerdos internacionales para reducir sustancialmente las emisiones globales de GEI.

Tabla 3
El Salvador: cambio de temperatura media, escenarios B2 y A2, promedio de los tres 2020 a 2100 (en grados Celsius)

Escenario/ Año	2020	2050	2100
B2	0.53	1.40	2.63
A2	0.77	2.03	4.73

Fuente: Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático El Salvador. 2013.

El análisis considera el impacto potencial del cambio climático en Centroamérica en diversos escenarios de desarrollo y de emisiones, contra un escenario macroeconómico tendencial sin cambio climático. Se analizan impactos potenciales por sector y ámbitos clave como agricultura, recursos hídricos, eventos extremos y ecosistemas, los cuales son estimados en términos físicos, como rendimientos agrícolas y disponibilidad de agua. Se exploran los retos y opciones de adaptación y desarrollo de economías bajas en carbono por sector. Los resultados sugieren que los impactos del cambio climático en Centroamérica son significativos en ambos escenarios, aunque desde luego más severos en el escenario más pesimista, aunque probablemente más realista (A2).

Para el caso de El Salvador, uno de los resultados más preocupantes que deriva de esos escenarios es la progresiva disminución de las lluvias en el primer trimestre de la época lluviosa, tendiendo hacia el fin de siglo a la desaparición de la curva bimodal que ha sido característica en el país, en el escenario A2. Las precipitaciones se estarían desplazando más hacia el final del año, con mayor acumulado de lluvias al final del periodo lluvioso. La disponibilidad de agua para el año 2020 bajará al menos un 6 % respecto de la existente en el año 2000.

La demanda de agua del país crecerá un 300 % hacia 2050, sin cambio climático, y más del 400 % con cambio climático. Aun con una reducción menor de la precipitación bajo el escenario B2, habría un efecto del alza de la temperatura en la evapotranspiración, lo que redundaría en menor disponibilidad de agua, especialmente en la segunda parte del siglo, afectando los ecosistemas, la agricultura y la generación de hidroelectricidad. Estos escenarios resultan aún más preocupantes si se considera que los registros de sequía de los últimos años indican que el país es el único en la región centroamericana que se encuentra ya en el límite de estrés hídrico y, por tanto, en el umbral de una condición de disponibilidad de recursos hídricos considerablemente más crítica que la que prevalece en la actualidad.

En el país, esta afectación se está produciendo principalmente por la manifestación creciente de tres tipos de anomalías, cuyos efectos separados y combinados están erosionando la resiliencia de los ecosistemas, obligando al reajuste continuo de los medios tradicionales de gestión ambiental y provocando pérdidas y daños directos que impactan la economía, la salud y el bienestar social, las finanzas públicas y el cumplimiento de planes de desarrollo e inversión pública.

Estas anomalías, con tendencia a consolidarse en cambios de estado en el comportamiento del clima que el país ha disfrutado hasta el pasado medio siglo, son: los fenómenos climáticos extremos, principalmente sequías e inundaciones, y el trastorno del ciclo regular de lluvias, con efectos directos en la generación hidroeléctrica y la agricultura, y su secuela de efecto cascada en los precios de los productos agropecuarios y desabastecimiento; aumento de costos de energía y de la factura de importación petrolera para reemplazar el déficit hidroeléctrico; el aumento lento pero constante de las temperaturas, que están aproximando a su límite la capacidad de sobrevivencia de especies biológicas silvestres así como las de explotación agrícola tradicional.

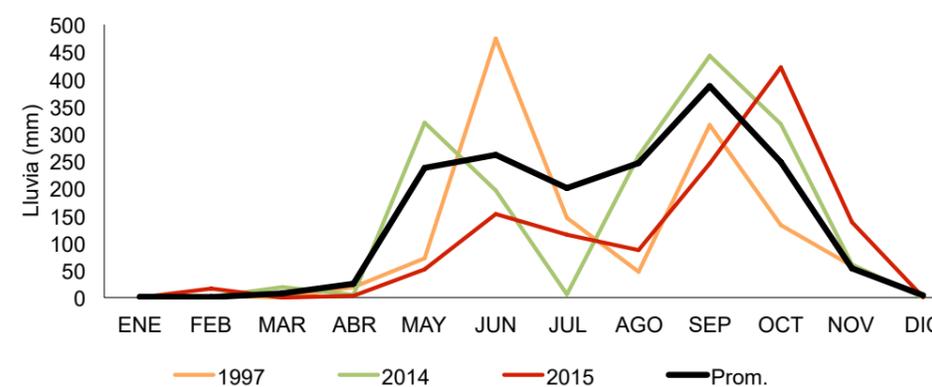


Figura 18. Región costera con un comportamiento bimodal, máximo en septiembre, disminución en julio y agosto. Lluvia mensual 1980-2010 y años secos 1997, 2014 y 2015, estación de La Unión
Fuente: Informe Nacional del Estado de los Riesgos y las Vulnerabilidades. MARN, 2017

²⁰ Las variables que se analizan son temperatura media mensual (°C) y precipitación acumulada mensual (mm) por departamentos y por región geoclimática. En el análisis de país se utilizaron los promedios mensuales del periodo 1980 a 2000 según la base de datos CRU TS3.0. En el análisis por departamento y región geoclimática se utilizaron los promedios mensuales del periodo 1950 a 2000 según la base de datos del WorldClim (CEPAL, 2012a).

En cuanto a la precipitación y los caudales superficiales, dado que se ha roto la regularidad del régimen de precipitación, el análisis de disponibilidad basado en caudales medios anuales y estacionales no representan condiciones para una asignación segura y equitativa del recurso entre los diferentes usos y demandas, ante las

drásticas variaciones climáticas que originan sequías de diversa intensidad, incluyendo fuertes y severas o lluvias torrenciales sin precedentes históricos.

Anomalía de escurrimiento registrada (%) en el año hidrológico 2016 – 2017



Figura 19. Anomalía de escurrimiento (% de desviación con relación al promedio) del año hidrológico mayo 2016 – abril 2017

Fuente: MARN

Bajo anomalías como la depresión tropical 12E, no solo se experimentan desastres con enormes pérdidas físicas y humanas, también se ven alterados los procesos hidrogeológicos regulares y los pozos superficiales pueden verse afectados por contaminación. La repetición de esos ciclos en años continuos revierte en efectos acumulativos que complejizan, aún más, la gestión racional del recurso.

En cuanto a la expansión desordenada de las áreas urbanas en un contexto de crecientes temperaturas por efectos del cambio climático, en el país se detecta la emergencia de problemas asociados al crecimiento demográfico y urbanización, con tendencias marcadas en aumentos de las temperaturas medias y extremas registradas en algunas estaciones meteorológicas en municipios donde los cambios de uso del suelo han sido más drásticos.

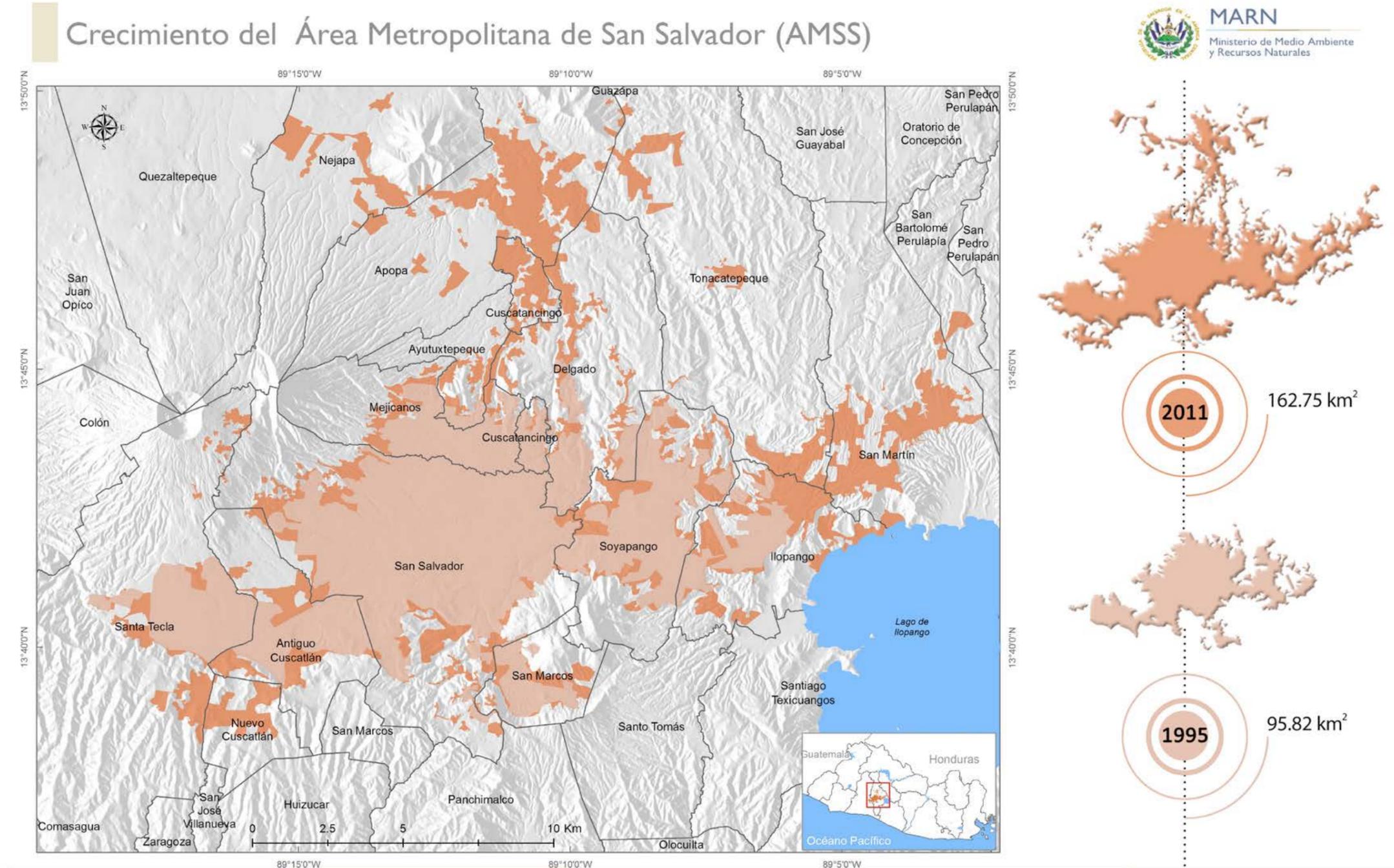


Figura 20. Crecimiento del Área Metropolitana de San Salvador entre 1995 y 2011
Fuente: MARN

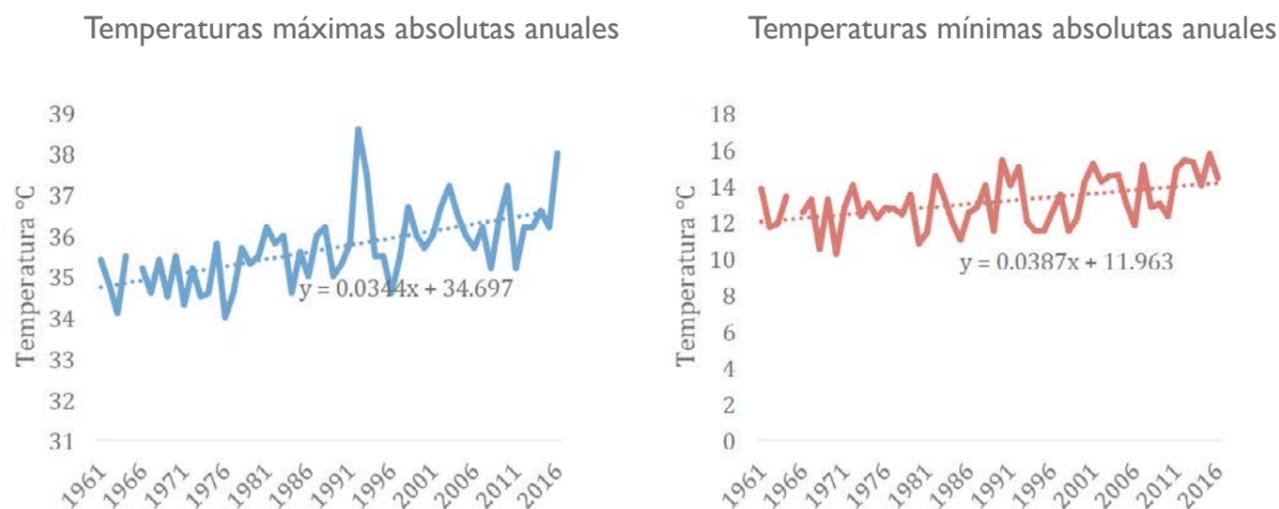


Figura 21. Temperaturas máximas absolutas anuales (izquierda) y temperaturas mínimas absolutas anuales (derecha). Estación Aeropuerto de Ilopango. Fuente: Informe sobre índices del Clima El Salvador, utilizando RClimdex. MARN, 2017.

Puede apreciarse que la pendiente de incrementos de temperaturas máximas y mínimas en la estación de Ilopango es mayor en el periodo más reciente (1996-2016) que, coincide con los mayores crecimientos urbanos de ese municipio y del AMSS en su conjunto en comparación a la observada en los 35 años previos de crecimiento urbano menos drástico. Esta tendencia de la curva de temperaturas se revela particularmente aguda en el caso de las temperaturas mínimas absolutas anuales, indicando que se pierde rápidamente la condición de noches más frescas.

En 2016 se realizó el primer estudio en el Área Metropolitana de San Salvador, que constituye una línea base de los escenarios y potenciales impactos para las próximas décadas (MARN, 2016). En el mismo se evidenció el problema del incremento de noches cálidas para los próximos años y su impacto en la salud y productividad de las personas: “se espera un incremento notable del porcentaje de las noches cálidas (entre 68 y 87 %) para finales de siglo (periodo 2071-2100)”. El estudio destacó la importancia de conocer el porcentaje de noches más cálidas por su influencia negativa sobre la salud y la capacidad del metabolismo humano de recuperarse de elevadas temperaturas durante el periodo diurno.

Los efectos del crecimiento desordenado ya se encuentran presentes y detectados en el estudio: “se ha podido constatar que zonas que en el año 2000 se clasificaban como frías en 2015 han pasado a ser consideradas calientes debido al cambio de uso del suelo que se ha producido en el AMSS, transitando de zonas naturales con alta presencia de vegetación a zonas con importante desarrollo urbano. Así pues, la ocupación de suelo natural en el AMSS durante la última década ha ocasionado una alternación de la acumulación de calor en la superficie terrestre, aumentando la intensidad de la isla de calor urbana con efectos negativos en el confort térmico del peatón”.

Tabla 4
Tendencia del incremento del porcentaje de días y noches cálidas en el ANSS.

Porcentaje de días cálidos con respecto al período de referencia del IPCC 1961-1990, y el período 1986-2015.					
	Período	Promedio	Std. Dv.	Diferencia 1 (1961-1990)	Diferencia 2 (1986-2015)
RCP4.5	1961-2000	10.5	12.2		
	1986-2015	22.7	12.6		
	2021-2050	48.2	14.1	37.7	25.5
	2071-2100	72.4	11.2	61.9	49.6
RCP8.5	1961-2000	10.5	12.2		
	1986-2015	23.9	14.0		
	2021-2050	58.8	17.0	48.3	34.9
	2071-2100	96.1	3.7	85.6	72.2
Porcentaje de noches cálidas con respecto al período de referencia del IPCC 1961-1990, y el período 1986-2015.					
RCP4.5	1961-2000	10.4	8.7		
	1986-2015	24.4	11.5		
	2021-2050	53.5	11.2	43.0	29.1
	2071-2100	78.2	7.4	67.8	53.9
RCP8.5	1961-2000	10.4	8.7		
	1986-2015	24.3	11.9		
	2021-2050	63.4	13.2	52.9	39.1
	2071-2100	97.3	2.8	86.9	73.1

Nota: Tendencia de la temperatura del aire y los eventos extremos de olas de calor en AMSS. MARN, 2016.
RCP4.5: Patrón de concentración representativa (por sus siglas en inglés);
Std. Dv. Desviación estándar (por sus siglas en inglés);

Medidas como la revegetación del entorno urbano recomendadas en el estudio, poseen efectos benéficos no solamente en la regulación de los extremos de temperatura sino con oportunidad para la mejora de la calidad del aire, conservación de la biodiversidad y el mejoramiento escénico. a mayoría de esas medidas sería recomendable ejecutarlas bajo cualquier escenario de cambio climático.

En cuanto al monitoreo de la calidad del aire en las zonas urbanas, se han realizado significativos progresos en el registro sistemático de información disponible en línea, con indicadores de alerta sobre niveles de calidad, tal como se describe en el apartado dedicado a ese tema. En 2006 se publicó un primer estudio sobre los impactos y costos en salud de la calidad del aire y la contaminación causada por vehículos de transporte público utilizando combustible diésel.

La mala calidad del aire, también agudizada por la explosión del parque privado vehicular y el descontrolado congestionamiento del tráfico asociados a un servicio de transporte público ineficiente e inseguro, también tienen efectos directos sobre la productividad y las oportunidades de mejora social para la ciudadanía, que debe movilizarse para atender actividades laborales o escolares, forzándola a utilizar hasta más de dos horas en trasladarse un promedio de 15 km, desde Soyapango y otras ciudades de la zona oriental del AMSS al centro capitalino, consumiendo tiempo útil que podía dedicar a horas de descanso, recreo o capacitación.

Esos tiempos se habían reducido a 36 minutos en el tramo uno del proyecto SITRAMSS, una solución universalmente aceptada al problema de la calidad, seguridad y equidad en el acceso al transporte público (BID, 2016). La pronta rehabilitación de esta modalidad de transporte, suspendida por una resolución de la Sala de lo Constitucional de la Corte Suprema de Justicia; y su expansión a otros tramos, contribuirá sustantivamente a la mejora de la calidad de vida de la ciudadanía del área metropolitana y al fortalecimiento de la competitividad de la región, entendida más integralmente²¹.

Aunque resta emprender estudios especializados de cuantificación de los efectos sociales y económicos sobre el deterioro del confort térmico y calidad del aire en el país, investigaciones desarrolladas en otras latitudes revelan su estrecha relación. Un estudio realizado por la Universidad de Harvard²² planteó que una muestra de trabajadores que se desempeñaban en oficinas dotadas de aire fresco, bajo en dióxido de carbono y compuestos volátiles orgánicos, mejoraba entre el 61 al 101% su función cerebral cognitiva, comparado con la que registraron en un entorno de trabajo “convencional”.

3.4. Territorios prioritarios: Corredor Seco

En Centroamérica existe una zona más árida que el resto, el denominado Corredor Seco, constituido por un grupo de ecosistemas que se combinan en la ecorregión del bosque tropical seco con unas condiciones biofísicas y de temperatura, evotranspiración y precipitación particulares. El Corredor Seco abarca regiones de todos los países centroamericanos, pero su mayor porción territorial está ubicada en la vertiente del océano Pacífico. El territorio salvadoreño forma parte de este corredor (Figura 23), que debido a esas condiciones naturales se caracteriza por sufrir fenómenos cíclicos de sequía severa y alta. El impacto de las sequías es evidente mediante la aceleración de los procesos de desertificación, aumentando el riesgo de incendios y limitando la disponibilidad de agua para usos doméstico e industrial.

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

El fenómeno El Niño suele causar daños y pérdidas considerables en todos los países de la región, lo que podría intensificarse por los efectos del cambio climático y amplificar el deterioro ambiental debido al mal uso de la tierra e inadecuadas prácticas agrícolas, expansión de la frontera agrícola sin regulación, proliferación de asentamientos humanos sin planificación, alta vulnerabilidad de los pequeños productores de granos básicos y una falta de ordenamiento territorial (MARN, 2015a).

Dada la considerable proporción del territorio salvadoreño que se traslapa con esa franja, el MARN ha emprendido varias iniciativas para enfrentar, desde un abordaje holístico, los desafíos de vulnerabilidad que plantea el Corredor Seco. Uno de los esfuerzos pioneros en esa línea lo constituye el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (2003), al cual han seguido varias otras políticas y acciones enmarcadas dentro de la Política Nacional del Medio Ambiente, la Estrategia Nacional del Medio Ambiente y el Plan Nacional de Cambio Climático. Estas acciones incluyen el fortalecimiento de la observación sistemática del clima a través de la instalación de radares meteorológicos, estaciones agrometeorológicas conjuntas MARN/MAG, el monitoreo por sequía, los puntos de calor (sistema de alerta para incendios forestales), entre otras; la promoción de la transformación de las prácticas y actividades agropecuarias; la restauración y conservación de ecosistemas críticos; y, diversas acciones para sentar las bases institucionales hacia una gestión ambiental articulada.

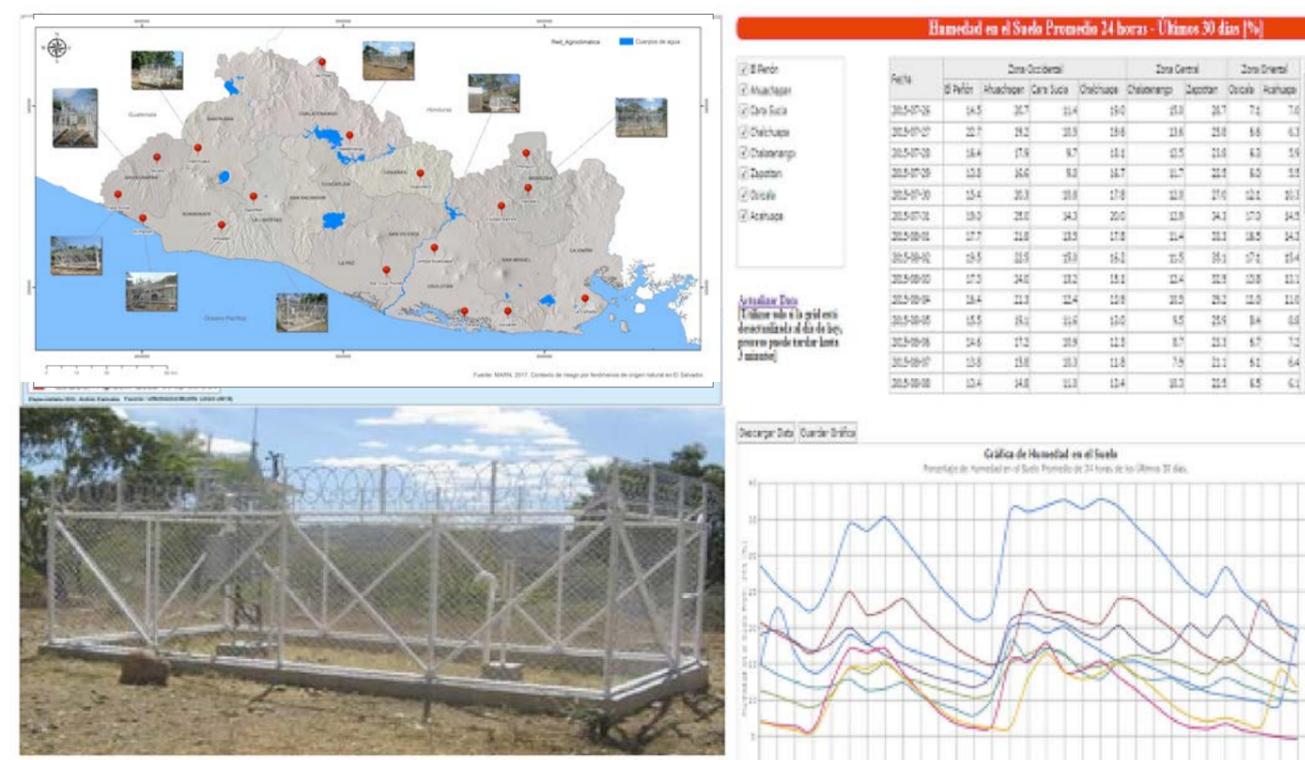


Figura 22. Estaciones agroclimáticas MAG-MARN
Fuente: Contexto de riesgo por fenómenos de origen natural en El Salvador. MARN, 2017.

²¹ Existen otras modalidades aún más eficientes y limpias que el modelo SITRAMSS, que fuera implementado en el AMSS, como los sistemas impulsados por electricidad, pero de costos de inversión significativamente más elevados, cuya consideración solo procedería a partir de apropiados estudios de factibilidad.

²² Recuperado de Impact green buildings cognitive function. disponible en <https://green.harvard.edu/tools-resources/research-highlight/impact-green-buildings-cognitive-function>

Corredor Seco en El Salvador



Figura 23. Corredor Seco en El Salvador
Fuente: MARN.

3.5. Productividad nacional, infraestructura pública, social y productiva

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

El cambio climático y la variabilidad climática tienen también implicaciones fuertes para la generación energética, debido tanto a sus efectos sobre la generación hidroeléctrica como a la transición en curso hacia otras fuentes renovables de energía. Una estrategia de adaptación al cambio climático en la infraestructura vial e hidroeléctrica implica un amplio proceso de intervención en las cuencas, para transformar las prácticas agropecuarias y mejorar la regulación hídrica. Por consiguiente, la combinación de inversiones en infraestructura gris tradicional, con la protección y restauración de infraestructura natural (verde) puede ser una alternativa costo-eficiente para desarrollar obras de infraestructura más resilientes al cambio climático. Por ejemplo, la expansión de la agroforestería en las cuencas y la recuperación de manglares y de bosques de galería en las riberas de los ríos, pueden proteger presas hidroeléctricas, puentes y puertos marítimos mediante la reducción de las crecidas de los ríos y la sedimentación. Estas prácticas también densifican las redes ecológicas y mejoran así la conservación de la biodiversidad y la regulación hídrica.

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

En El Salvador, los cultivos principales están llegando a sus límites de capacidad por el cambio en las temperaturas, mientras que la presencia errática de las precipitaciones altera los ciclos agrícolas y compromete la seguridad alimentaria de muchas familias pobres. Debido a la creciente recurrencia de sequías, las pérdidas de cultivos agrícolas son cada vez mayores, así como sus impactos sociales. Según las estimaciones efectuadas en los escenarios de cambio climático elaborados por CEPAL (2012a), la producción de maíz tendería a crecer a corto plazo, con rendimientos ligeramente mayores a dos toneladas por hectárea, pero luego decrecería, hasta llegar posiblemente a 1.4 toneladas por hectárea en el escenario más pesimista (A2) cerca de 2100 si no se toman medidas de adaptación. El rendimiento promedio del frijol podría reducirse de más de 0.7 a menos de 0.1 toneladas por hectárea. La producción de arroz también tendería a caer del promedio histórico de 3.5 toneladas por hectárea a entre 2 y 1 toneladas por hectárea hacia finales del siglo.

Dado que estos alimentos son fundamentales en la provisión de calorías y proteínas a grandes sectores de la población, la pérdida de productividad en estos cultivos debido al cambio climático tendría serias consecuencias para la seguridad alimentaria, en particular para la producción de autoconsumo de los pequeños agricultores de bajos ingresos, al reducir la producción de alimentos, además de aumentar los precios y/o la escasez para los consumidores, dependiendo de las posibilidades del país de compensar con importaciones las pérdidas de producción doméstica.

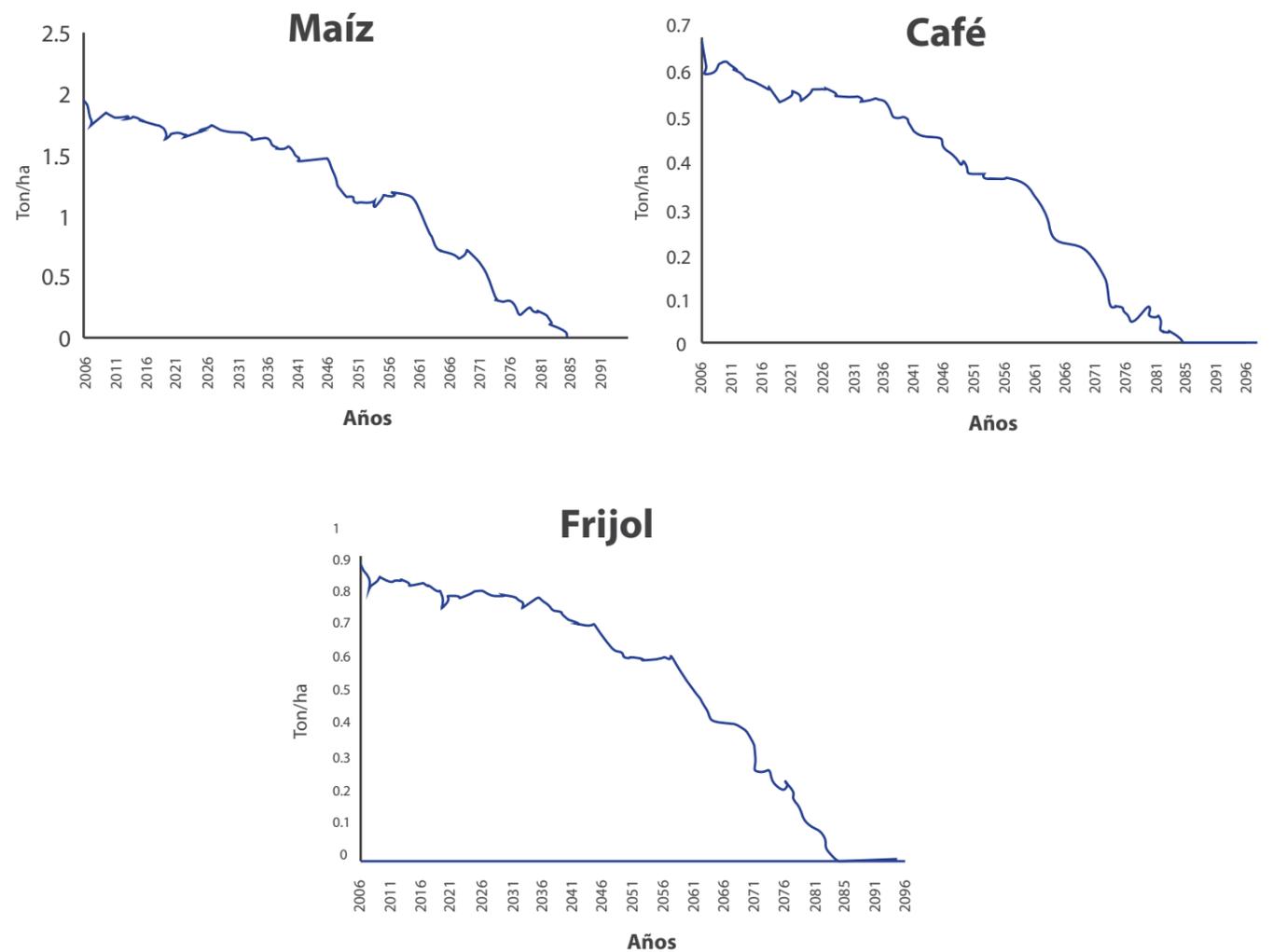


Figura 24. Escenarios de pérdida de biodiversidad por cambio climático 2006 - 2096. Caída de rendimiento productivo agrícola para distintos productos en escenario realista A2 (AR4), sin considerar eventos extremos
Fuente: Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de El Salvador. MARN, 2013



4 Recursos hídricos en El Salvador



El capítulo presenta la caracterización de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos en El Salvador, el inventario, sus usos, demandas y disponibilidad hídrica, asociados a su gestión, así como la planificación de las asignaciones y reservas. Se analiza también la problemática en los cambios de régimen hidrológico, problemas de erosión y sedimentación en los cauces y desembocaduras de los ríos y las presiones sobre la cantidad y calidad en el recurso hídrico.

El Salvador enfrenta desde hace años una situación de progresiva “crisis del agua expresada en la presión insostenible generada por una demanda y una contaminación crecientes del recurso hídrico y en su desigual disponibilidad en el país” (MARN, 2015b). Esta situación no obedece, estrictamente, a un problema de escasez física, sino que, sobre todo, a la inadecuada gestión del agua disponible.

La oferta hídrica anual del país es casi tres veces superior al promedio mundial (MARN, 2015b). El Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH) estima que la precipitación promedio multianual de la serie 1965-2012 sobre el territorio nacional asciende a 1785 mm/año, lo cual se traduce en una precipitación promedio de 56,039 millones de metros cúbicos por año (MMC/año). El valor promedio de las aportaciones anuales procedentes de las variables hidrológicas de escorrentía superficial y escorrentía subterránea alcanza los 20,292.9 MMC/año. El Salvador cuenta con una red hídrica natural que suma unos 9009 km y, con un área cubierta por humedales estimada en 113,835 hectáreas.

El PNGIRH estima una demanda consuntiva total de agua en el país que ronda los 2228 MMC/año, y una demanda no consuntiva (fundamentalmente para generación de energía hidroeléctrica) de 23136 MMC/año. Por tanto, la disponibilidad de agua debería ser suficiente para satisfacer la demanda si se gestionara adecuadamente el recurso. Sin embargo, la deforestación, el uso inadecuado del territorio, la erosión, la sobreexplotación de los recursos hídricos y el manejo inadecuado de desechos sólidos urbanos han producido, entre otros efectos, la alteración del régimen hidrológico natural de los ríos, así como el deterioro de la calidad de las aguas (MARN, 2015b).

Sobre la base de la abundante información contenida en el PNGIRH, en este capítulo se analizan las principales presiones antropogénicas ejercidas sobre los recursos hídricos del país, exacerbadas por los impactos crecientes del cambio climático. Se destaca el uso del agua en los distintos sectores económicos, asociado con las extracciones de fuentes superficiales y subterráneas para su abastecimiento, así como la demanda para consumo doméstico. La demanda de agua a escala nacional se concentra, en su mayoría, en el uso agropecuario (52 %) y abastecimiento para uso doméstico (30 %). Además de la demanda en términos de cantidad, los recursos hídricos enfrentan enormes presiones relacionadas con los riesgos de contaminación.

De acuerdo con el V Foro Mundial del Agua, El Salvador es el país con menos disponibilidad de agua y posee una de las tasas más altas de extracción en la región (Banco Mundial, 2009). La sobreexplotación de los acuíferos, el vertimiento de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua, la disminución de la capacidad de permeabilidad de los suelos producto de la acelerada deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas y el incremento de urbanizaciones en zonas de producción hídrica, están agravando cada vez más la disponibilidad de agua. A estas presiones de origen antrópico se suman fenómenos naturales como cambios en el patrón de lluvias y de evapotranspiración (MINEC, 2011).

A continuación, se describe el estado del recurso, tomando en cuenta los resultados del inventario de aguas superficiales y subterráneas del país, realizado en el marco del PNGIRH mediante la modelación hidrológica de las diez regiones hidrográficas en que se divide el territorio nacional²³.

La evaluación del estado de los recursos hídricos retoma los resultados del balance hídrico desarrollado por el PNGIRH, el cual constituye un instrumento clave para evaluar el nivel en que las demandas se encuentran satisfechas y el cálculo de los posibles déficits hídricos mediante la simulación de la respuesta de los llamados sistemas de explotación (SE) ante distintos escenarios de gestión.

Un concepto fundamental relacionado con el balance hídrico es el de estrés hídrico, calculado como el cociente entre la extracción media anual (demanda bruta) y la media del recurso disponible, definición coincidente con el Water Exploitation Index (WEI) (EEA, 2003). En términos más sencillos, el indicador de estrés hídrico mide la proporción de agua consumida respecto a la proporción de agua disponible para el consumo humano. Este índice es utilizado mundialmente por el IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio de Climático, por sus siglas en inglés) en sus estudios sobre la vulnerabilidad de recursos hídricos ante los efectos del cambio climático.

En el caso de El Salvador, la evaluación del PNGIRH indica que actualmente, en términos generales, solo el Sistema de Explotación Grande de Sonsonate-Banderas se encuentra actualmente con un índice de estrés hídrico alto (valores comprendidos entre 0.4 y 0.8), seguido del SE Cara Sucia-San Pedro con un índice de estrés medio (valores entre 0.2 y 0.4). El SE Grande de Sonsonate-Banderas es, con diferencia, el sistema más explotado en proporción a los recursos que genera. Los sistemas Jiboa-estero de Jaltepeque y bahía de Jiquilisco presentan un índice de estrés bajo, mientras que el resto de sistemas, Lempa, Paz, Mandinga-Comalapa, Grande de San Miguel, Sirama y Goascorán, no presentan estrés hídrico.

No obstante, su enorme contribución en términos de información y análisis para presentar lo que hasta la fecha constituye el diagnóstico más completo de la problemática hídrica del país, una de las debilidades metodológicas del PNGIRH radica en los horizontes relativamente cortos considerados en el análisis a futuro (años 2017 y 2022). Probablemente, esta selección de horizontes sea un supuesto metodológico que incide en los valores aparentemente benignos del indicador de estrés en la mayoría de los sistemas de explotación hídricos del país. En contraste, en horizontes de más largo plazo, como los planteados en los escenarios de cambio climático en Centroamérica en el estudio de CEPAL (2012b), los impactos del cambio climático en el país previsiblemente arrojarían índices de estrés hídrico considerablemente mayores.

Dada la complejidad de la problemática hídrica y los intereses encontrados que se dan en torno a los usos del agua, no ha sido fácil encontrar respuestas institucionales para atenuar la gravedad de la situación. Parte del problema consiste en que El Salvador no cuenta con una normativa hídrica integral. La legislación vigente relativa a recursos hídricos está fragmentada, ya que las instituciones se organizan en atención a los diferentes usos y se han desarrollado diferentes leyes sectoriales, en diferentes períodos de tiempo, sin un marco jurídico comprehensivo que las integre.

El Anteproyecto de la Ley General de Aguas (ALGA) que, el MARN sometió a la Asamblea Legislativa en marzo de 2012, continúa en discusión como resultado del entrampamiento de las diversas visiones prevalecientes sobre la manera de organizar la institucionalidad para regular los recursos hídricos, reflejo, a su vez, de los intereses económicos contrapuestos sobre las prioridades en el uso social del agua.

²³ Los resultados obtenidos desde la agrupación de subcuenca se presentan agregados a escala de zona prioritaria y/o región hídrica y a escala nacional. En el caso de las aguas subterráneas, el PNGIRH trabaja a escala de acuífero y procede a su agregación en masas de agua subterránea (MA Sub)

Desde una óptica operativa, no existe una institución que realice la gestión multisectorial del agua en las fuentes, integrando la gestión de la cantidad y de la calidad del recurso. La gestión de los recursos hídricos se ha caracterizado por ser eminentemente sectorial con amplias competencias de las instituciones involucradas: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) en el sector de agua potable y saneamiento, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en agricultura, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) en energía, el Ministerio de Salud (MINSAL) en calidad del agua para consumo humano, y el MARN en el desarrollo de acciones encaminadas a proteger, mejorar o mantener las condiciones de disponibilidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Como ente rector de la gestión de los recursos hídricos, según el artículo 49 de la Ley del Medio Ambiente, el MARN ha emprendido una serie de iniciativas para la implementación de acciones directas encaminadas a lograr la sustentabilidad hídrica del país. La Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (ENRH) destaca como una de las cuatro estrategias interrelacionadas sobre las cuales se apoya la Estrategia Nacional del Medio Ambiente (ENMA), con el objetivo de atenuar la inseguridad hídrica y reducir la vulnerabilidad del país frente al cambio climático.

Como un instrumento clave para la implementación de la ENRH, el PNGIRH adopta precisamente un enfoque de “gestión integrada del recurso hídrico” que busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos a través de una conciliación entre el desarrollo económico, los objetivos sociales y la protección de los ecosistemas. Este enfoque se realiza bajo los criterios de la sustentabilidad en el uso del agua mediante la protección de los recursos hídricos, la reducción de la contaminación, y protección y mejora de los ecosistemas vinculados al medio hídrico, así como la reducción de los efectos de los fenómenos extremos (inundaciones y sequías).

El PNGIRH no sólo representa la fuente más sólida y completa de información hídrica sobre el país, sino que también constituye una pieza fundamental en el establecimiento de las bases para el proceso de reforma normativa e institucional que requiere el sector hídrico.

No obstante los avances alcanzados, persiste al menos dos grandes desafíos que el país debe resolver para garantizar una gestión eficiente del agua: el reconocimiento del derecho fundamental al agua y saneamiento en la Constitución de la República; y, la aprobación de una Ley General de Aguas que permita ordenar los usos del recurso en función del uso prioritario para el consumo humano y montar una institucionalidad sólida para dirimir los crecientes conflictos sociales en torno a los usos del agua.

4.1. Caracterización de los recursos hídricos

La descripción general del territorio de El Salvador con relación al agua, comprende la caracterización y delimitación de los cuerpos de aguas superficiales y de las masas de aguas subterráneas. A continuación, se presentan las descripciones físicas de ambos recursos hídricos.

4.1.1. Cuerpos de aguas superficiales

La caracterización física del territorio salvadoreño y la delimitación de los cuerpos de aguas superficiales enmarcan las zonas de oferta hídrica superficial de El Salvador.

Los recursos hídricos superficiales se clasifican en las siguientes categorías: ríos, lagos o humedales, aguas de transición y costeras. A continuación, se brinda una breve descripción de cada uno de estos recursos hídricos superficiales:

Cuencas y redes hidrográficas

En El Salvador se estima que transitan 590 ríos y quebradas a lo largo de 58 cuencas hidrográficas, las cuales drenan hacia el océano Pacífico. Asimismo, estas se pueden dividir en tres grupos con base en la extensión de su área superficial y sus caudales (MAG-PNUD, 1982)

- Cuenca del río Lempa, la cual posee la mayor área superficial (17,935.50 km²), donde un 56.88 % corresponde a El Salvador y el resto del área superficial es compartida con los países de Honduras y Guatemala.
- Ríos de caudales y longitudes medias como lo son el río Grande de San Miguel y los ríos transfronterizos Paz y Goascorán.
- Ríos de corto recorrido y que desembocan al océano Pacífico.

La mayoría de los ríos poseen un drenaje tipo dendrítico, es decir, la unidad hidrográfica está conformada por drenajes tributarios, los cuales drenan hasta un cauce principal. Otras características geomorfológicas tales como densidad de drenaje, frecuencia de corrientes y longitud de flujos superficiales permiten evidenciar procesos geomorfológicos de erosión fluvial, especialmente en zonas de pendiente alta en los cauces.

En el marco del proyecto Hidrometeorológico centroamericano, desarrollado en la década de los 70, el mapa de cuencas hidrográficas se organizó en diez regiones hidrográficas (Figura 25) las cuales mostraban condiciones geológicas, hidrológicas y climáticas similares. La Tabla 5 presenta las áreas superficiales de las regiones hidrográficas mostradas en el proyecto Hidrometeorológico Centroamericano y retomadas en el PNGIRH, donde se destaca a la Región hidrográfica Lempa como la de mayor área superficial de las diez regiones.

Adicionalmente, el PNGIRH desarrolló una nueva delimitación y codificación de subcuencas hidrográficas mayores a 10 km² de área superficial, usando modelos digitales de terreno. Las subcuencas se codificaron de manera única e inequívoca mediante la metodología de Pfafstetter. Este método estándar internacional, se basa en la topología de área de terreno y asigna códigos numéricos para relacionar con las unidades hidrográficas que contiene y las unidades gráficas con las que limita. (UICN Sur, 2008)

Regiones y zonas hidrográficas

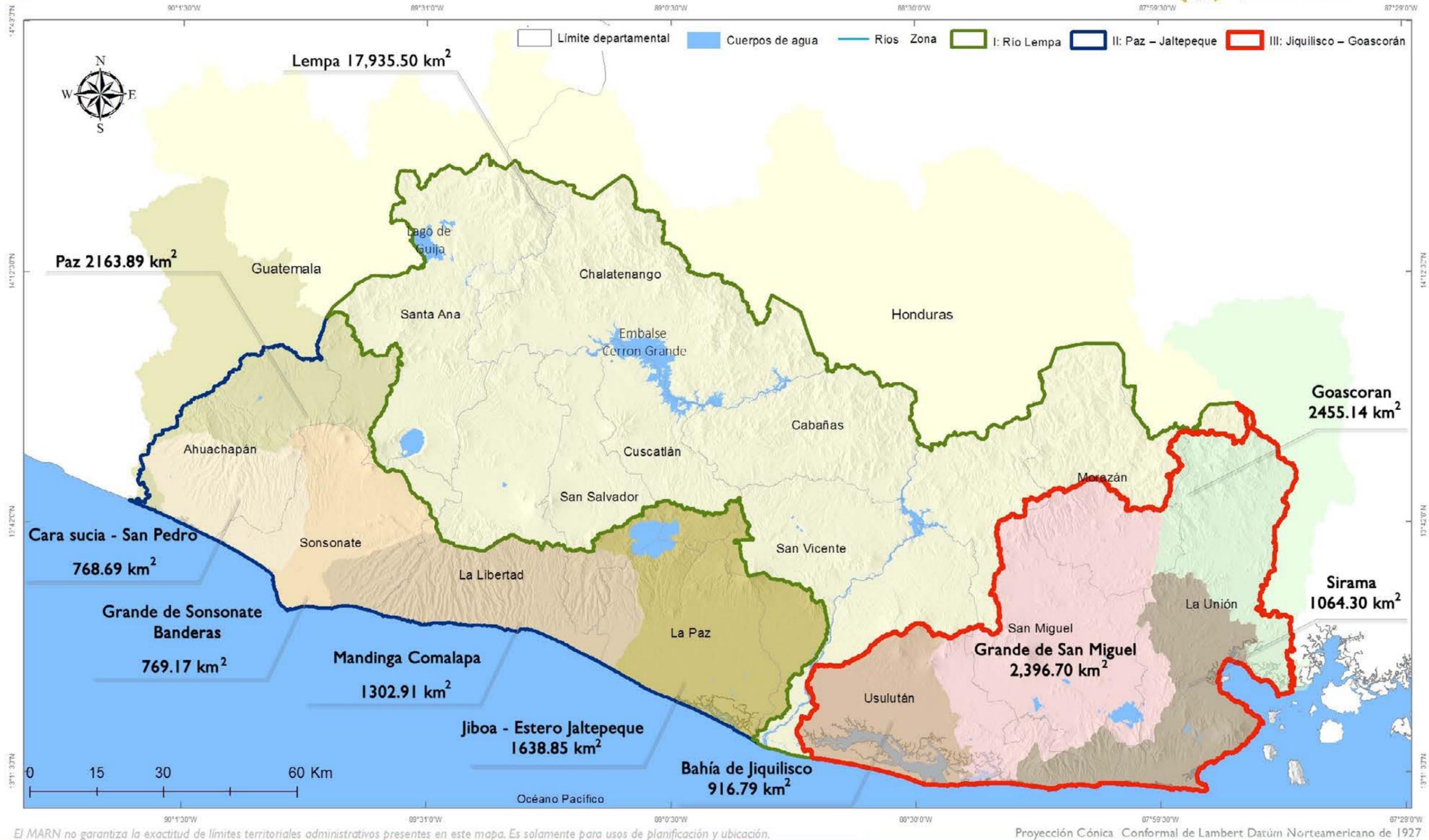


Figura 25. Regiones hidrográficas de El Salvador

Tabla 5
Superficie de las regiones hidrográficas en El Salvador, Guatemala y Honduras

Región hidrográfica	Área total (km ²)	El Salvador (km ²)	Honduras (km ²)	Guatemala (km ²)
A – Lempa	17,935.50	10,200.93	5,180.40	2,554.17
B – Paz	2,163.89	893.95	-	1,269.94
C – Cara Sucia – San Pedro	768.69	768.69	-	-
D – Grande de Sonsonate – Banderas	769.17	769.17	-	-
E – Mandinga – Comalapa	1,302.91	1,302.91	-	-
F – Jiboa – Estero Jaltepeque	1,638.85	1,638.85	-	-
G – Bahía Jiquilisco	916.79	916.79	-	-
H – Grande de San Miguel	2,396.70	2,396.70	-	-
I – Sirama	1,064.30	1,064.30	-	-
J – Goascorán	2,455.14	1,082.56	1,372.58	-
Total	31,411.94	21,034.85	6,552.98	3,824.11

Fuente: PNGIRH, 2017

Lagos y humedales

En El Salvador se identifican 59 humedales continentales y estuarinos, entre los que se pueden mencionar, las lagunas Verde de Apaneca y San Juan del Gozo, el golfo de Fonseca, el arrecife rocoso de Los Cóbanos, y los sitios declarados con categoría de humedales de importancia internacional bajo la convención Ramsar, tales como: lagunas de Olomega y El Jocotal, Barra de Santiago, estero Jaltepeque, bahía de Jiquilisco, lago de Güija y embalse Cerrón Grande. En la Figura 26, se muestran los principales lagos, lagunas y lagunetas del país.

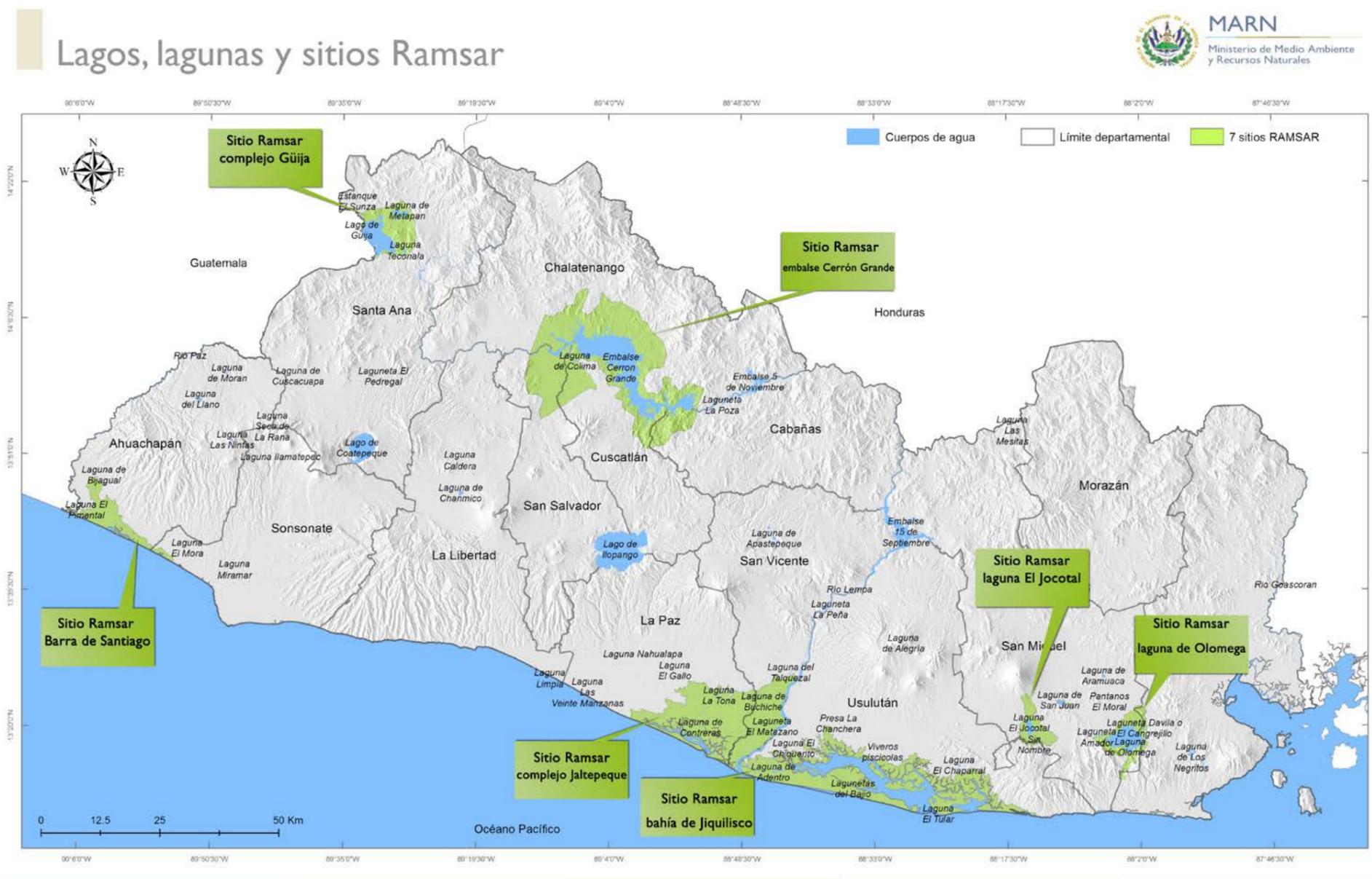


Figura 26. Lagos, lagunas y sitios Ramsar de El Salvador
Fuente: MARN

Aguas de transición

Las aguas en transición son masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos y cuentan con alto contenido de salinidad debido a la interacción que existe con las aguas costeras. Adicionalmente, el PNGIRH considera este tipo de recurso superficial como uso ecológico o social. Sin embargo, no se cuenta con una reglamentación que las incluya en el vigente marco normativo.

Dentro del PNGIRH se desarrolló una delimitación basada en la capa de usos de suelos, considerando zonas de bosques de manglar, estuarios, lagunas costeras, salineras y zonas ecotonales. El resultado de esa propuesta se presenta en la Figura 27.



Figura 27. Aguas de transición delimitadas en El Salvador
Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

Aguas costeras

En su artículo 5 de la Ley del Medio Ambiente (LMA) se describe la zona costera-marina como la franja costera comprendida dentro de los primeros 20 km que va desde la línea costera tierra adentro y la zona marina en el área que comprende al mar abierto, desde 0 a 100 m de profundidad, y en donde se distribuyen las especies de organismos de fondo marino. La superficie aproximada de esta zona es de 21,000 km², la cual está dividida en franja terrestre (33 % del total) y en la franja costera (67 % del total).

El PNGIRH delimita las aguas costeras con base en sus rasgos naturales (paisajes), criterios de legislación detalladas en la Ley del Medio Ambiente y a las áreas protegidas o de conservación. Las ocho delimitaciones de masas de aguas costeras y su respectiva área superficial en km² se presentan en la Tabla 6 y Figura 28.

Tabla 6
Masas de aguas costeras delimitadas en El Salvador

Código masa de agua costera	Nombre	Área total (km ²)
C001	Planicie costera de occidente	1,173.51
C002	Los Cóbanos	774.60
C003	Costa acantilada El Bálsamo	1,532.82
C004	Planicie costera central	1,485.74
C005	Estero de Jaltepeque y Bahía Jiquilisco	6,178.25
C006	Costa acantilada Jucuarán	5,209.20
C007	Planicie costera oriental	1,108.01
C008	Costa del golfo de Fonseca	837.94
Total		31,411.94

Fuente: PNGIRH, 2017

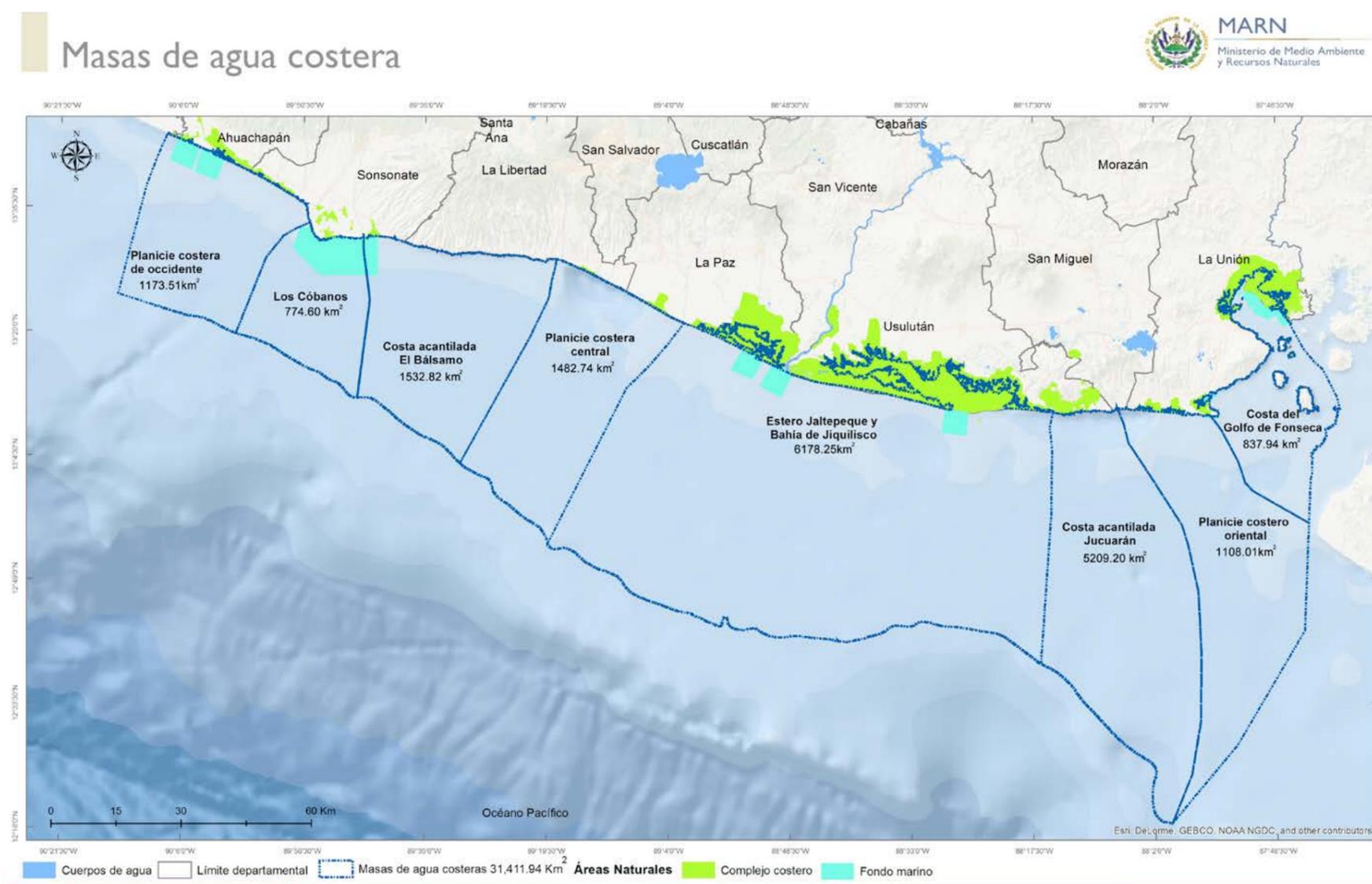


Figura 28. Masas de agua costera delimitadas en El Salvador
Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

4.1.2. Cuerpos de agua subterráneos

Se estima²⁴ que en El Salvador existe una superficie acuífera equivalente a 9,611.88 km², representando un 46.34 % de la superficie de El Salvador. La mayor parte de esta superficie se ubica en la depresión central del país, comprendiendo los departamentos de Ahuachapán, Santa Ana y Sonsonate, al occidente; el Área Metropolitana de San Salvador, al centro; y, San Miguel al oriente. En estas zonas se ha identificado la presencia de dos sistemas acuíferos:

- a) Sistema acuífero superficial, detrítico y de extensión limitada, el cual posee un espesor saturado que puede variar entre los 30 metros y 60 metros.
- b) Sistema acuífero de mayor profundidad y extensión, el cual es caracterizado por una porosidad por fracturación y condicionada por la distribución de los flujos de lava y los esfuerzos tectónicos a que ha sido sometida la zona.

Otra parte de la superficie acuífera se ubica en las planicies de la costa pacífica y pequeños valles formados por materiales piroclásticos, expulsados y/o depositados desde las partes altas de la cadena volcánica. Estos procesos han dado lugar a la formación de acuíferos detríticos de muy diversa granulometría y morfología, con un espesor saturado que puede variar entre los 30 y 40 metros de profundidad.

Adicionalmente, se encuentran los acuíferos de la sierra, al norte de los departamentos de Santa Ana, Chalatenango, Cabañas, San Miguel, Morazán y La Unión; los cuales son de tipo detrítico, producto de procesos tectónicos-volcánicos y erosivos. Estos se encuentran limitados por litologías de baja permeabilidad con cierto grado de fracturación, lo cual permite su descarga, principalmente, a través de manantiales.

La presencia de las diferentes litologías dentro de la superficie acuífera conlleva a su delimitación de acuerdo a la capacidad para almacenar y transmitir el agua proveniente de la recarga hídrica. Esta delimitación consiste en 72 acuíferos mostrados en la Figura 29, resaltando áreas de especial interés hidrogeológico como los entornos de los volcanes Apaneca, Santa Ana e Izalco, San Salvador, San Vicente, Tecapa, Usulután, El Tigre, Chinameca, San Miguel y Conchagua; así como, en los cursos más bajos de los ríos Paz, Lempa y Goascorán. Estas zonas de interés hidrogeológico son áreas de importante recarga acuífera que representan un alto valor ambiental y/o de mantenimiento de gran cantidad de actividades socioeconómicas.



Figura 29. Delimitación de la superficie acuífera en 72 acuíferos
Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

²⁴ Estimación a partir de la información hidrogeológica recopilada y analizada en el marco del PNGIRH.

Los 72 acuíferos mostrados en la Figura 29 se agruparon en 21 masas de agua subterránea (MASub) Figura 30. La agrupación se elaboró con base en la similitud de las litologías y en el comportamiento hidrodinámico y químico del agua contenida en estos. De manera que, ningún acuífero se encuentra cortado por el límite de una MASub y los límites de estas últimas coinciden con los límites de los acuíferos.

La agrupación de los acuíferos en MASub significa un nuevo enfoque orientado a la gestión de las aguas subterráneas a escala nacional, ya que esas masas integran acuíferos con recursos hidráulicamente relacionados entre sí y con propiedades hidroquímicas similares. Por tanto, se requiere darles seguimiento para lograr su caracterización completa en calidad y con una homogeneidad espacial y temporal suficiente.

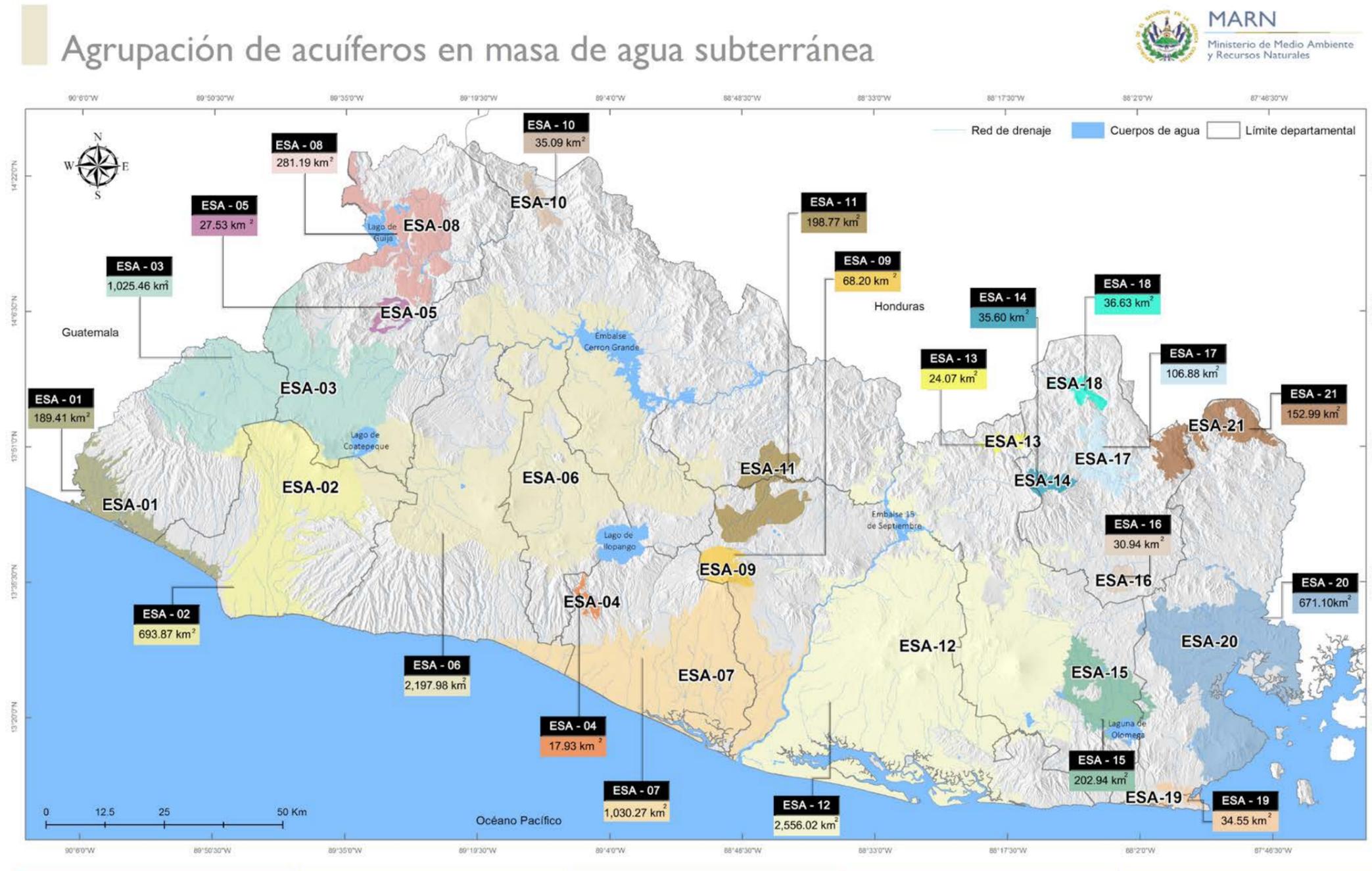


Figura 30. Agrupación de acuíferos en masas de agua subterránea (MASub)
 Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

4.1.3. Sistemas de explotación (SE)

Se define como Sistema de Explotación (SE) de recurso hídrico a aquel constituido por masas de agua superficial y subterránea, obras e instalaciones de infraestructura hidráulica, normas de utilización del agua derivadas de las características de las demandas y reglas de explotación que aprovecha los recursos hídricos naturales.

El PNGIRH definió los diez sistemas de explotación (SE), que corresponde con la división de las regiones hidrográficas mostrada en la Figura 25, y a la dependencia con las masas de agua subterránea (MASub) mostradas en la Figura 30.



Figura 31. Sistemas de explotación (SE) identificados en El Salvador
Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

4.2. Clima, precipitación y variabilidad climática

El Salvador se ubica geográficamente en lo que se conoce como el cinturón tropical de la Tierra, dentro de la Zona de Convergencia InterTropical (ZCIT). La influencia de las corrientes marinas del océano Pacífico al sur, y lo pequeño de su territorio, hacen que la mayoría de parámetros climáticos no presenten grandes oscilaciones en el transcurso del año. Con el flujo del este, se inicia –después de un cierto período de transición– la época lluviosa en la zona central del país. La actividad lluviosa suele empezar primero en el oeste y en el norte del país, y abarca, unas semanas más tarde, la zona oriental. La época lluviosa va de mayo a octubre, sufre una disminución entre julio y agosto, presentando períodos secos con lluvias nocturnas. Estos períodos secos reciben el nombre de canículas, y constituyen un serio problema para la agricultura en la zona oriental, valles interiores del noroeste y zona costera del suroeste.

La temporada lluviosa abarca desde mayo a octubre y la época seca de noviembre a abril, y entre ellas se presentan períodos de transición. En la época lluviosa la distribución es bimodal y, en la mayoría de los casos, el registro de lluvia máximo primario es en septiembre (máximo cercano a los 350 mm) y el máximo secundario en junio

(325 mm aproximadamente). Los meses de julio y agosto muestran una disminución importante de precipitación, mostrándose con claridad en la zona costera y oriental del país, no así en algunos puntos de la zona norte o sobre la cordillera sur.

Los valores promedios anuales de lluvia oscilan entre 1200 mm en los alrededores de la frontera noroccidental con Guatemala, y 2800 mm en las partes altas de la cordillera del norte y sierras sur-occidentales, alcanzando promedios nacionales de 1867 mm (serie 1981-2010). La costa y los valles interiores del oriente del país se consideran relativamente secos, con valores de 1600 mm de precipitación anual. Sierras y volcanes del sur occidente presentan cantidades arriba de los 2400 mm.

El 85 % del total de la lluvia proviene de chubascos acompañados de tormentas eléctricas, y el restante 15 % de temporales que se presentan en la parte sur del país. Los chubascos (lluvia de corta duración), característicos de la época lluviosa, generalmente tienen un promedio de una hora y 20 minutos, y alcanzan intensidades máximas mayores a 2 mm por minuto. La generación de lluvia de los chubascos es variable, pero puede ocurrir máximos de hasta 220 mm en solo uno. Los chubascos son producidos por perturbaciones en la corriente del este, favorecidas por la orografía, los sistemas locales de viento o transporte de aire húmedo desde el Pacífico.

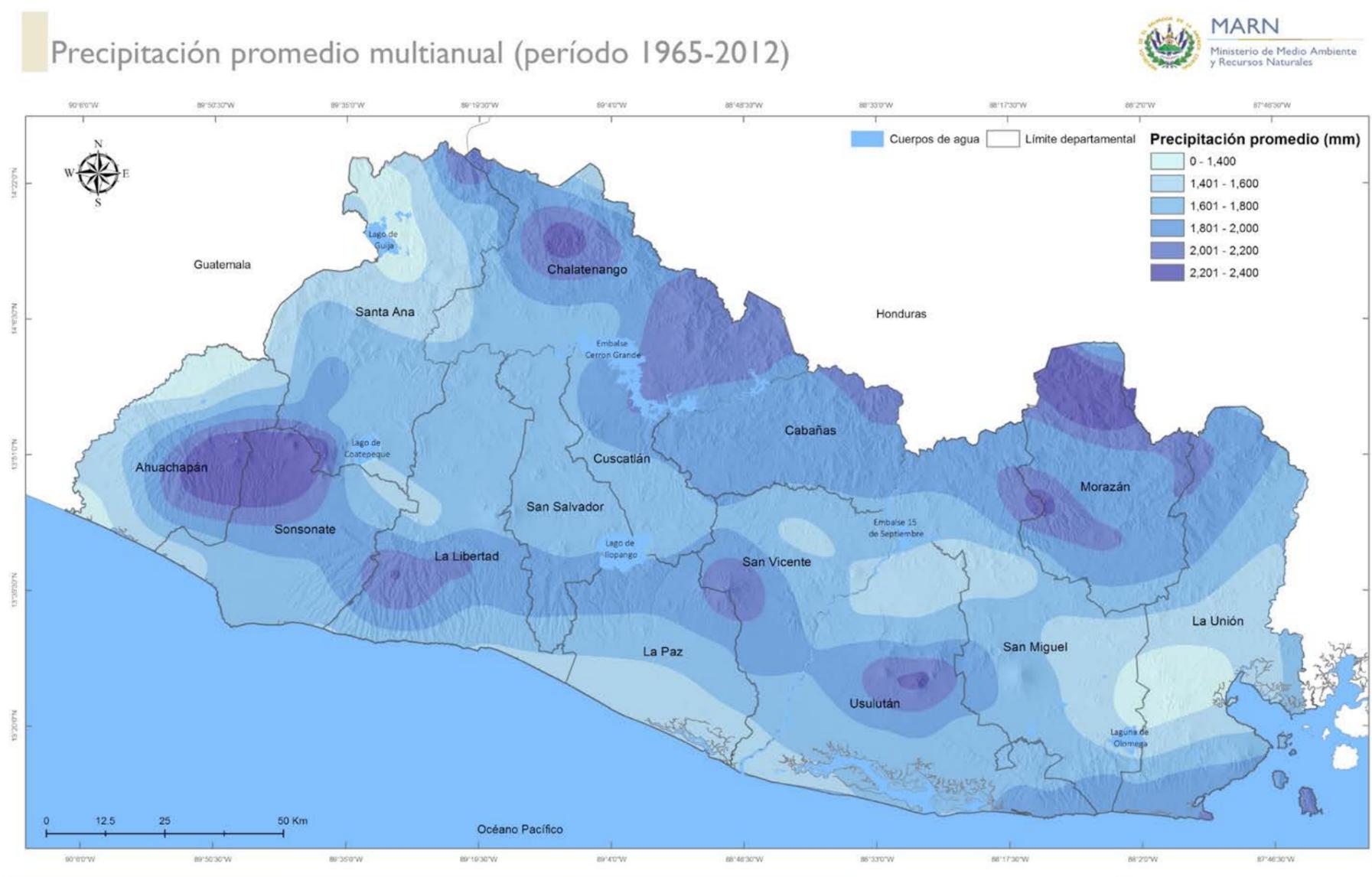


Figura 32. Precipitación promedio multianual, periodo 1965 - 2012
Fuente: Informe Nacional del Estado de los Riesgos y las Vulnerabilidades. MARN, 2017.

En los meses de junio a septiembre, incluso octubre y noviembre, el acercamiento de la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT) favorece la formación de perturbaciones que pueden cubrir todo el país. Estas condiciones meteorológicas conocidas como temporales, producen precipitaciones continuas de poca intensidad, pero generan grandes cantidades de lluvia. La zona más afectada por este tipo de eventos es el sur del país, extendiéndose al oriente, hacia el valle del río Torola. De la distribución interanual, se cuenta con registros que, la disminución de la lluvia durante algunos años se observa durante eventos El Niño Oscilación del Sur (ENOS), en su fase cálida o El Niño, en especial, los fuertes y los muy fuertes.

Se ha mostrado la evidencia de los impactos ocasionados por la variabilidad climática, la cual se define como la desviación de las pautas normales del clima o climatología en un lugar determinado. Esta variabilidad puede ocurrir en diversas escalas de tiempo, desde variabilidad intra-estacional hasta de varios años o décadas.

Producto de la variabilidad climática y del cambio climático, se ha evidenciado una clara tendencia a que se exacerben los fenómenos hidrometeorológicos extremos y cada vez, estos eventos se hacen más frecuentes e intensos, se incrementa la conectividad de las tormentas (mayor intensidad de lluvia), la distribución espacial y temporal de las precipitaciones es mucho más irregular. Existen cambios en el origen, la trayectoria y número de sistemas ciclónicos originados en los océanos Pacífico y Atlántico que inciden sobre el territorio. Además, se registra la incidencia de vientos nortes más fuertes y prolongados, heladas y temperatura ambiente más alta o más baja; así como la temperatura del agua de los océanos se vuelve más extrema.

De hecho, el régimen de lluvia, caracterizado típicamente por una época seca (de noviembre a abril) y una época lluviosa (de mayo a octubre), se alteró en las últimas décadas. En estos últimos años, se presentaron diversas anomalías en el patrón temporal y espacial de la lluvia, lo que ha derivado en un incremento de los desastres vinculados a fenómenos hidrometeorológicos, tanto por exceso como por falta de precipitación, ejerciendo mayores presiones sobre el recurso hídrico.

4.3. Estado actual de los recursos hídricos

La seguridad hídrica, según UN-Water (2013), implica el acceso a cantidad adecuada de agua de calidad aceptable para sostener medios de vida, bienestar humano, y desarrollo socioeconómico; protección contra desastres relacionados con el agua, y enfermedades transmitidas por este vital recurso; y preservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política. En ese sentido, la seguridad hídrica puede definirse como “la provisión confiable de agua cuantitativa y cualitativamente aceptable para la salud, la producción de bienes y servicios y los medios de subsistencia, junto con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua” (Grey y Sadoff, 2007).

El Salvador enfrenta, desde hace varios años, una situación de inseguridad hídrica relacionada directamente con actividades antropogénicas, con la variabilidad climática y el cambio climático, lo que, sin embargo, no se traduce en una condición generalizada de estrés pues, como ya se ha mencionado, el desbalance entre la demanda bruta y la media del recurso disponible sólo se circunscribe a unos cuantos sistemas de explotación. De tal manera que aún la precipitación anual del país garantiza una importante oferta hídrica. Sin embargo, la disponibilidad real de agua es baja y escasea a escala local debido a la pérdida de la capacidad de regulación e infiltración del agua, el grave deterioro

de la calidad del agua y la creciente variabilidad climática, que ha derivado en grandes cambios en la distribución espacial y temporal de las lluvias (MARN, 2012a).

Las aportaciones naturales totales anuales estimadas globalmente en las cuencas de El Salvador, obtenidas como promedio histórico en la serie 1970-2012, ascienden a 20,293 MMC, de las cuales el 57 % se concentra en la región y zona hidrográfica del río Lempa, el 22 % en la zona occidental Paz-Jaltepeque, y el 21 % en la zona oriental Jiquilisco-Goascorán.

En principio, el país dispone de suficiente agua para hacerle frente a las necesidades de su población. La oferta hídrica anual de El Salvador es casi tres veces superior al promedio mundial. Los problemas de abastecimiento de agua en el país radican, en gran medida, en que el agua no está disponible, básicamente por el nivel de contaminación de las aguas superficiales y por la manera de cómo se gestionan los recursos hídricos para satisfacer las demandas crecientes, particularmente las de tipo consuntivo²⁵. Estas se traducen en extracciones de agua superficial que provocan alteraciones hidrológicas e impactos permanentes sobre el recurso. Por tanto, es importante evaluar la distorsión originada en los caudales circulantes con respecto a los caudales naturales, para estimar ese impacto y, específicamente, considerar las extracciones consuntivas de agua para usos urbanos, industriales y agrarios y las regulaciones del flujo, concretamente desvíos para uso hidroeléctrico.

La distribución desigual de la población en el territorio, y las asimetrías en cuanto a la densidad poblacional entre las regiones hidrográficas, que no siempre se corresponden con la distribución, también asimétrica, de los recursos hídricos en el territorio, plantean un reto adicional a la provisión del recurso a escala nacional.

4.3.1. Agua superficial: cantidad

Red de monitoreo para la evaluación de la cantidad del agua

La evaluación de la cantidad del agua en los diferentes ríos del país, se realiza a través de una red de estaciones hidrométricas, la cual está constituida por 42 estaciones distribuidas en todo el país. Esta red de monitoreo tiene dos objetivos principales, el primero es generar información para disponibilidad hídrica, con el fin de cuantificar el recurso hídrico superficial disponible. El segundo es generar información para el Sistema de Alerta Temprana por inundación y sequía. El periodo de registro varía para cada una de las estaciones, siendo las más antiguas las construidas en la década de los años 60.

Las estaciones hidrométricas son recintos donde se ubican los equipos para medición de nivel del río y de lluvia. La información es analizada y procesada, conformando la base de información hidrológica nacional que incluye niveles y caudales medios, máximos y mínimos obtenidos en tiempo real. En adición a esta red, el MARN dispone de una red secundaria de monitoreo hidrológico, que no cuentan con estaciones hidrométricas (Figura 34).

²⁵ Consuntivo, del latín *consumptus*, consumido, y del sufijo “ivo” que indica inclinación o capacidad para y que está relacionado con. Consuntivo, que tiene la capacidad, virtud y eficacia de consumirse, como es el caso de un servicio público de teléfono, energía, gas o agua.

Ubicación de estaciones de la red hidrométrica nacional



Figura 33. Ubicación de estaciones de la red hidrométrica nacional
Fuente: MARN

Como parte del monitoreo, en las estaciones de la red hidrométrica nacional se realizan mediciones de caudal instantáneo o aforos, los cuales tienen una periodicidad mensual. En la Figura 35 se muestran los números de aforo realizados en el periodo comprendido entre 2013 y 2017. En la Figura 36 se puede observar el incremento

y la homogeneización en el número de aforos realizados en cada una de las estaciones de la red hidrométrica. Lo anterior ha permitido incrementar la información hidrológica para generar valores estadísticos más consistentes.

Ubicación de sitios de monitoreo hidrológico de la red secundaria en el año 2017



MARN
Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Naturales

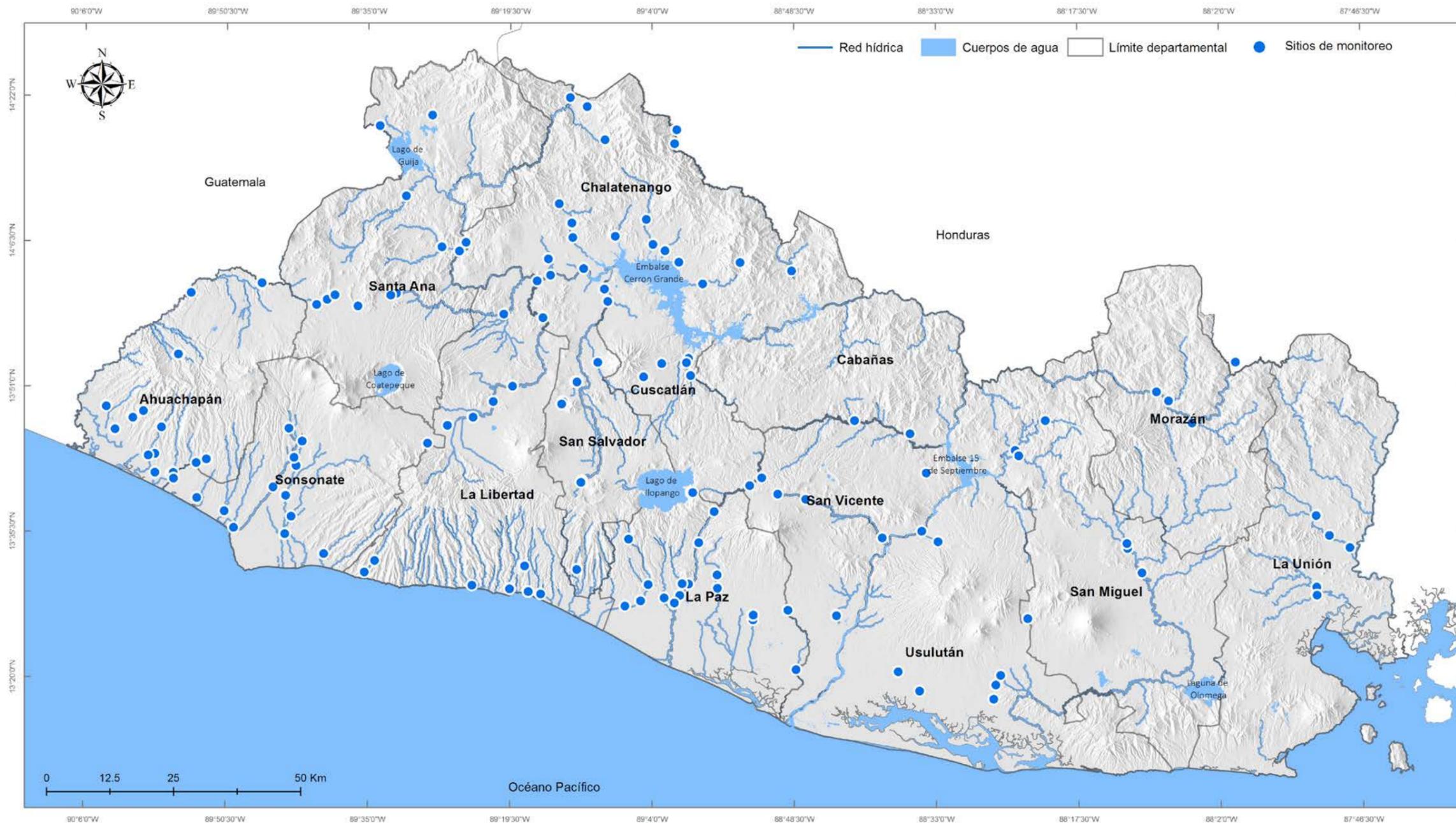


Figura 34. Ubicación de sitios de monitoreo de la red secundaria en el año 2017
Fuente: MARN

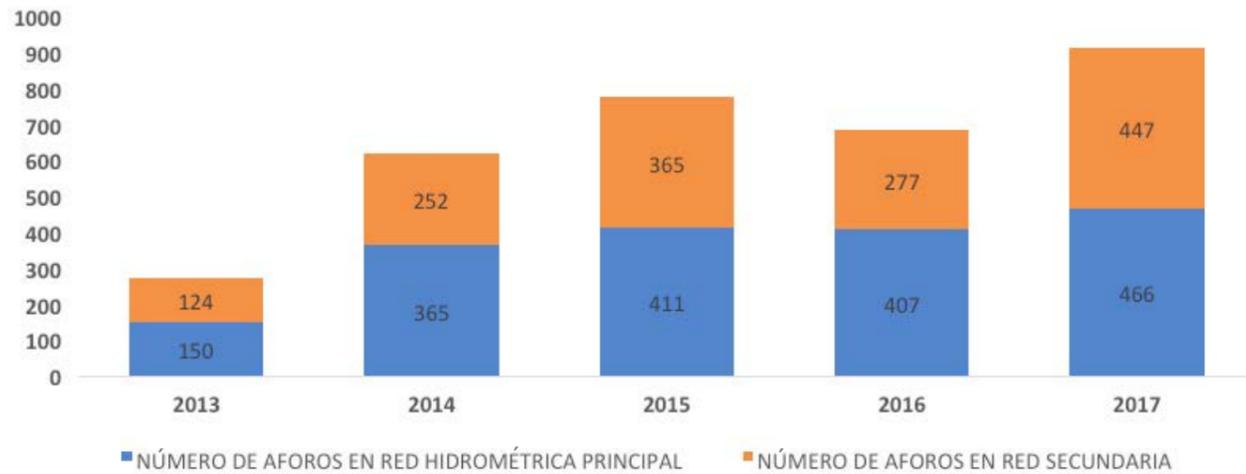


Figura 35. Número de aforos realizados en ríos del país en el periodo 2013 al 2017
Fuente: MARN

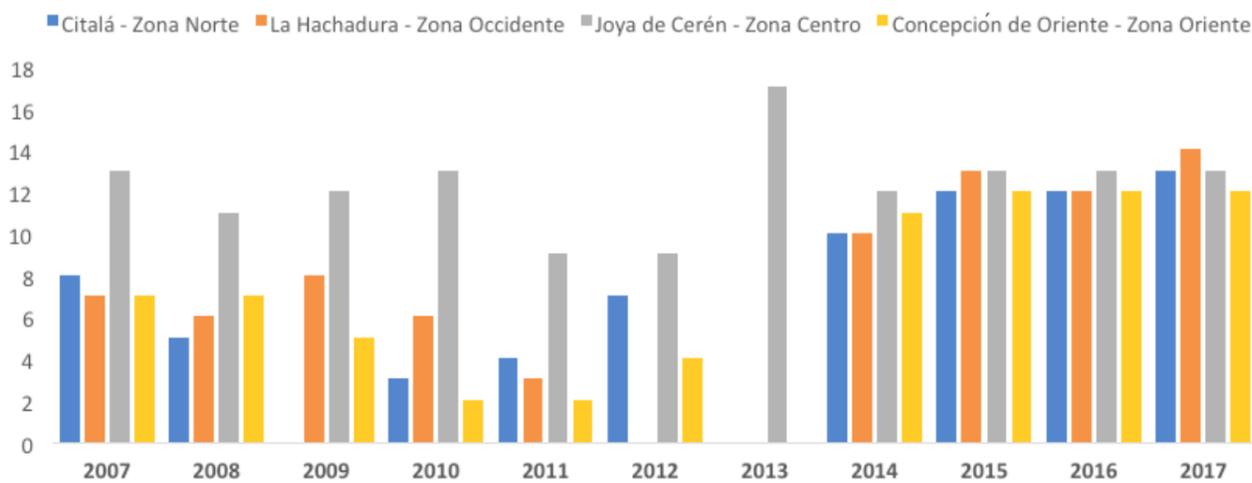


Figura 36. Número de aforos de la última década en las estaciones hidrométricas Citalá, La Hachadura, Joya de Cerén y Concepción de Oriente
Fuente: MARN

Comportamiento en los caudales de los ríos

Con relación a los caudales medios en cada una de las cuencas hidrográficas varía en función del tamaño de la misma: por ejemplo, el mayor aporte de caudal se genera en el río Lempa con un promedio anual de 363.8 metros cúbicos por segundo (m^3/s), registrándose en la estación San Marcos Lempa, ubicada aproximadamente a 50 kilómetros de la desembocadura. En el mismo río pero en la zona del municipio de Citalá, departamento de Chalatenango, se registra un caudal promedio anual de 19.6 (m^3/s). En la Figura 37 y Figura 38 se muestran los caudales medios anuales en diferentes ríos del país, medidos en la red de estaciones hidrométricas.

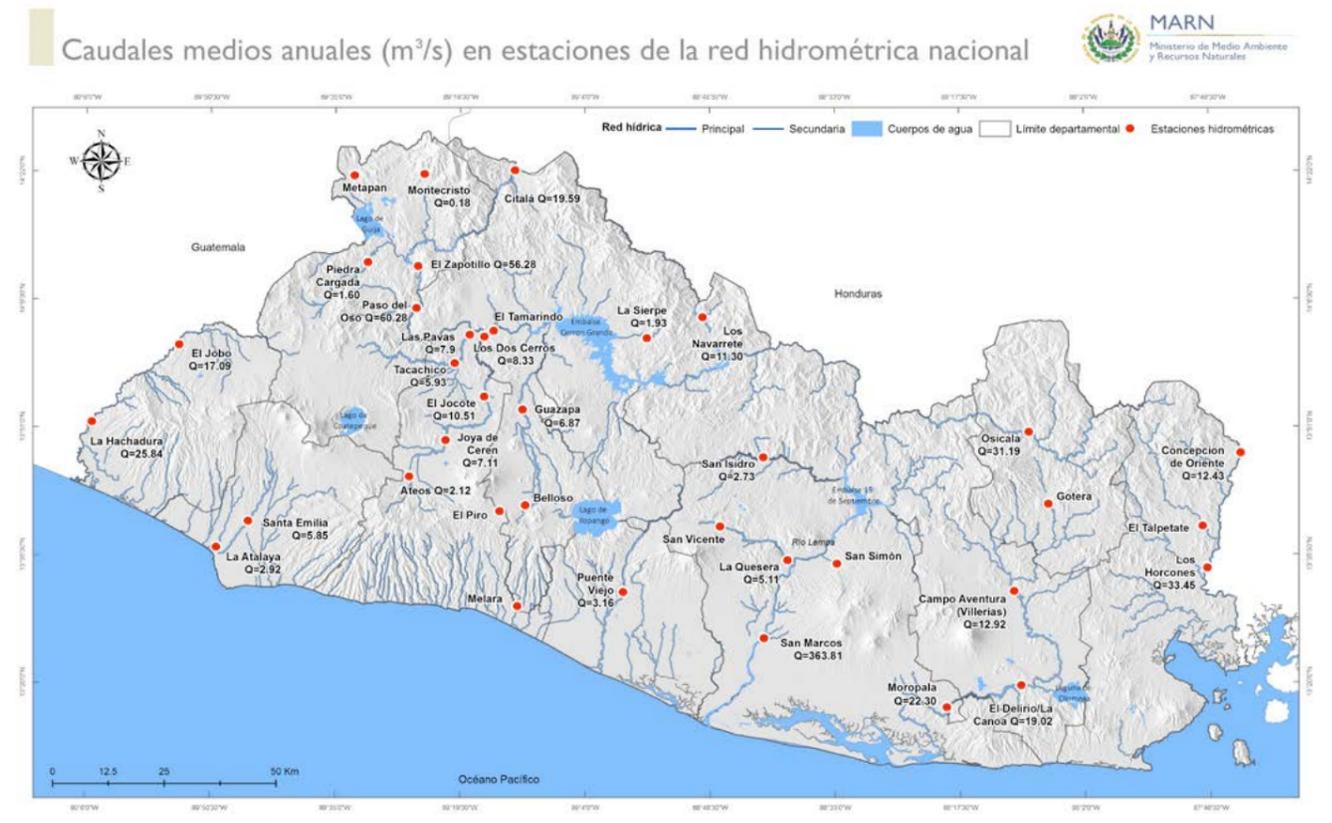


Figura 37. Caudales medios anuales (m^3/s) en estaciones de la red hidrométrica nacional
Fuente: MARN

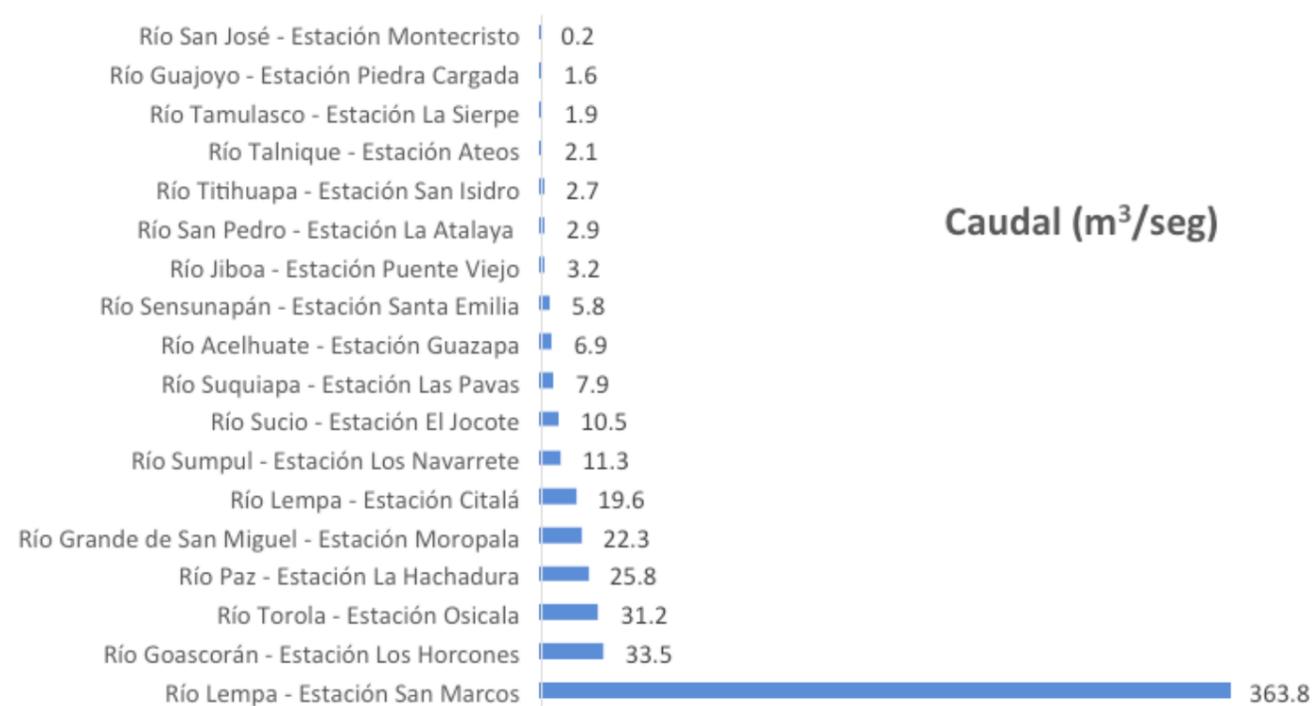


Figura 38. Caudales medios multianuales en ríos de El Salvador
Fuente: MARN

El análisis de la información indica que para el año hidrológico 2016 –2017 los caudales de la mayoría de ríos del país estuvieron por debajo de las condiciones promedios, tal y como lo muestra la Figura 39. La irregularidad en la distribución de la lluvia y la reducción en cantidad durante ese periodo, ha contribuido a estas disminuciones. Las zonas más afectadas han sido el oriente y el norte del país, con reducciones entre 40 y 60 % con relación a los promedios históricos. De igual forma se ha mostrado reducciones de hasta el 90 % como es el caso de la cuenca del río Torola en el departamento de Morazán.

4.3.2. Agua superficial: calidad

En El Salvador la problemática de la contaminación de los recursos hídricos superficiales se encuentra ligada al desarrollo de las regiones, asentamientos urbanos, industria y actividades agrícolas, lo que, sumado a la falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales, saneamiento básico deficiente y una educación ambiental baja de la población, vuelve crítica la situación de la calidad del agua superficial.

Una de las principales fuentes puntuales de contaminación son las aguas residuales domésticas, debido a los volúmenes considerables de aguas crudas vertidas a los ríos; así como fuentes no puntuales de contaminación, dentro de las cuales se encuentra el arrastre de sedimentos de zonas deforestadas, ganadería extensiva, agricultura en laderas, entre otras. Lo anterior ocasiona que la capacidad de autodepuración de los ríos disminuyan y limite sus posteriores usos.

Los cuerpos de agua con calidad de agua más deteriorada se encuentran generalmente aguas abajo de las ciudades más densas del país, presentando condiciones críticas como falta de oxígeno disuelto y de alta densidad de bacterias, Coliformes fecales, entre otros.

Red de monitoreo de la calidad del agua de los ríos

La red de monitoreo de calidad de agua de El Salvador ha sido diseñada bajo el concepto de generación de información para la toma de decisiones a largo plazo. Esta red cuenta con sitios de muestreo permanentes de control de la calidad de agua distribuidos en los principales ríos a escala nacional y en cada uno de esos sitios de muestreo se realizan mediciones de caudal, de calidad del agua *in situ* y recolección y traslado de muestras de agua para su posterior análisis en el Laboratorio de Calidad del Agua del MARN.

Cada uno de los sitios ha sido elegido considerando todos los parámetros necesarios para garantizar que sea representativo del curso de agua, es decir, que caracterice la calidad de toda la masa de agua que circula por el sitio en un período dado, según lo indicado por los protocolos de monitoreo de calidad y cantidad de agua.

Entre estos criterios técnicos en la selección de los lugares para las muestras de agua, se encuentra el fácil acceso al sitio de muestreo en todo momento y condiciones hidrológicas adecuadas, mezcla completa de contaminantes de tributarios y/o efluentes sitio homogéneo (similares parámetros de calidad de agua en toda su sección transversal).

El análisis también contempla tomar en cuenta cualquier alteración de la cantidad o calidad de las aguas en el río (tributarios, descargas o tomas de agua), cambios hidráulicos del río (variaciones de la profundidad o la velocidad del flujo), características hidráulicas del flujo (velocidad o posibilidad que exista un tiempo de residencia del contaminante para determinar la frecuencia de muestreo) y que la corriente no sea afectada por obras civiles tales como: puentes, represas, difusores de cañerías que transportan aguas residuales y canales naturales y/o artificiales.

La red de monitoreo de calidad de agua se evalúa desde el 2006 en 117 sitios de muestreo distribuidos en 55 ríos del territorio nacional. A continuación se muestra en detalle la red de monitoreo.

Anomalía de escurrimiento registrada (%) en el año hidrológico 2016 – 2017



Figura 39. Anomalía de escurrimiento registrada (%) en el año hidrológico 2016 – 2017
Fuente: MARN

Red de evaluación de calidad del agua

Resultados 2017



Figura 40. Red de sitios para la evaluación de la calidad de agua de los ríos a escala nacional
Fuente: Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017

Evaluación de la calidad del agua

El último análisis de la calidad del agua superficial fue realizado del 17 de enero al 26 de mayo de 2017, utilizando diversas herramientas de evaluación.

• **Índice de Calidad de Agua General (ICA):** es la calificación de la calidad de agua de los ríos estudiados con relación a su condición general para permitir el desarrollo de vida acuática. El índice adopta, para condiciones óptimas, un valor máximo determinado de 100, valor que disminuye con el aumento de la contaminación en el agua en estudio, hasta un valor de cero. La presente herramienta se calcula tomando en cuenta nueve parámetros de calidad de agua entre ellos: Coliformes fecales, Oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días, pH, Turbiedad, Nitrato, Fosfato, Sólidos disueltos totales, variación en la temperatura del agua.

• **Guías de calidad del agua:** para evaluar las diversas aptitudes de uso como agua para potabilizar por métodos convencionales, para riego, consumo animal y actividades recreativas se compararon los resultados de los

parámetros de calidad de agua con los valores de guías de calidad de agua establecidas a través de la metodología de mejor criterio profesional. Estas guías valoran una gama amplia de parámetros de calidad de agua.

El indicador ODS 6.3.2 Proporción de cuerpos de agua con calidad ambiental buena de los Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) muestra el porcentaje de cuerpos de agua con calidad que no afecta la función ecosistémica ni la salud humana.

Los resultados del Índice de Calidad de Agua (ICA) del muestreo realizado en el año 2017, plantean una mejora notoria de la calidad de las aguas superficiales; lo anterior, debido a que los sitios con calidad *pésima* han desaparecido y la calidad de los sitios con agua catalogada como *buena* se incrementó.



Figura 41. Calidad de agua valorada a través del Índice de Calidad de Agua (ICA) para el año 2017
Fuente: Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017

Tabla 7
Calidad de agua con base en el Índice de Calidad de Agua

Calidad de agua	Usos	Porcentaje de sitios (%)
Excelente	Facilita el desarrollo de vida acuática	0
Buena	Facilita el desarrollo de vida acuática	32
Regular	Limita el desarrollo de vida acuática	59
Mala	Restringe el desarrollo de vida acuática	9
Pésima	Imposibilita el desarrollo de vida acuática	0

Fuente: Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017

El índice de calidad del agua se calcula cada año y para el 2017 los resultados presentan una mejora en la saturación de oxígeno disuelto de hasta el 100 %, valores de DBO5 menores a 1.99 mg/L, de Nitrato de hasta 0.54 mg/L, de Fosfato de hasta 0.02 mg/L y de Turbiedad de hasta 0.4 mg/L.

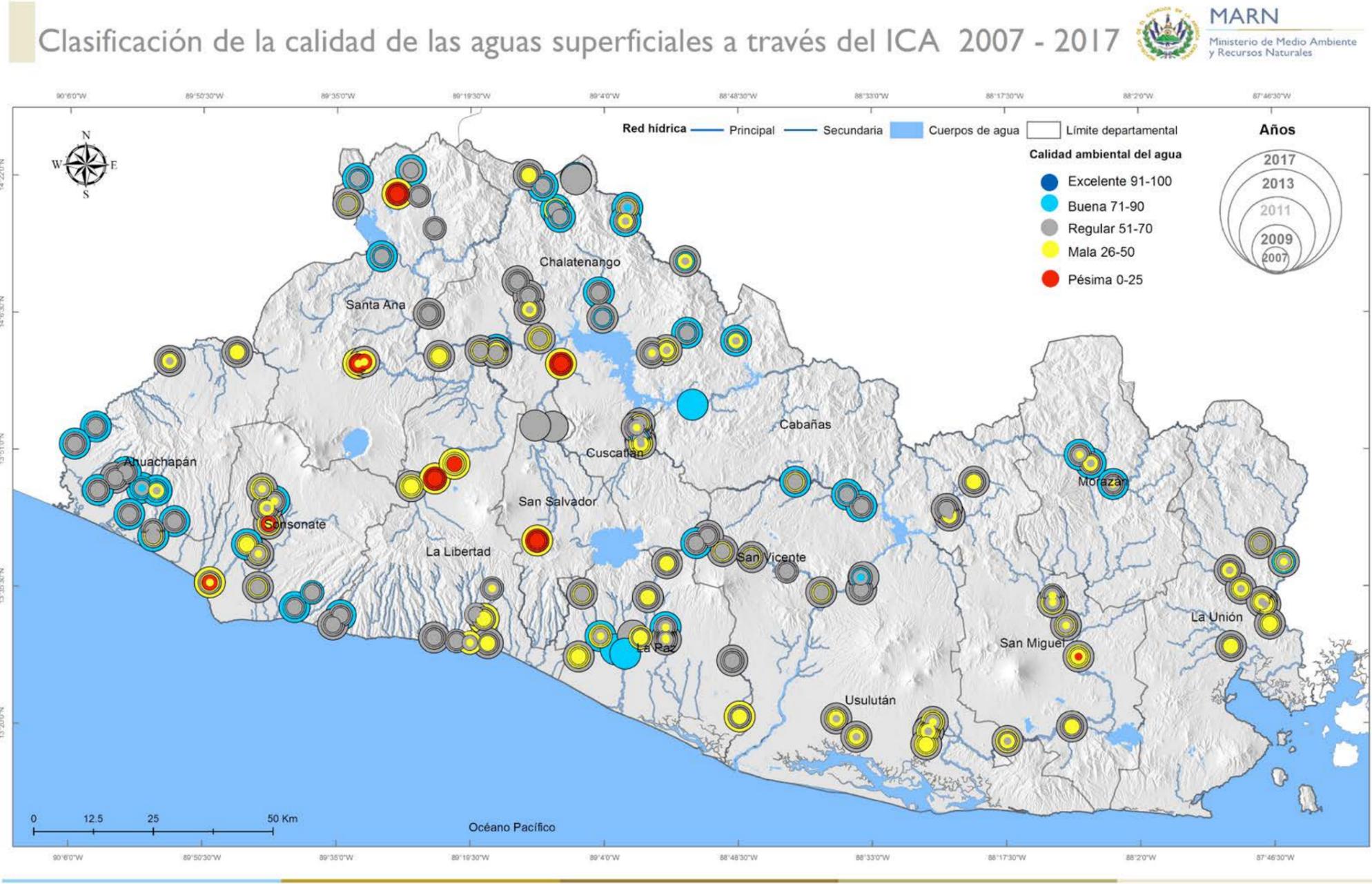


Figura 42. Evolución del Índice de Calidad de Agua (ICA) para el período 2007- 2017
Fuente: Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017, MARN

Tabla 8
Valores históricos de la calidad del agua en base al ICA

Calidad de agua	Porcentaje de sitios (%)						
	2006	2007	2009	2010	2011	2013	2017
Excelente	0	0	0	0	0	0	0
Buena	17	3	0	2	12	5	32
Regular	50	45	60	65	50	73	59
Mala	20	46	31	27	31	17	9
Pésima	13	6	9	6	7	5	0

Fuente: Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017

Al comparar resultados para el año 2017, estos muestran una mejora de la calidad de agua de los sitios evaluados a escala nacional con calidad *buena* de un 27 %. Adicionalmente, es notorio que los sitios con calidad *pésima* han desaparecido a escala nacional. En otras palabras, la calidad del agua superficial ha mejorado según el Índice de la Calidad del Agua (ICA).

En la Figura 43 se muestra el número de sitios de muestreo según el índice de calidad de agua para cada uno de los años evaluados.

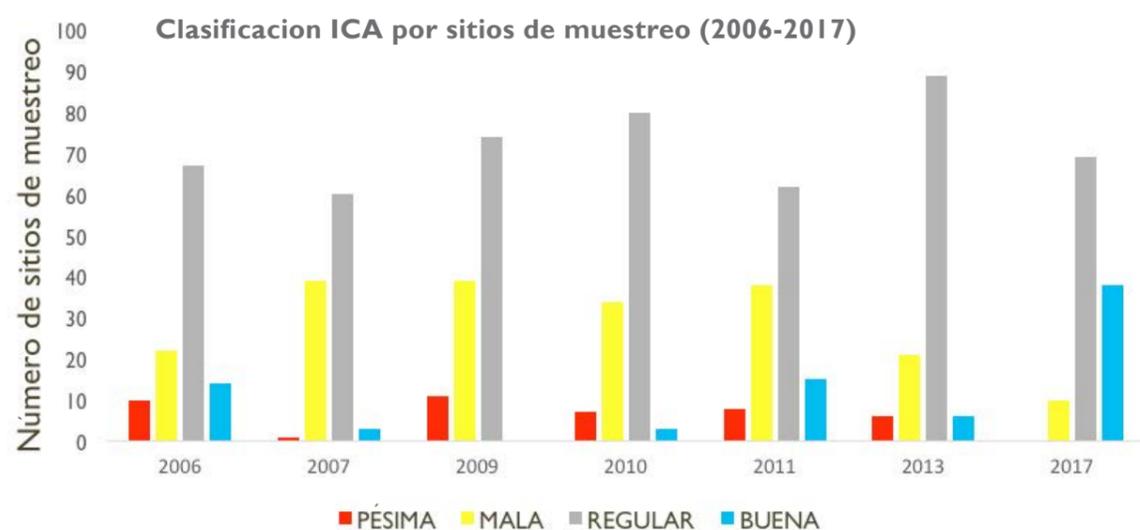


Figura 43. Clasificación de sitios de muestreo según el índice de calidad de agua
Fuente: Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017

Calidad de agua valorada a través de la aplicación del Indicador ODS 6.3.2

El Indicador de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6.3.2 (UN-Water) plantea la proporción de cuerpos de agua con calidad ambiental buena, lo cual indica un nivel de calidad que no afecta ni la función ecosistémica, ni la salud humana. Los resultados para el presente indicador se han calculado a partir del muestreo de calidad de agua desde el año 2013, para dar seguimiento al cumplimiento de la Meta 6.3 de los ODS la cual dice que para 2030, se mejorará la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación del vertimiento y la reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos, la reducción a la mitad del

porcentaje de aguas residuales sin tratar y un aumento sustancial del reciclado y la reutilización en condiciones de seguridad a escala mundial.

El indicador para El Salvador está compuesto por 20 parámetros entre fisicoquímicos, químicos y bacteriológicos los cuales se detallan en la Tabla 9:

Tabla 9
Parámetros y valores guías para el cálculo del indicador ODS 6.3.2

N°	Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo
1	Alcalinidad (mg/L)	20	
2	Boro (mg/L)		1.5
3	Cobre (mg/L)		0.01
4	Coliformes fecales (NMP/100 ml)		100
5	Conductividad eléctrica (µS/cm)		1000
6	Cromo hexavalente (mg/L)		0.1
7	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (mg/L)		5
8	Dureza total(mg/L)		500
9	Flúor (mg/L)		1.5
10	Fósforo total (mg/L)		0.05
11	Nitrato (mg/L)		10
12	Nitrito (mg/L)		0.06
13	Nitrógeno amoniacal (mg/L)		2.2
14	Nitrógeno total de Kjeldahl (mg/L)		0.315
15	Oxígeno disuelto (mg/L)		4
16	pH (u pH)	6.5	9
17	Sólidos suspendidos (mg/L)		25
18	Temperatura de la muestra (°C)		35
19	Turbiedad (UNT)		88
20	Zinc (mg/L)		0.01

Fuente: MARN 2017

Estos parámetros fueron seleccionados a partir de las recomendaciones que se hacen en la metodología de diseño del indicador que proporciona el programa de medio ambiente de la ONU, de este modo los valores guías están diseñados para la protección de la vida acuática y evitar las afecciones a la salud humana.

Si bien el indicador está diseñado para conocer el porcentaje de cuerpos de agua de buena calidad, los productos intermedios del mismo permiten conocer el estado de la calidad del agua superficial, de esta forma se presenta el estado de calidad de los ríos evaluados para el ODS 6.3.2 durante 2017 (Figura 44).

En la Figura 45 se muestran los ríos con buena calidad (color azul) lo que significa es que al menos el 80 % de todos los parámetros evaluados en las diferentes muestreos, los valores guía fueron cumplidos. En caso contrario, si fue menor a 80 % son considerados de calidad no buena (color amarillo). Para el 2017, el 57 % de los ríos evaluados fueron clasificados como de buena calidad, es decir 36 de los 63 ríos evaluados en la red de monitoreo de calidad de agua en ríos.

La Figura 44 muestra los resultados de cada una de las regiones hidrográficas obtenidos para los años 2013 y 2017.

Calidad de las aguas superficiales del país según el ODS 6.3.2

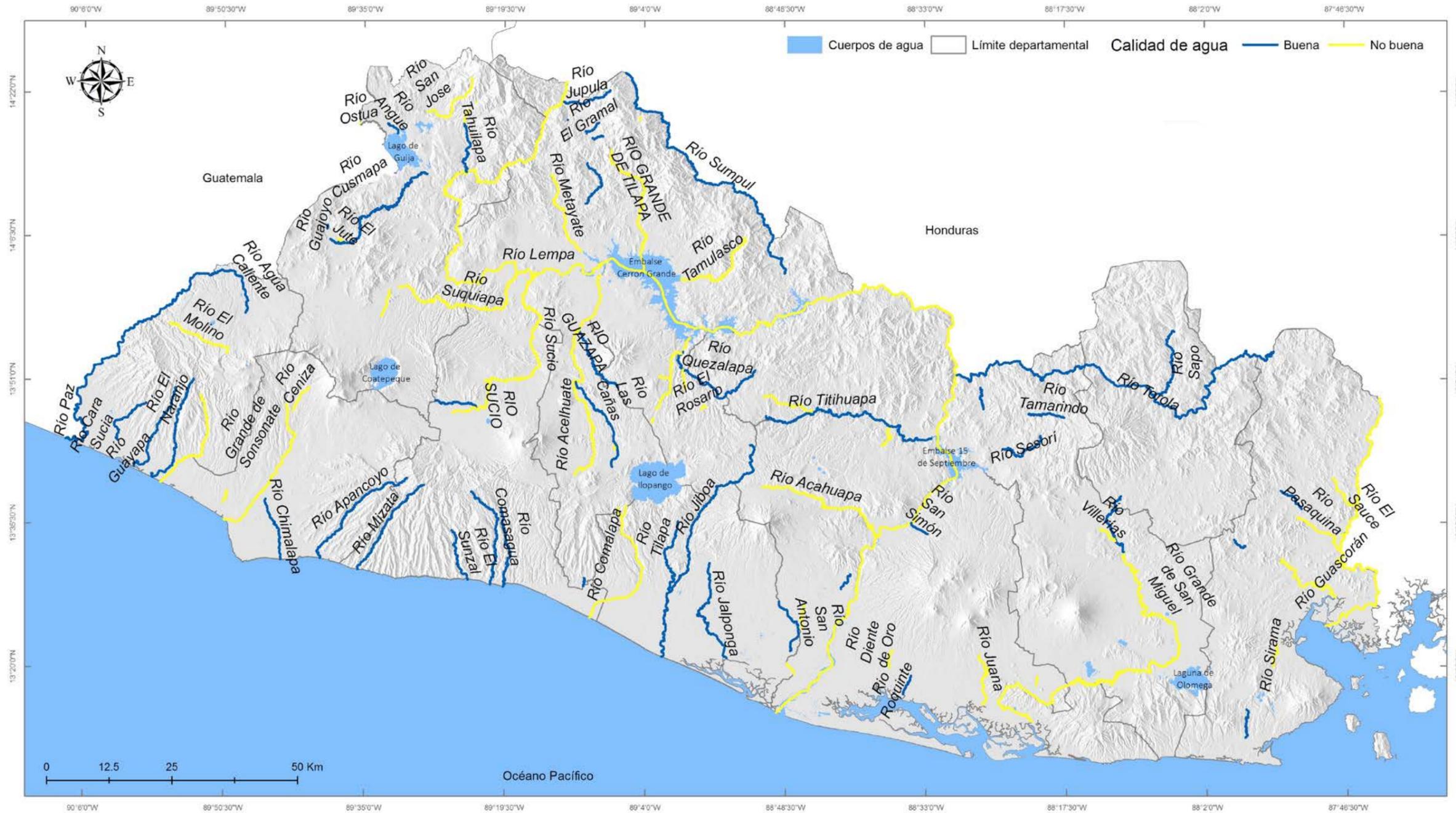


Figura 44. Cuerpos de agua de calidad buena o calidad no buena según el ODS 6.3.2 para 2017
 Fuente: MARN

Los resultados varían dependiendo de la región hidrográfica, pero los resultados para todo el territorio nacional indican que existe una mejora del presente indicador del 14 % de los ríos entre los dos años evaluados.

muestran que no existe ningún sitio que cumpla con las guías de calidad de agua, debido a valores fuera de norma para los parámetros de Coliformes fecales, DBO5, Oxígeno disuelto, pH, Fenoles, Fósforo total, Boro, Arsénico, Nitrógeno amoniacal, Nitrito, Sodio, Sulfato, Plomo, Cadmio, Níquel, Hierro, Manganeso y Sólidos disueltos totales.

Calidad del agua cruda para potabilizar por métodos convencionales

Los resultados de la evaluación de la calidad del agua para potabilizar por métodos convencionales (Figura 46)

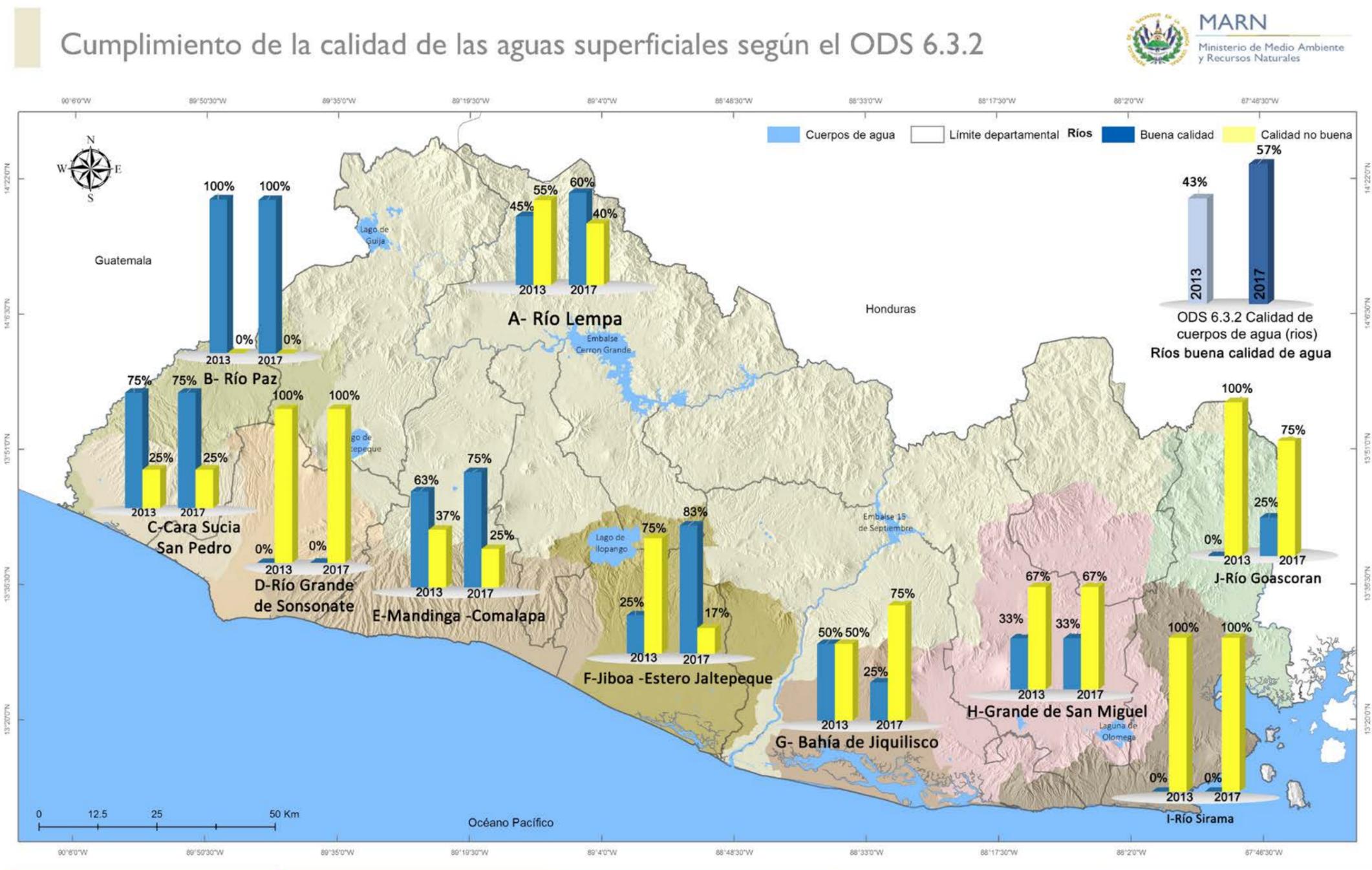


Figura 45. Resultados del Indicador ODS 6.3.2 2013 y 2017
Fuente: MARN

Aptitud del agua cruda para potabilizar por métodos convencionales 2017

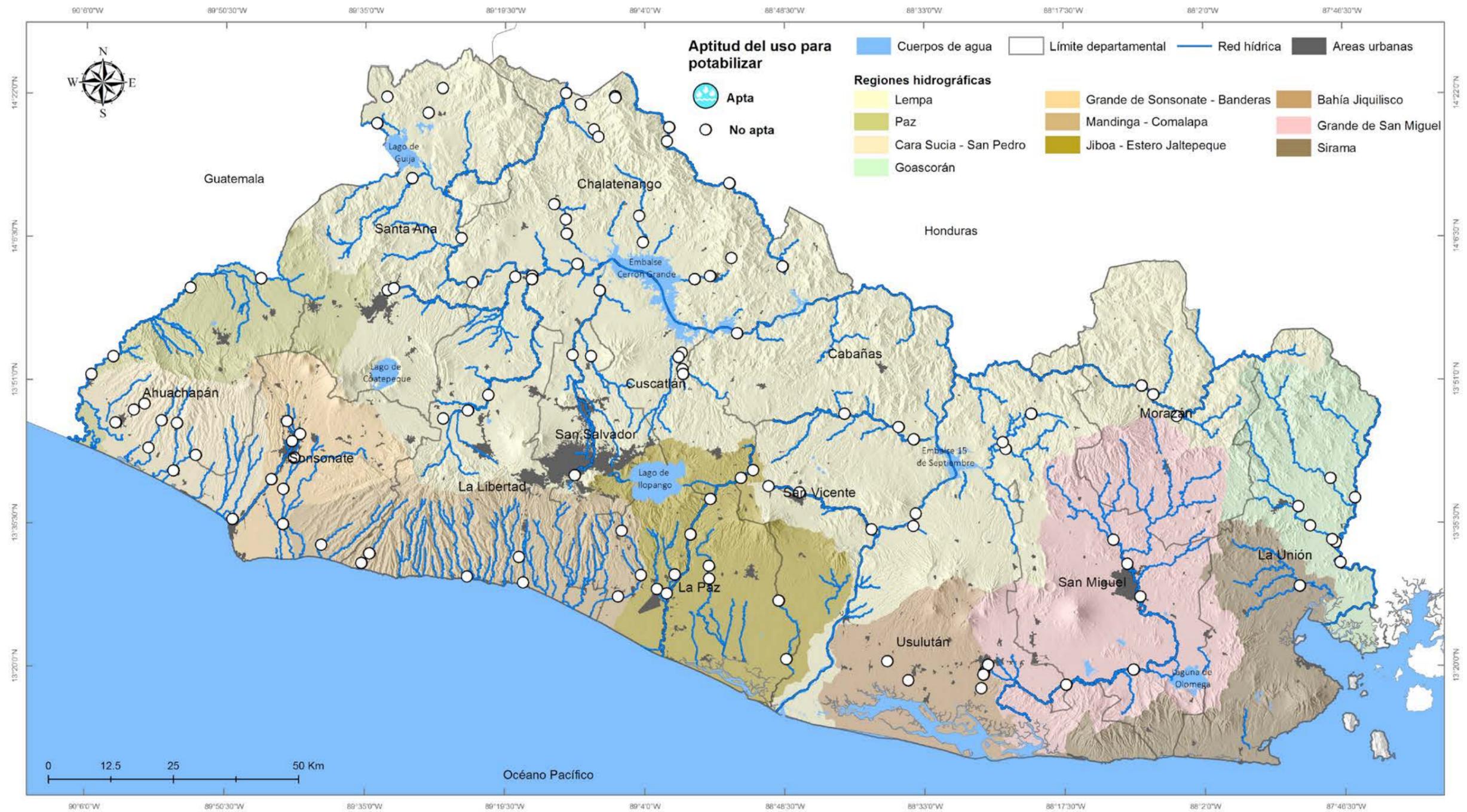


Figura 46. Resultados de calidad de agua para potabilizar por métodos convencionales
Fuente: Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017, MARN

Calidad del agua para riego sin restricciones

Los resultados de la calidad del agua muestran que solamente 12 sitios de los 117 evaluados a escala nacional cuentan con la calidad del agua para ser utilizada en actividades de riego sin restricciones, lo que equivale al 10 %, el restante 90 % de los sitios no cumplen con las características necesarias debido a valores fuera de los

niveles establecidos en las guías de calidad del agua para Aluminio, Boro, Cadmio, Manganeso, Arsénico, Níquel, Bicarbonatos, Coliformes fecales, Cloruro, Nitrato, Conductividad eléctrica, pH, Sólidos totales disueltos y RAS (Razón de Absorción de Sodio).



Figura 47. Resultados de calidad de agua para riego sin restricciones Fuente: Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017. MARN

Tabla 10

Calidad de agua para los sitios evaluados en los distritos de riego

Distrito de riego	Sitio	Resultados
Distrito de riego y avenamiento de Zapotitán	Río Sucio	La calidad de agua no cumple debido a valores de: Coliformes fecales de 35,000 NMP/100 m con valor guía de 1000 NMP/100mL, Manganeso con 0.28 mg/L y el valor guía es de 0.2 mg/L y Bicarbonato de 218.7 mg/L con un valor guía de 91.53 mg/L
Distrito de riego y avenamiento de Atiocoyo, unidad norte	Río Lempa	La calidad de agua no cumple debido a valores de: Coliformes fecales de 9,200 NMP/100 m cuando el valor guía es de 1000 NMP/100mL Bicarbonato de 113.2 mg/L y el valor guía es de 91.53 mg/L
Distrito de riego y avenamiento de Atiocoyo, unidad sur	Río Sucio	El presente sitio de muestreo no cumple debido a valores de: Coliformes fecales de 1300 NMP/100 mL con un valor guía de 1000 NMP/100mL Bicarbonatos de 251.9 mg/L y un valor guía de 91.53 mg/L, Conductividad eléctrica de 1120 µS/cm y el valor guía es de 700 µS/cm Nitrate de 9.75 mg/L con valor guía de 5 mg/L
Distrito de riego y avenamiento Lempa Acahuapa	Río Lempa	No se recolectó muestra de la canaleta de abastecimiento al distrito de riego por encontrarse sin agua.
	Río Acahuapa	El presente sitio de muestreo no cumple debido a valores de: Coliformes fecales de 3500 NMP/100 mL con valor guía de 1000 NMP/100mL Bicarbonato de 119.1 mg/L con valor guía de 91.53 mg/L Nitrate de 5.85 mg/L que su valor guía es de 5 mg/L Boro de 0.97 mg/L con un valor guía de 0.7 mg/L

Fuente: Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017. MARN

Calidad del agua para consumo de especies de producción animal

Los resultados de la calidad de agua muestran que 96 sitios de los 117 evaluados a escala nacional cuentan con la calidad de agua para ser utilizada para consumo de especies de producción animal, el restante 18 % de los sitios no cumplen con los niveles establecidos en las guías de calidad de agua para Manganeso, Aluminio, Cadmio y Conductividad eléctrica.



Figura 48. Resultados de calidad de agua para consumo de especies de producción animal
Fuente: Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017

Calidad del agua para actividades recreativas con contacto directo

Los resultados de la calidad de agua muestran que 7 sitios de los 117 evaluados en el territorio nacional cuentan con la calidad de agua a ser utilizada para actividades recreativas sin restricción, el restante 94 % de los sitios no cumplen con los niveles establecidos en las guías de calidad de agua para Coliformes fecales, Aceite y grasas, Oxígeno disuelto y Turbiedad.

Zonificación de calidad del agua en ríos

La zonificación de la calidad del agua de los ríos del país se realizó a través de los resultados del índice de calidad de agua CCME.WQI, el cual es una metodología promovida por el Consejo de Ministros de Ambiente de Canadá (CCME por sus siglas en inglés y francés). Este índice se calcula con base en la valoración de quince parámetros de calidad de agua definidos específicamente para El Salvador, los cuales se encuentran directamente vinculados a la protección de la vida acuática.

La información para la zonificación proviene de muestreos puntuales realizados desde 2006 sobre la red de monitoreo de calidad del agua en ríos. Debido a que el análisis de la información es sobre un punto específico, es preferible realizar la zonificación por medio de tramos o segmentos de ríos que responden a la calidad de agua encontrada en sus puntos adyacentes.

Este método propone realizar una estimación espacial de la evaluación del CCME.WQI por sitio de muestreo, al cual se le asigna la longitud de un tramo del río, hasta antes de coincidir con el siguiente punto de muestreo aguas abajo o hasta su desagüe. Este proceso se realiza a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG). La Figura 51 presenta los resultados para 2017.



Figura 49. Medición de calidad del agua para determinar sus usos recomendados
Fuente: MARN

Según la clasificación del CCME.WQI se establecen las siguientes zonas:

Clase 1

Protección: preservación de la calidad del agua y protección de la vida acuática
Mantenimiento y protección de los usos actuales. No se permitirá una mayor degradación de la calidad del agua que pueda interferir con las actuales designaciones de uso.
Clasificación del CCME.WQI: *excelente/buena*

Clase 2

Mantenimiento: recuperación paulatina de la calidad del agua
Mantenimiento de una calidad del agua superior a la necesaria para proteger las designaciones de uso, salvo que existan razones económicas o sociales suficientemente importantes para justificar una calidad inferior del agua.
Clasificación del CCME.WQI: *regular*

Clase 3

Remediación: planes de descontaminación y saneamiento

Los ríos en la zona presentan condiciones precarias que necesitan sean tratadas por medio de planes a mediano o largo plazo.

Clasificación del CCME.WQI: *mala/pésima*

Para el establecimiento de la zonificación de ríos en 2017, se utilizó la información recolectada en siete campañas de monitoreo: 2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2013 y 2017. La zonificación permite tener un panorama íntegro del estado de las aguas por tramos de ríos lo cual es conveniente para muestreos puntuales como los que se realizan en las campañas anuales.

Como puede observarse el 4 % de los tramos evaluados son considerados como ecosistemas acuáticos en buen estado; el 35 % como tramos de ríos que necesitan labores de mantenimiento, es decir, que son tramos con afecciones antropogénicas, pero que aún no han llegado a afectar directamente el equilibrio del ecosistema acuático; y el 61 % restante, son zonas alteradas que necesitan ser intervenidas para recuperar condiciones cercanas a las naturales.

La zonificación de calidad de agua resulta ser más restrictiva que otros indicadores ya que en esta se considera la incidencia en la calidad del agua debido a metales pesados y la carga bacteriológica la cual afecta directamente al indicador normalizado (CCME.WQI) utilizado para la zonificación.

Aptitud del agua para actividades recreativas de contacto directo 2017

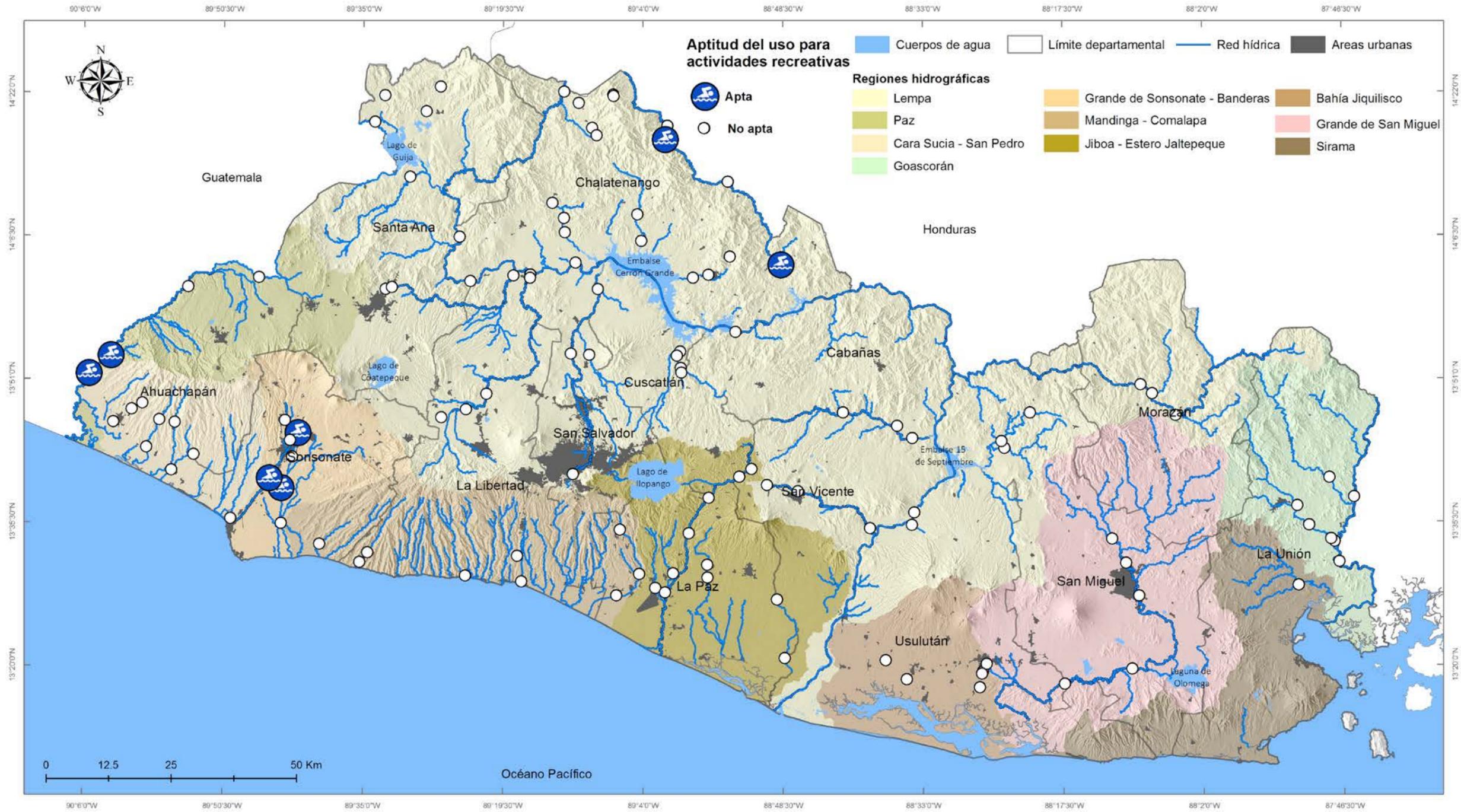


Figura 50. Resultados de calidad de agua para actividades recreativas con contacto directo
Fuente: Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador 2017

Zonificación de calidad de agua 2017

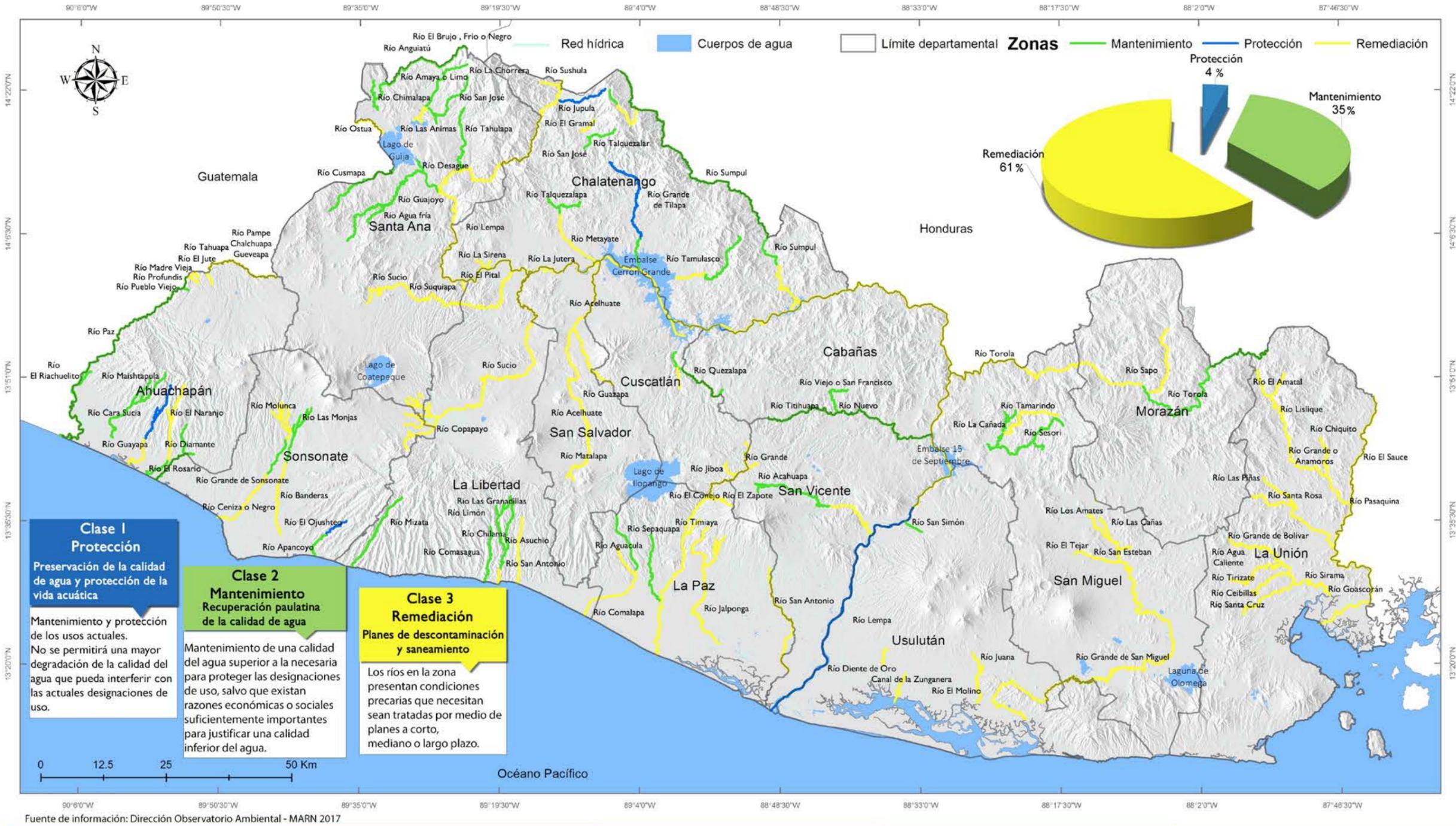


Figura 51. Zonificación de la calidad del agua en ríos
Fuente: MARN

4.3.3. Aguas subterráneas

La unidad de trabajo básica para inventariar el agua subterránea viene determinada por el acuífero, el cual se define como una o más formaciones geológicas capaces de contener un volumen apreciable de agua y de transmitirlo con cierta facilidad.

Los acuíferos pueden reunirse en grupos de dos o más atendiendo a sus comportamientos hidrogeológicos e hidroquímicos. Estas agrupaciones reciben el nombre de masas de agua subterránea (MASub) aunque también

se identifican masas integradas por un único acuífero con características propias (litológicas, flujos subterráneos, hidroquímica, entre otras) que lo individualizan del resto.

El Salvador posee una superficie acuífera equivalente a unos 9611.88 km², aproximadamente el 46.34 % de la superficie nacional y de acuerdo al PNGIRH se han delimitado 72 acuíferos y 21 MASubs (Figura 52).



Figura 52. Masas de agua subterránea en El Salvador
Fuente: PNGIRH, MARN 2016.

Se considera como áreas de especial interés hidrogeológico las que se disponen en los entornos de los volcanes Apaneca, Santa Ana e Izalco, San Salvador, San Vicente, Tecapa, Usulután, El Tigre, Chinameca, San Miguel y Conchagua, y en los cursos más bajos de los ríos Paz, Lempa y Goascorán, por constituir zonas de importante recarga acuífera con alto valor ambiental y/o concentración de las actividades socioeconómicas del país.

La recarga de las MASub es el resultante de un nuevo patrón de lluvias en el cual la precipitación aumenta notablemente en la época lluviosa (septiembre y octubre, este último mes en el que se produce el mayor incremento mensual estimado en 55.25 mm), y se reduce en todos los restantes, con la excepción del mes de noviembre, produciéndose una reducción máxima de 31.09 mm en el mes de julio.

La Tabla II reporta los valores de las recargas mensuales y totales, promedio multianual, por zona hidrográfica y región hidrográfica para el periodo 1970 - 2012.

Tabla II
Recargas mensuales y totales promedio multianual en MMClmes y MMCl año por región hidrográfica

ZH	Región hidrográfica	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total anual
I	A. Lempa	375.7	883.0	820.9	992.8	1182.9	777.0	100.6	3.6	0.5	0.7	6.2	38.1	5182.0
	Subtotal	375.7	883.0	820.9	992.8	1182.9	777.0	100.6	3.6	0.5	0.7	6.2	38.1	5182.0
II	B. Paz	7.7	50.1	55.5	77.7	97.3	61.8	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	357.6
	C. CSu-SPe	23.5	75.5	79.9	104.9	132.1	83.9	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	509.3
	D. Son-Ban	19.6	62.3	68.5	90.0	103.9	68.9	7.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5	421.9
	E. Man-Com	6.8	25.3	32.0	39.9	45.8	37.8	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	195.0
	F. Jib-Jal	36.3	58.0	66.4	84.9	106.5	84.8	20.1	0.6	0.2	0.0	0.7	6.7	465.2
	Subtotal	93.9	27.2	302.3	397.4	485.6	337.2	51.1	0.8	0.2	0.0	0.7	8.4	1949.0
III	G. Bahía de Jiquilisco	6.7	15.9	12.9	21.2	27.5	25.6	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	115.2
	H. San Miguel	44.4	84.1	71.8	107.4	172.2	137.7	20.5	0.3	0.0	0.0	0.0	2.9	641.1
	I. Sirama	7.3	11.2	9.6	11.5	13.3	12.2	3.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	68.8
	J. Goascorán	40.7	60.0	53.4	59.6	75.1	58.8	11.3	0.9	0.1	0.2	0.7	5.6	366.4
	Subtotal	99.1	171.2	147.7	199.7	288.0	234.3	40.4	1.3	0.1	0.2	0.7	8.8	1191.5
Total	568.7	1325.4	1270.9	1589.9	1956.5	1348.5	192.1	5.7	0.8	0.9	7.6	55.3	8322.5	

Nota: ZH: zona hidrográfica. RH: región hidrográfica.
Fuente: PNGIRH MARN, 2015b.

De acuerdo a estimaciones del PNGIRH, el 62 % del abastecimiento de agua para uso doméstico proviene de los acuíferos y, en menor medida, del recurso hídrico superficial del río Lempa por medio de las plantas de potabilización de Las Pavas, de modo que la protección de los cuerpos de agua subterránea constituye un tema crítico para garantizar la sustentabilidad hídrica del país.

No obstante, como lo subraya la Política Nacional del Medio Ambiente, tanto el agua superficial como la subterránea han sufrido un fuerte deterioro bajo diversas presiones de degradación ambiental. Los acuíferos de San Salvador y de la planicie costera central han sido sobreexplotados. El acuífero de Zapotitán tiene, además, problemas de contaminación, mientras que algunos acuíferos de la zona costera occidental se encuentran salinizados, producto del inadecuado manejo, lo que ha provocado su abandono, en tanto que la sobreexplotación ha obligado a perforar pozos a mayor profundidad (MARN, 2012a).

Cada vez hay mayores riesgos de que el aumento en el nivel del mar pueda afectar los acuíferos de la franja costera por la intrusión salina que podría ocurrir si el agua salada del mar penetra en el subsuelo costero, mezclándose con las reservas de agua dulce. Una extracción excesiva de agua en esas zonas podría acelerar ese proceso y hacer colapsar los acuíferos costeros por inundación con agua salada.

A este respecto, la Estrategia Nacional de Biodiversidad destaca, en particular, los riesgos del cultivo convencional de la caña de azúcar, dado que muchas de las áreas en las que se lleva a cabo, se ubican en zonas de recarga acuífera, tanto en la zona costera como en los valles intermedios, lo cual agudizaría la pérdida de acuíferos costeros superficiales por salinización a causa de la extracción de agua. Adicionalmente, el escurrimiento e infiltración de los agroquímicos asociados al cultivo de caña en las tierras más fértiles del país (planicie aluvial) genera un impacto degradador de gran magnitud, que afecta también ecosistemas cercanos como los manglares, contamina con infinidad de compuestos de elevada toxicidad el agua que fluyen hacia los humedales de la costa. De hecho, una quinta parte de la caña de azúcar se encuentra en las zonas de amortiguamiento de manglares (MARN, 2013c).

A los riesgos señalados deben añadirse las amenazas que el cambio climático conlleva para los recursos hídricos. Incluso para horizontes relativamente cercanos como el 2022, el PNGIRH señala “diferencias sustanciales en las series de aportaciones totales e infiltración” al tomar en cuenta los efectos del cambio climático sobre el volumen de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, lo cual agudizaría los problemas de disponibilidad de agua en el país y aumentaría los riesgos de estrés hídrico en el futuro.

Red de monitoreo

Se cuenta con una red de pozos de monitoreo, los cuales se subdividen en dos tipos: pozos de monitoreo con registrador automático, que registran y almacenan tres lecturas diarias de nivel piezométrico; y, pozos de monitoreo convencional, en pozos artesanales o excavados, que son utilizados para realizar mediciones dos veces al año durante la época seca y lluviosa.

En los pozos de mayor profundidad, el arribo de la recarga proveniente de las precipitaciones tiene un tiempo de desfase de aproximadamente dos a tres meses, por lo que los valores máximos de nivel piezométrico se registran ya finalizada la época lluviosa. En los pozos de menor profundidad, el aumento del nivel del agua subterránea es mucho más rápido.

a) Red de monitoreo convencional

Los pozos de monitoreo que conforman esta red se encuentran distribuidos principalmente en el acuífero poroso de la zona costera y los acuíferos prioritarios de Santa Ana, Zapotitán y San Miguel.

La red está constituida por 84 pozos excavados de uso doméstico. En estos sitios se realizan las mediciones dos veces al año, la primera durante la época seca y la segunda en la lluviosa.

En general, estos pozos tienen una respuesta rápida a las precipitaciones, ya que, por ser de poca profundidad, el tiempo de tránsito del agua lluvia hasta el nivel piezométrico es corto. Las limitantes de los datos obtenidos de esta red es que únicamente se tienen dos valores anuales.

b) Red de monitoreo automático

Conformada por 17 pozos perforados (Figura 53) y localizados en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), en el acuífero de Zapotitán, San Miguel y en la península San Juan del Gozo. Estos sitios se encuentran equipados con dispositivos de medición y almacenamiento de los niveles piezométricos, programados para realizar las lecturas cada ocho horas. Los registros obtenidos de estos pozos de monitoreo tienen algunas limitantes, ya que, en la mayoría de los casos, se desconoce el armado (ubicación de rejillas) de los pozos, así como la descripción de la columna litológica de estos.

Redes de monitoreo de agua subterránea

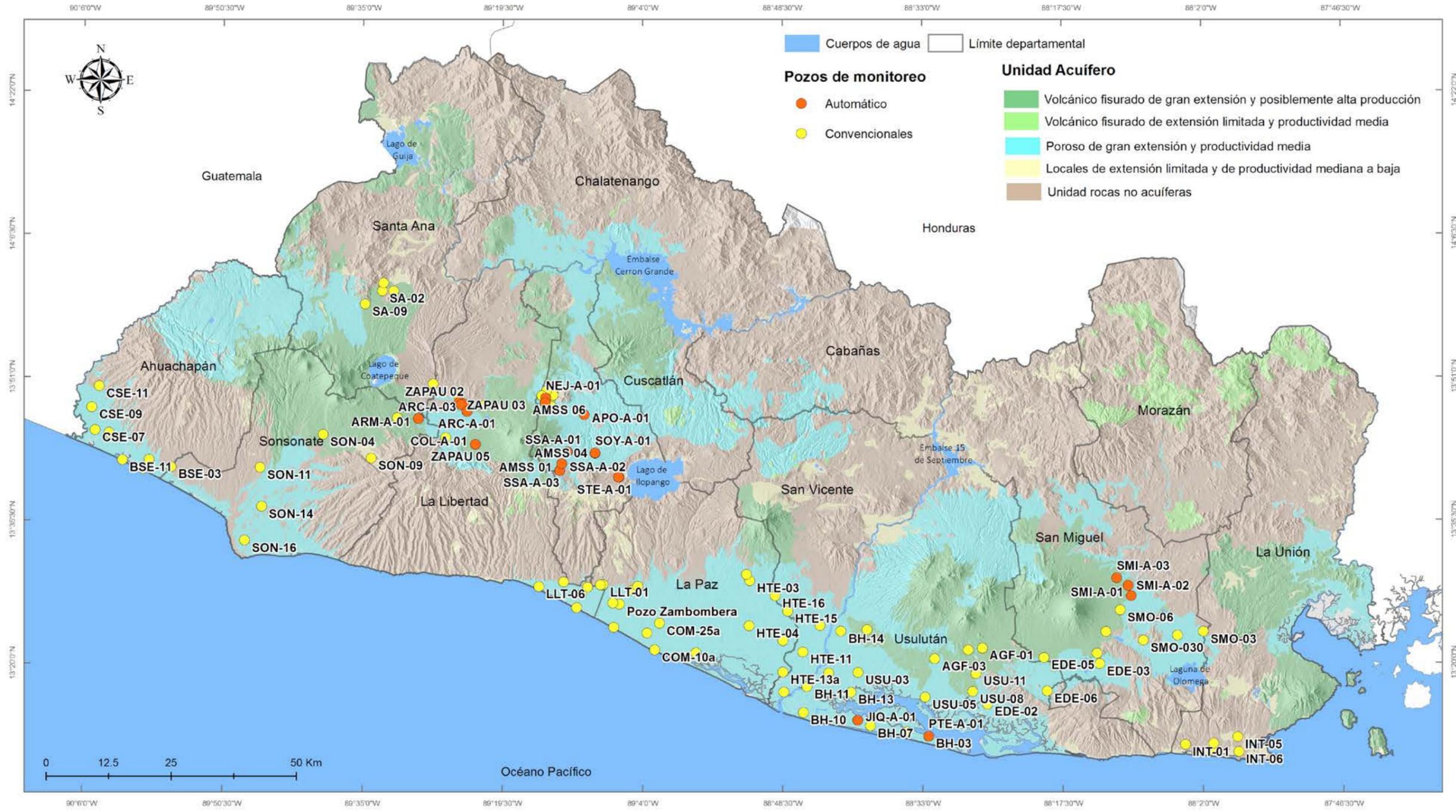


Figura 53. Redes de monitoreo de agua subterránea
Fuente: MARN

Comportamiento en los recursos hídricos subterráneos

En general, los niveles piezométricos del agua subterránea medidos en la red de monitoreo convencional, han mostrado un comportamiento normal de acuerdo al periodo del cual se tiene registro, es decir, la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea aumenta durante la época seca y posteriormente los niveles se recuperan cuando se recibe la recarga proveniente de la lluvia. Lo anterior es un indicador de la rápida respuesta que tienen

los acuíferos. Esta condición vuelve a los acuíferos susceptibles a los efectos de irregularidades o déficit en las precipitaciones, manifestándose en el corto plazo y en la disponibilidad del agua subterránea.

En la Figura 54 se muestra la comparación entre profundidad de niveles piezométricos registrados en el año 2017 contra la media histórica 2012 – 2017.



Figura 54. Niveles piezométricos registrado en 2017 contra media histórica 2012-2017
Fuente: MARN

En el siguiente apartado se presenta una breve descripción del comportamiento hidrogeológico en algunas regiones del país, mostrando la relevancia de esta información:

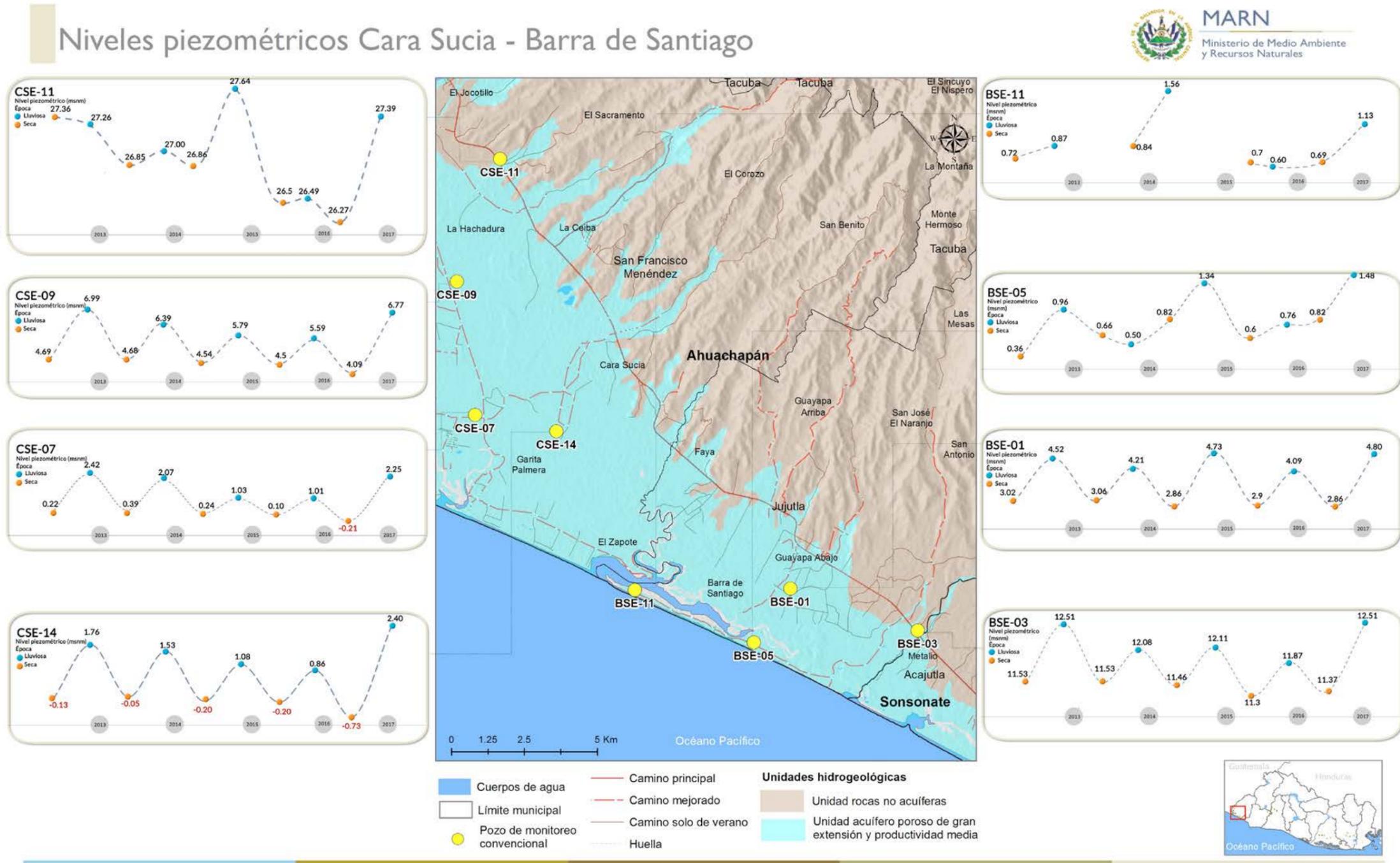
Sector de Cara Sucia – Barra de Santiago

Corresponde a acuífero poroso y somero que es captado por medio de los pozos perforados y excavados, siendo estos últimos los que son utilizados como sitios de monitoreo.

En esta zona, se ha identificado que los niveles piezométricos del agua subterránea fluctúan de acuerdo a la ocurrencia de las precipitaciones, denotando ciclos de incremento y descenso en los acuíferos. En los pozos de

monitoreo identificados con las iniciales CSE, se ha identificado un incremento progresivo de la profundidad, a la cual se encuentra el agua subterránea durante la época seca en el periodo comprendido entre los años 2013 al 2017 (Figura 55).

Durante la época lluviosa del 2017, se registraron mayores precipitaciones en la zona, lo cual contribuyó a que la recarga acuífera se incrementara y permitiera la recuperación en los niveles de los acuíferos (Figura 55). El incremento en el volumen de agua almacenada en los acuíferos de esta zona es superior al de los últimos años, por lo que se prevé, incluso, que para la época seca del 2018, los niveles de agua subterránea se encuentren por encima de los valores promedio, es decir; exista mayor disponibilidad del recurso en esta zona.



Sector de acuífero de Zapotitán

En este acuífero se cuenta con registros de pozos de monitoreo convencionales y automáticos. En las gráficas presentadas en la Figura 56, se observa que en todos los sitios se registraron valores de profundidad superiores al valor promedio, es decir, el volumen de agua almacenado en el acuífero se ha visto disminuido progresivamente durante el período de registro (2012-2017). Una de las principales causas de este comportamiento se debe a la disminución de las precipitaciones en la zona de influencia de este acuífero.

La profundización de los niveles freáticos también ha sido registrada en pozos perforados, los cuales interceptan estratos más profundos del acuífero. El registro de un pozo de monitoreo automático, que se encuentra ubicado en el municipio de Lourdes e identificado como COL-A-01, en el acuífero volcánico en el sector oeste del volcán de San Salvador, evidencia descensos sostenidos durante los últimos años (Figura 56) al igual que en el acuífero poroso, por lo que la condición de disminución del volumen de almacenamiento en los acuíferos de esta zona está ocurriendo en ambos acuíferos.

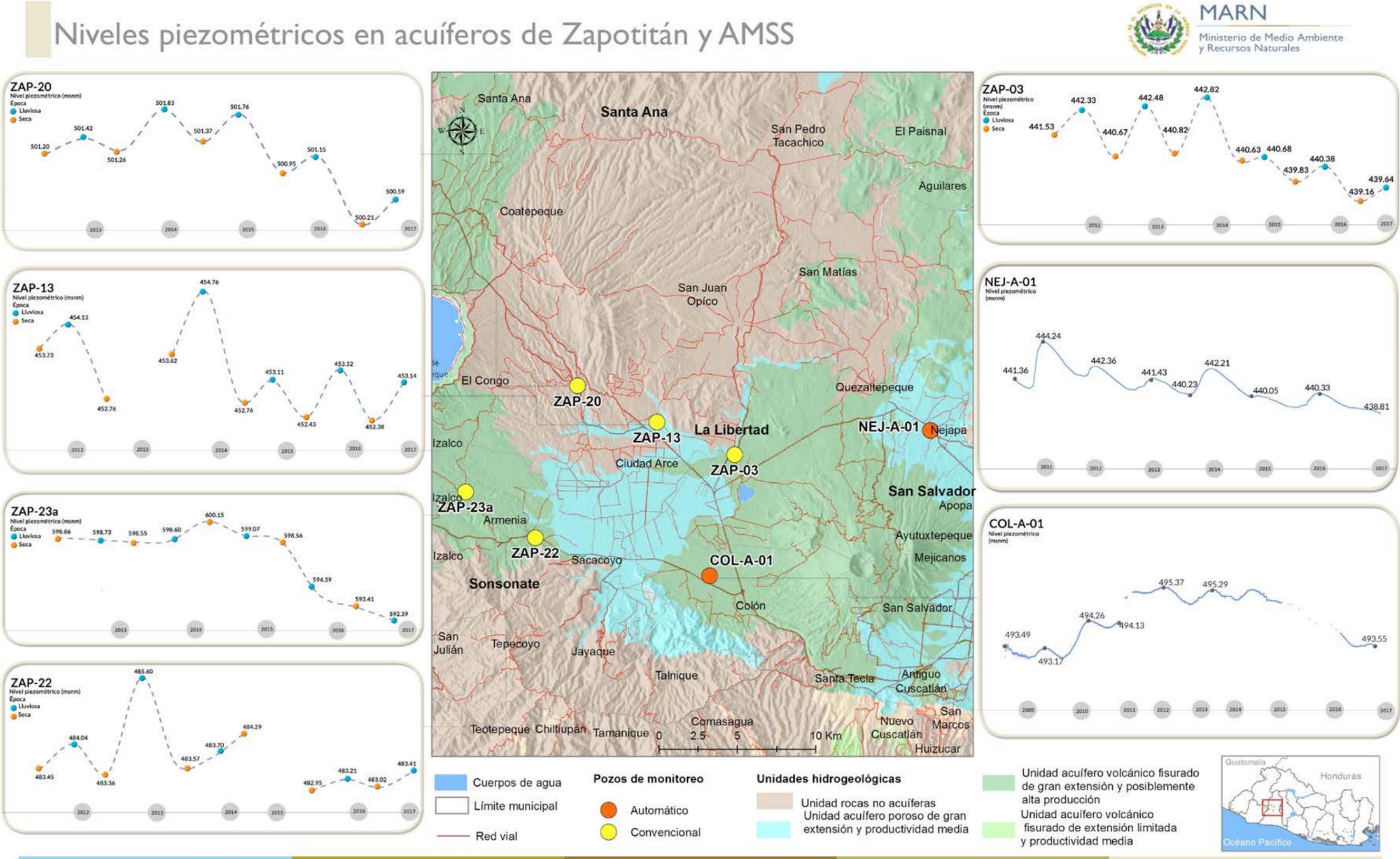


Figura 56. Registro de niveles piezométricos en acuífero de Zapotitán y Área Metropolitana de San Salvador Fuente: MARN

Sector acuífero del AMSS

En el acuífero del AMSS se cuenta con ocho pozos de monitoreo automático, los cuales captan diferentes niveles del acuífero. El registro del pozo de monitoreo localizado en Nejapa (sector noreste del volcán de San Salvador) y mostrado en la Figura 56, refleja las variaciones estacionales de la época seca y lluviosa, donde se muestra que los niveles máximos se tienen generalmente durante el mes de diciembre, que es cuando finaliza el proceso de recarga a este acuífero, manteniéndose un descenso sostenido en los niveles del acuífero, al punto que durante el 2017 no se registró ascenso de los niveles.

A partir de las condiciones observadas se prevé que durante la época seca se mantenga el descenso de los niveles piezométricos, los cuales representarían las mayores disminuciones registradas hasta la fecha.

Sector San Francisco Javier – San Agustín

Los pozos de monitoreo que se encuentran en esta área, captan acuíferos cuyas profundidades oscilan entre los 30 y 105 metros. En este sector se identifica una clara tendencia al descenso sostenido de los niveles piezométricos, sin mostrar recuperación durante la época lluviosa (Figura 57). La tendencia de descenso, independientemente del régimen de precipitación de la zona, puede asociarse a una reducción en la recarga por cambios de uso de suelo o por incremento de las extracciones de agua subterránea, y no se prevé una recuperación de los mismos en un corto plazo.

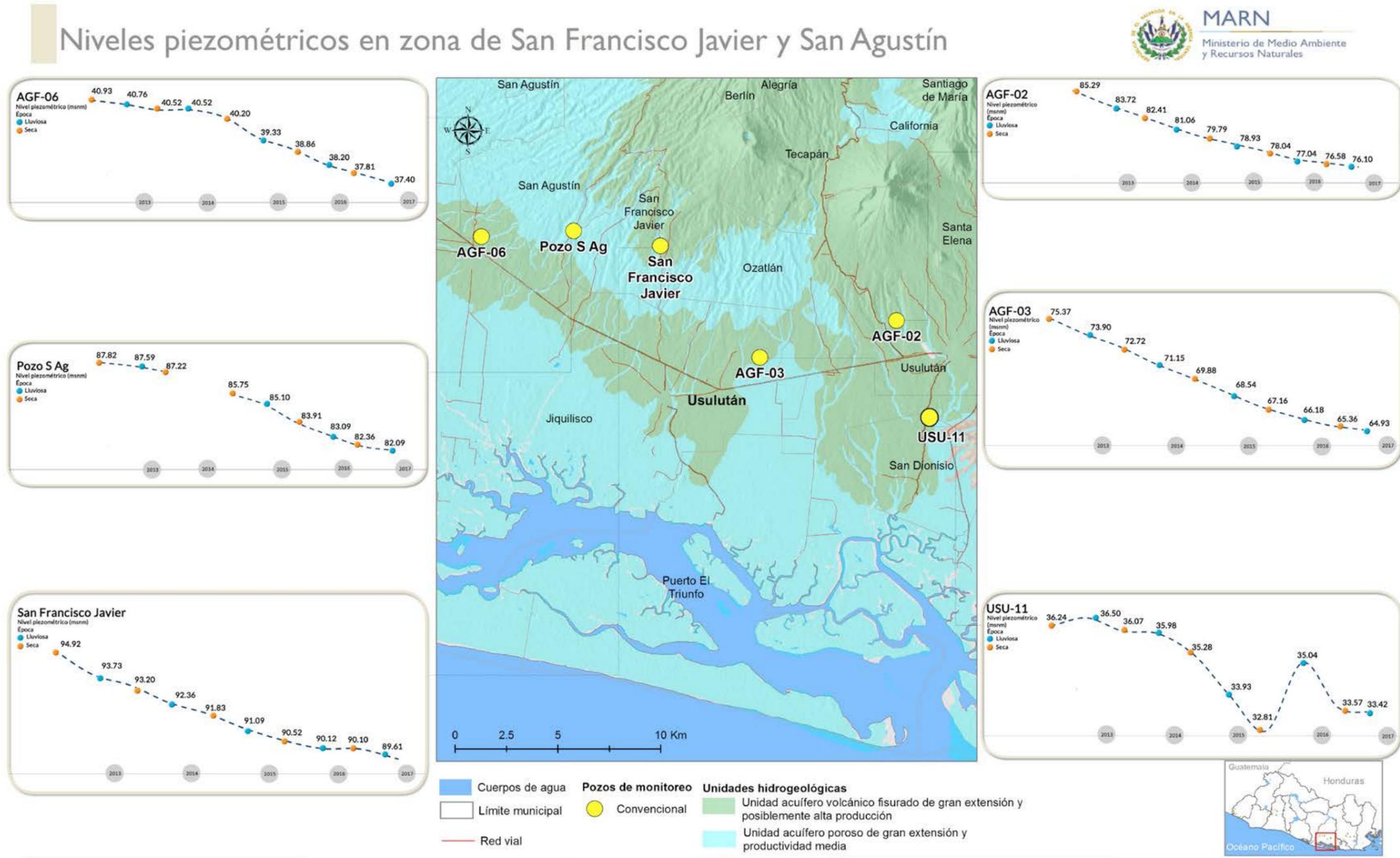


Figura 57. Registro de niveles piezométricos en el sector de San Francisco Javier y San Agustín
Fuente: MARN

Acuífero de San Miguel

Los pozos que se encuentran en los alrededores del volcán de San Miguel, se localizan en las unidades hidrogeológicas de acuífero poroso y volcánico fisurado. Estos presentan un comportamiento diverso que no se encuentra asociado a la unidad a la cual pertenecen.

años precedentes. Sin embargo, durante la época lluviosa de ese mismo año, se tuvo una recuperación significativa de los niveles piezométricos, y, en la mayoría de los sitios, los niveles llegaron a valores muy próximos a los valores promedio. A partir del comportamiento registrado durante los últimos cinco años, se espera que durante la época seca los niveles descendan a niveles similares a los registrados durante el año 2017 en la misma época.

En la Figura 58, se muestran los niveles piezométricos medidos en la época seca del 2017, cuando se registraron los mayores descensos en la zona, como consecuencia de los déficits de precipitación que se tuvieron durante los

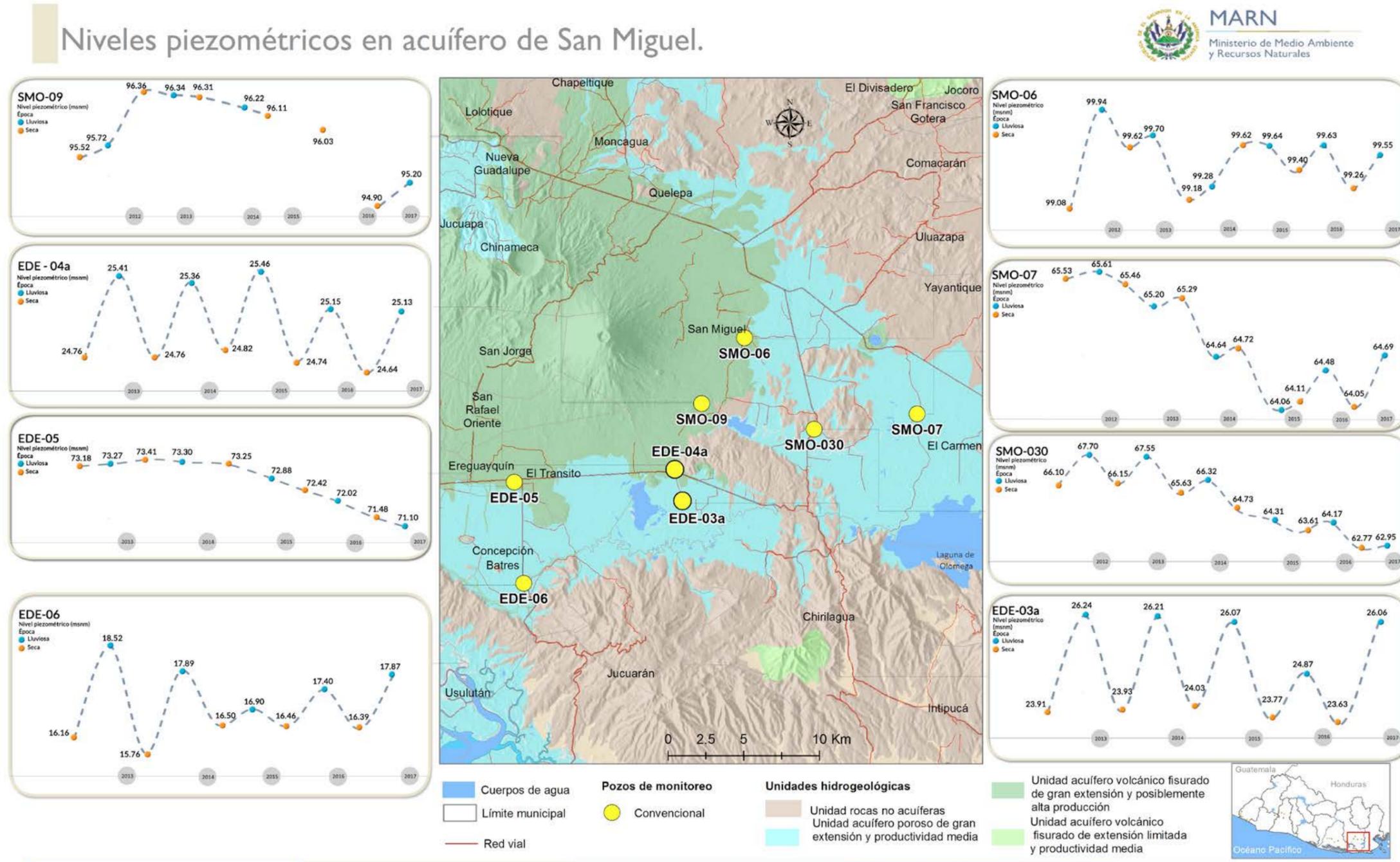


Figura 58. Registro de niveles piezométricos en acuífero de San Miguel
Fuente: MARN

4.4. Gestión del recurso hídrico, una tarea impostergable

El PNGIRH, aprobado por el Consejo de Ministros en 2016, constituye la culminación de un proceso de elaboración participativa en el ámbito nacional, que ha venido a llenar un vacío de conocimiento y capacidad de planificación de los recursos hídricos en el país²⁶. Asimismo, el PNGIRH ofrece una primera respuesta al desafío de actualización de la planificación hídrica planteado por la nueva realidad ambiental que el cambio climático está configurando.

En términos generales, el PNGIRH contribuye a los objetivos de la ENRH en lo que respecta a revertir la degradación ambiental, aumentar la seguridad hídrica y reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático. En su fase de diagnóstico, el plan identificó los aspectos más relevantes de la gestión actual del agua: recursos, demandas, riesgos, impactos generados sobre el medio fluvial y grado de conservación. Estos aspectos fueron caracterizados sobre la base de los datos existentes, y validados mediante un proceso de consulta de la percepción a escala local, y dieron pie a la formulación del plan de acción.

El plan de acción establece las directrices de actuación para: (i) atender demandas y racionalizar uso del agua en base a prioridades; (ii) proteger acuíferos y sus zonas de recarga; (iii) mejorar regulación hídrica; (iv) conservar caudales ecológicos y restaurar ecosistemas críticos; (v) reducir niveles de contaminación de ríos y humedales; (vi) promover reúso de aguas tratadas; (vii) manejo de zonas inundables y prevención de daños; y, (viii) construcción de obras hidráulicas de propósito múltiple.

El plan de acción se proyecta desarrollar en zonas prioritarias, a saber: Cara Sucia-San Pedro, Grande de Sonsonate-Banderas, Metayate, Mojaflor, Suquiapa, Sucio, Acelhuate, estero de Jaltepeque, bahía de Jiquilisco, Grande de San Miguel y La Unión (Figura 59).

La implementación efectiva del PNGIRH debería permitir a todos los actores: (i) la construcción de arreglos institucionales con la finalidad de facilitar el acceso a la información pública; (ii) gestionar una planificación hidrológica participativa; (iii) construir planes de acción conjuntos en función de los diferentes usos y para diferentes escenarios de desarrollo; (iv) diseñar e implementar sistemas de seguimiento y monitoreo que faciliten la retroalimentación y que permita ajustar los planes de acción y actualizar la planificación hidrológica, de manera permanente; y (v) compartir su conocimiento en datos relacionados.

El MARN ha iniciado progresivamente la implementación de las acciones y medidas prioritarias del PNGIRH y ha establecido, en el mismo plan, los mecanismos de seguimiento y monitoreo para la verificación del cumplimiento de sus objetivos mediante indicadores previamente definidos y consensuados con los actores clave en el ámbito local, constituyendo un sistema de monitoreo y evaluación por cuenca. Para cada sistema de explotación se realiza un balance hídrico y se establecen las asignaciones y reservas, siguiendo criterios de prioridad de uso y evitar posibles conflictos, de acuerdo al siguiente orden: i) uso para necesidades primarias y abastecimiento de poblaciones, ii) uso para la sustentabilidad de ecosistemas, iii) uso agropecuario, iv) uso para la generación de energía eléctrica, v) uso industrial y comercial, vi) usos recreativos, vii) otros usos.

Para la evaluación del grado de satisfacción de las demandas y el cálculo de los posibles déficits hídricos, se ha recurrido a la simulación de la respuesta de los sistemas de explotación ante distintos escenarios de gestión en situación actual y en situación futura (MARN, 2017).

a) Situación en el año 2012

Se utilizó para calibrar y validar los modelos de gestión hídrica; además de incluir las cantidades estimadas de los recursos superficiales y subterráneos en el régimen natural.

b) Escenario 1 (2012 + Qeco)

Denominado escenario de implantación, el cual es la combinación entre la situación en el año 2012 y el caudal ecológico (la cantidad de recurso hídrico que permite el aprovechamiento particular y común, sin generar inestabilidad en el ecosistema). Este escenario es usado como de referencia, debido a que se implantan los criterios de prioridad del uso del agua definidos en el artículo 54 del Anteproyecto de Ley General de Aguas (ALGA) y considera un régimen de caudales ecológicos en tramos seleccionados en una primera fase de planificación.

c) Escenario 2 (2017 + Qeco)

Escenario de planificación a cinco años considerando actuaciones en ciertos sectores económicos, especialmente el agrícola y el proyecto PAPLI para abastecer el AMSS.

d) Escenario 3 (2022 + Qeco)

Escenario de planificación de la demanda hasta el año 2022 sumado al caudal ecológico. Entre las actividades más significativas contempladas en este escenario se contempla el desarrollo de nuevas actividades agrícolas e hidroeléctricas. Adicionalmente, incluye las medidas propuesta por el Plan de Acción Global del PNGIRH.

e) Escenario 4 (2022 + Qeco + Cambio Climático)

Escenario de planificación de la demanda contemplado hasta el año 2022 con escenario de cambio climático. Este escenario contempla lo detallado en el escenario 2, además de incluir el efecto de cambio climático en los sistemas de explotación y demanda.

4.4.1 Inventario de recursos hídricos

El Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH) elaboró el inventario de recursos hídricos superficiales y subterráneos, evaluando la oferta en régimen natural de las 10 regiones hidrográficas (incluye la parte transfronteriza de las regiones hidrográficas de los ríos Lempa, Paz y Goascorán) y que concuerdan con los sistemas de explotación definidos (Figura 31).

El inventario de los recursos hídricos se determinó mediante modelaciones hidrológicas de las cuencas de las regiones hidrográficas sobre la base de la caracterización climatológica y fisiográfica de las unidades de modelación, dando como resultado la generación de series de distintas variables que intervienen en el ciclo hidrológico. Como resultado de las modelaciones se obtuvieron las aportaciones medias anuales en millones de metros cúbicos (MMC) para cada una de las diez regiones hidrográficas, estos resultados son mostrados en la Figura 60.

El total anual de agua aportado por las 10 regiones hidrográficas se calcula en 20,292.9 millones de metros cúbicos (MMC), de lo cual el 57 % es aportado por la cuenca del río Lempa. Las aportaciones provenientes de Honduras y Guatemala se estiman en 8402.5 MMC, provenientes de las cuencas transfronterizas de los ríos Lempa, Paz y Goascorán.

²⁶ Entre los años 1979 y 1982, se realizó en el país, a través de los Servicios Meteorológico e Hidrológico del MAG, la evaluación de la cantidad y calidad los recursos hídricos y de su demanda para un horizonte de veinte años por regiones hidrográficas, como objetivo del Plan Maestro para el Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH), el cual fue financiado con fondos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Zonas prioritarias del Plan Nacional del Recurso Hídrico (PNGIRH)

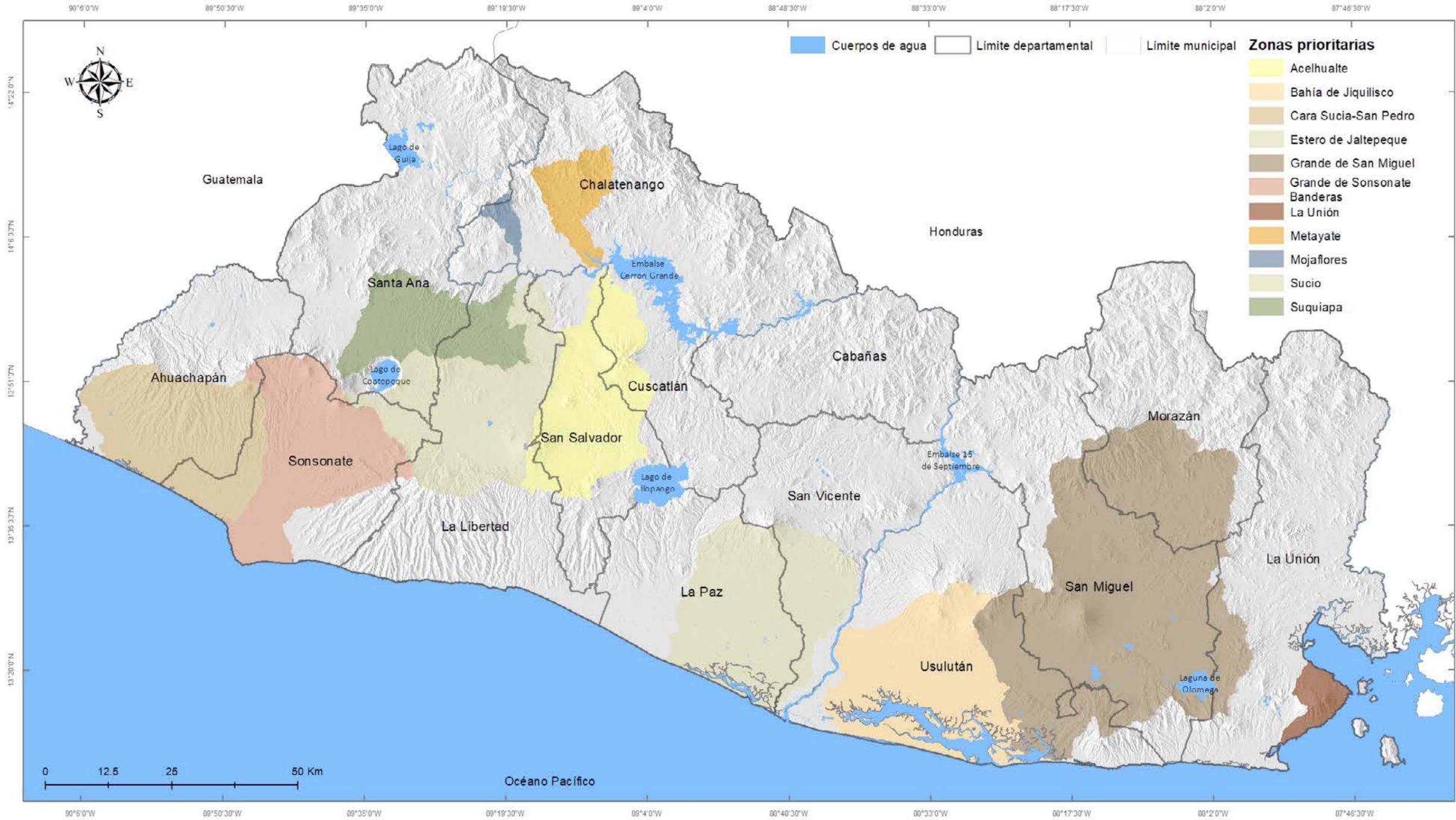


Figura 59. Zonas prioritarias del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH)
Fuente: MARN, 2013.

Aportaciones medias anuales por región hidrográfica

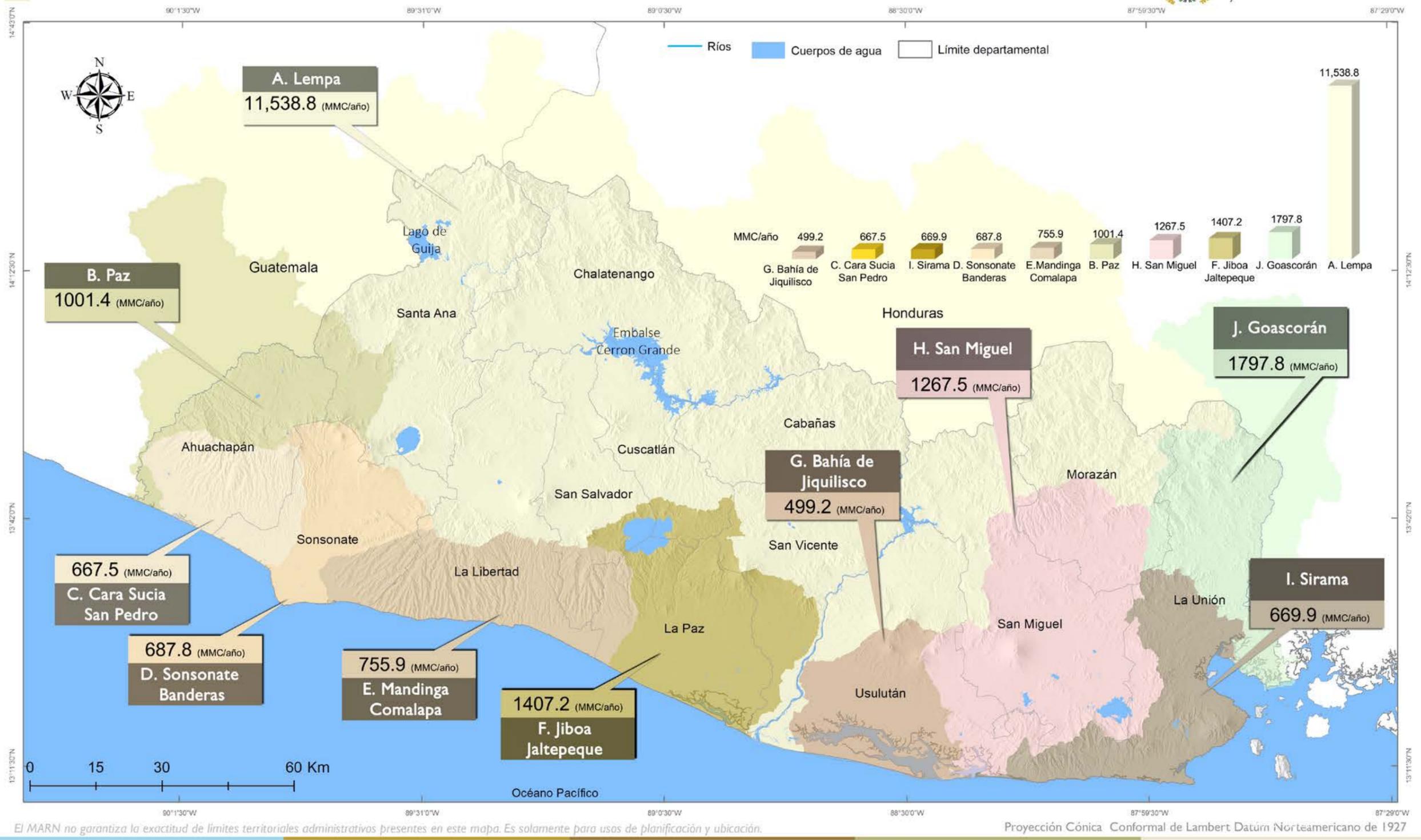


Figura 60. Aportaciones medias anuales en 10 regiones hidrográficas en MMC/año
Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos, MARN, 2017

Tabla 12

Valor de la aportación anual promedio multianual según país de procedencia (MMC/año) por región y zona hidrográfica para el periodo 1970-2012

ZH	RH	Aportaciones de Guatemala	Aportaciones de Honduras	Aportaciones de El Salvador	Aportaciones totales
I	A. Lempa	1599.2	4857.6	5082.0	11,538.8
	Subtotal	1599.2	4857.6	5082.0	11,538.8
II	B. Paz	799.5	0.0	201.9	1001.4
	C. Cara Sucia-San Pedro	0.0	0.0	667.5	667.5
	D. Sonsonate-Banderas	0.0	0.0	687.8	687.8
	E. Mandinga-Comalapa	0.0	0.0	755.9	755.9
	F. Jiboa-Jaltepeque	0.0	0.0	1407.2	1407.2
	Subtotal	799.5	0.0	3720.2	4519.8
III	G. Bahía de Jiquilisco	0.0	0.0	499.2	499.2
	H. San Miguel	0.0	0.0	1267.5	1267.5
	I. Sirama	0.0	0.0	669.9	669.9
	J. Goascorán	0.0	1146.2	651.6	1797.8
	Subtotal	0.0	1146.2	3088.2	4234.4
Total	2398.7	6003.8	11,890.4	20,292.9	

Nota: ZH: zona hidrográfica; RH: región hidrográfica.

Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos, MARN, 2017

4.4.2. Usos y demandas

De acuerdo con las estimaciones del PNGIRH, la demanda consuntiva total de agua en El Salvador en 2012 ascendía a 2120 MMC/año, y se incrementaría a 2227.68 MMC para 2017 y 2468.10 MMC para 2022 (MARN, 2015b). Según esas estimaciones, el país estaría consumiendo anualmente un promedio de 345 m³ de agua por habitante, con tres regiones hidrográficas que presentan consumos per cápita muy superiores al promedio nacional: Grande de Sonsonate-Banderas, con 1534 m³/hab.; Cara Sucia-San Pedro, con 873 m³/hab.; y Jiboa-estero de Jaltepeque, con 562 m³/hab.

En lo que toca a los usos sectoriales del agua, el PNGIRH considera seis principales: i) abastecimiento poblacional; ii) uso agropecuario; iii) industrial; iv) producción de energía; v) acuicultura; y, vi) hotelería. La Figura 62 muestra la demanda consuntiva estimada para 2017 (2227.68 MMC), de cada uno de esos usos, por Zona Hidrográfica (ZH) y Región Hidrográfica (RH).

Los sectores que generan mayor demanda de agua son el agropecuario, 51.8 %; abastecimiento para uso doméstico (urbano-rural), 29.7 %; y energía térmica, 11.5 %. Estos datos, tomados en su conjunto suman el 93 %. Los otros tres sectores (acuicultura, industrial, hotelero) demandan el 7 % restante.

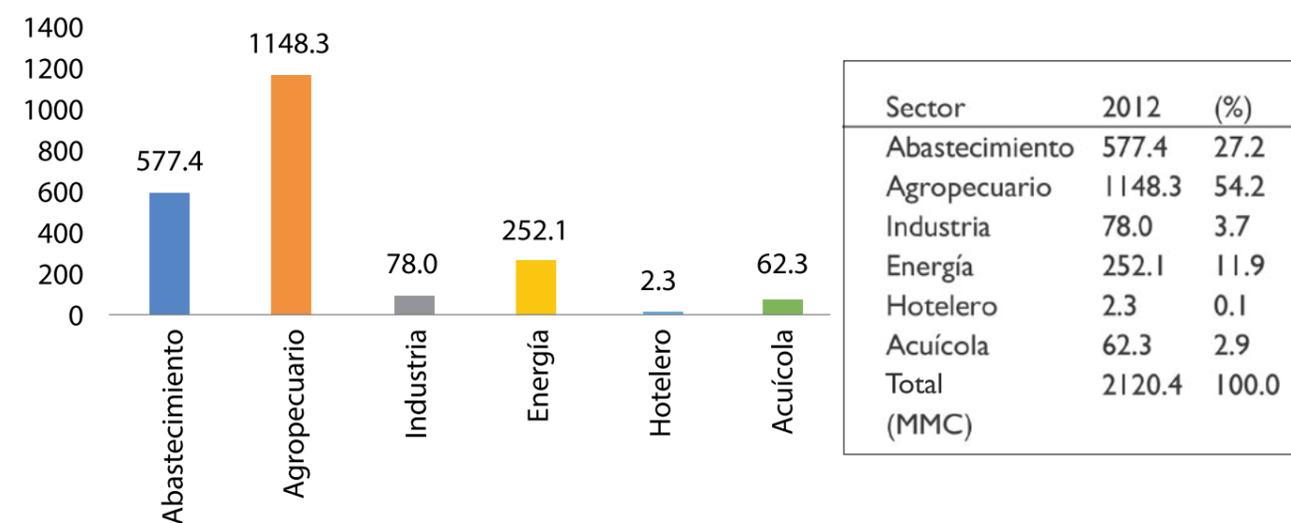


Figura 61. Demandas estimadas en El Salvador por sector en el año 2012
Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

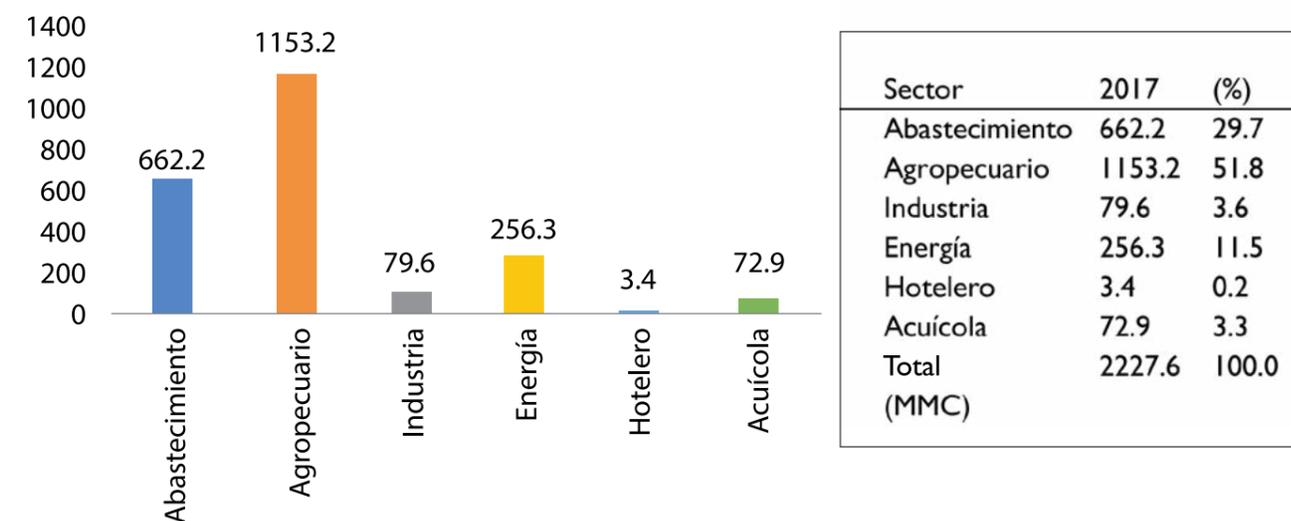


Figura 62. Demandas por de agua en El Salvador por sector en el año 2017
Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos, MARN, 2017

Al realizar el análisis departamental de las demandas, se identifica para el año 2017 la mayor demanda de agua corresponde al departamento de Sonsonate con 28.68 % (638.8 MMC), seguido de San Salvador con un 19.51 % (434.6 MMC) de la demanda total anual en El Salvador (Figura 63).

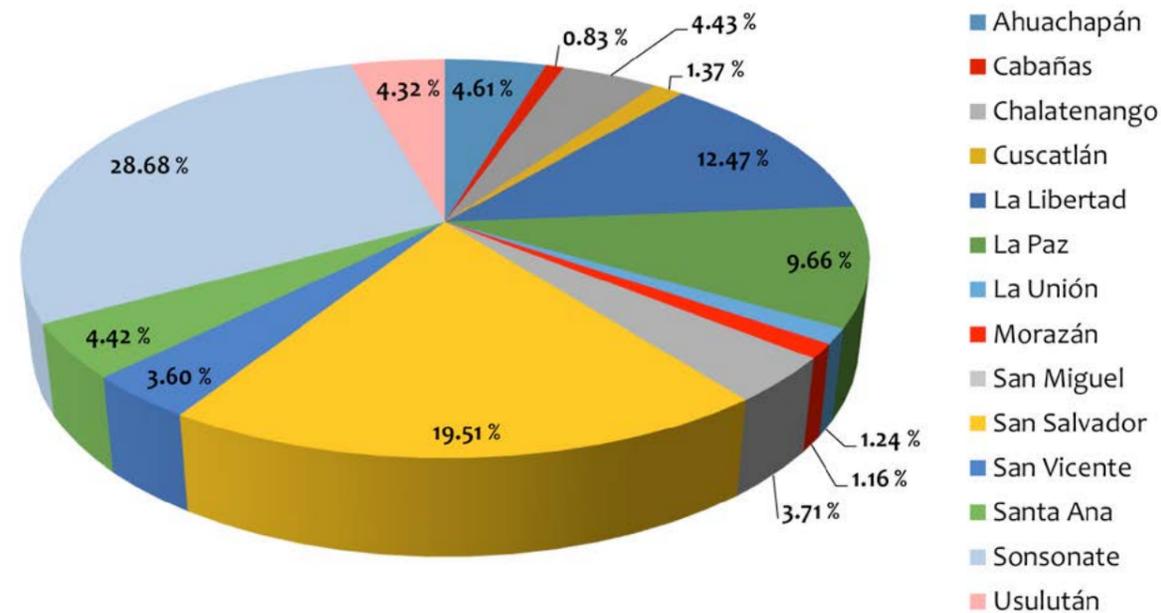


Figura 63. Demanda de agua en El Salvador por departamento en el año 2017
Fuente: elaboración Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

En las regiones donde se concentran las mayores demandas del país predomina el abastecimiento poblacional y al sector agropecuario (Figura 65). Casi el 60 % de la demanda para abastecimiento se concentra en la región hidrográfica del Lempa, mientras que la zona hidrográfica II acapara el 70 % de la demanda agropecuaria, con las destacadas contribuciones de las regiones Grande de Sonsonate-Banderas y Jiboa-Estero de Jaltepeque, cuyos aportes a la demanda para uso agropecuario ascienden al 37.2 % y 18.8 % respectivamente, lo que con toda seguridad obedece a las más de 17 mil hectáreas de tierra bajo riego que en estas dos regiones se destinan para la producción de caña de azúcar y ganado vacuno.

Tabla 13
Demanda consuntiva de agua estimada para 2017 por uso sectorial, ZH y RH (MMC/año)

ZH	RH	Abastecimiento	Agropecuario	Acuícola	Industria	Energía	Hoteles	Total	Porcentaje (%)
I	A. Lempa	394.90	261.51	41.87	69.60	162.12	1.55	931.55	41.82
	Subtotal	394.90	261.51	41.87	69.60	162.12	1.55	931.55	41.82
II	B. Paz	34.10	38.86	0	0.80	0	0.07	73.83	3.31
	C. Cara Sucia-San Pedro	13.20	118.18	0	0.07	0	0.02	131.47	5.90
	D. Sonsonate-Banderas	36.69	429.18	5.12	1.90	90.93	0.47	564.29	25.33
	E. Mandinga-Comalapa	37.64	13.93	0	0.47	0	0.15	52.19	2.34
	F. Jiboa-Jaltepeque	49.87	204.32	25.93	4.01	0.22	0.06	284.41	12.77
	Subtotal	171.50	804.47	31.05	7.25	91.15	0.77	1106.19	49.66
III	G. Bahía de Jiquilisco	20.59	31.14	0	1.52	0	0.17	53.42	2.40
	H. San Miguel	52.29	53.48	0	1.06	3.02	0.29	110.14	4.94
	I. Sirama	12.92	0.80	0	0.10	0	0.59	14.41	0.65
	J. Goascorán	10.03	1.82	0	0.08	0	0.04	11.97	0.54
	Subtotal	95.83	87.24	0	2.76	3.02	1.09	189.94	8.53
Total		662.23	1153.22	72.92	79.61	256.29	3.41	2227.68	100

Fuente: PNGIRH (MARN 2015b).

La demanda bruta anual de uso consuntivo está concentrada, mayoritariamente, en tres regiones hidrográficas: (A) Lempa (41.82 %); (D) Grande de Sonsonate-Banderas (25.33 %) y (F) Jiboa-Estero de Jaltepeque (12.77 %). Un aspecto importante a tener en cuenta para evaluar las presiones que las demandas ejercen a escala de las regiones hidrográficas para los distintos usos, lo constituye la disponibilidad (oferta) relativa de agua vis-a-vis las demandas en cada región hidrográfica. Por ejemplo, la región hidrográfica A Lempa genera casi el 42 % de la demanda consuntiva a escala nacional, pero concentra el 56.3 % de las precipitaciones y el 56.9 % de las aportaciones anuales. En contraste, la región hidrográfica D Grande de Sonsonate-Banderas genera el 25.3 % de la demanda consuntiva pero solamente recibe el 2.7 % de las precipitaciones y 3.4 % de las aportaciones (Tabla 13). Es precisamente este sistema de explotación el único en el país que presenta un índice de estrés hídrico alto y el sistema más explotado en proporción a los recursos que genera.

La condición de estrés hídrico de la región hidrográfica Grande de Sonsonate-Banderas, se encuentra directamente determinada por la demanda de su sector agropecuario, que por sí mismo, representa casi el doble del agua destinada para la agricultura en toda la cuenca del río Lempa y equivalente al 65 % del agua consumida para uso doméstico a escala nacional. Una condición deficitaria que se explica por el exceso de demanda del sector agropecuario, pero que también se reproduce, aunque en magnitud menor, en las regiones Paz, Cara Sucia-San Pedro, Jiboa-Estero de Jaltepeque; y en la Zona Hidrográfica II considerada, en su conjunto, una zona que participa con el 70 % de la demanda total del sector agropecuario y que tan solo contribuye con el 20.7 % y 22.3 % de las precipitaciones y las aportaciones totales, respectivamente.

La Zona hidrográfica II padece pues de un exceso de demanda con tendencia al estrés, es decir, de una desproporción cada vez mayor entre el agua consumida y el agua disponible para el consumo humano, situación en la que ya se encuentran tres de los cinco sistemas de explotación de la zona hidrográfica II, a saber: Grande de Sonsonate-Banderas (estrés hídrico alto); Cara Sucia-San Pedro (estrés medio); y, Jiboa-estero de Jaltepeque (índice de estrés bajo).



Figura 64. Zona hidrográfica estero de Jaltepeque
Fuente: MARN

Demanda bruta por región hidrográfica

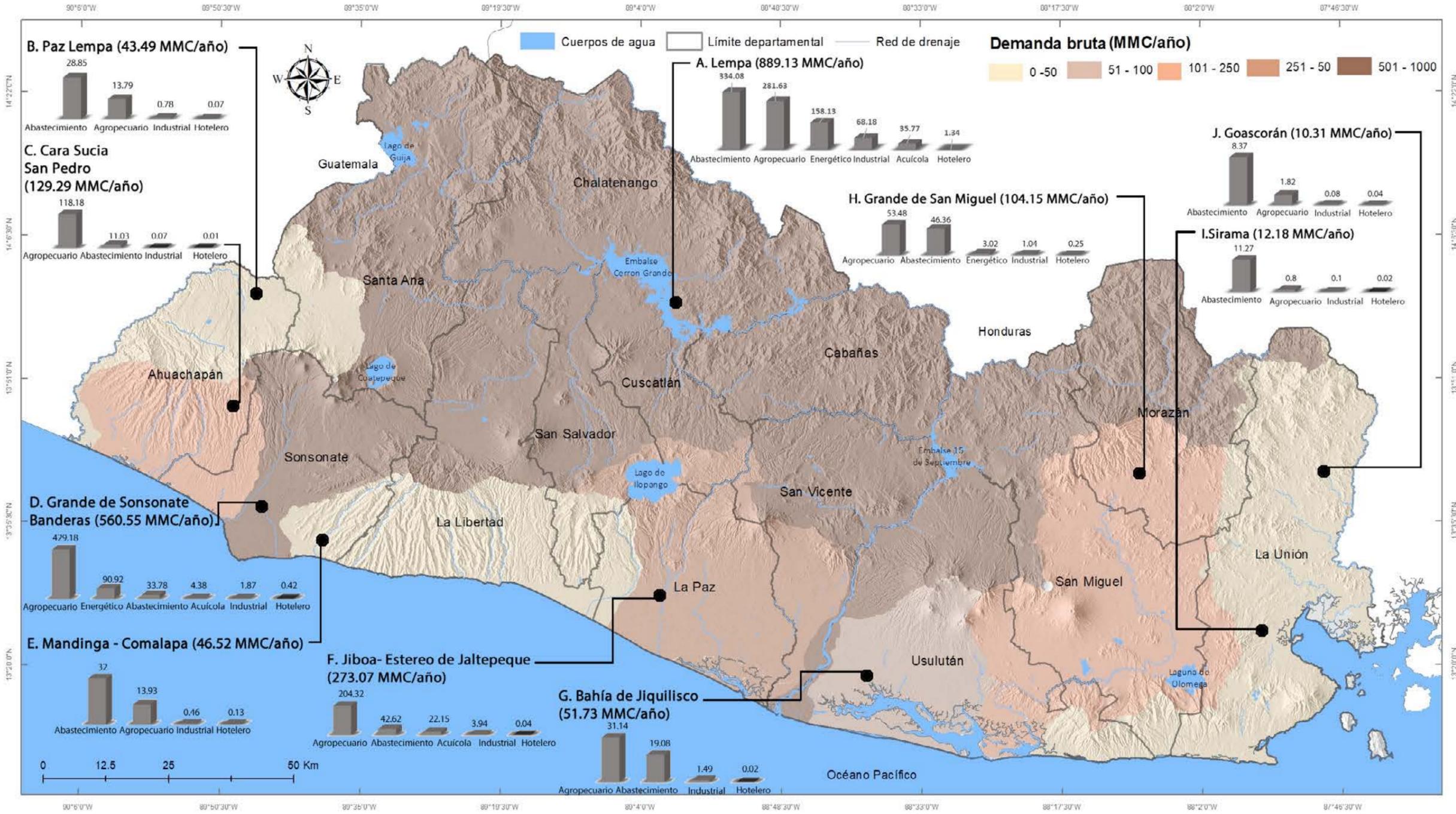


Figura 65. Demanda bruta por región hidrográfica y sector – uso consuntivo 2011-2012
Fuente: MARN, 2016b

Proyección de demandas al año 2022

El crecimiento poblacional y productivo del país, implica un aumento en el uso de agua. La Figura 66 muestra las demandas proyectadas por sector para el año 2022 y donde se observa una pequeña disminución de la demanda bruta debido, en parte, al descenso de la población rural. Sin embargo, la tendencia general a lo largo del país muestra un incremento en la demanda bruta. Asimismo, el mayor crecimiento de demanda se genera en aquellas regiones que tienen proyectadas grandes obras y actuaciones para riego o para la producción de energía, así como en los municipios donde se prevé los mayores incrementos demográficos.

Con respecto a la demanda bruta de agua estimada para el año 2022 se estima en 2668.1 MMC; lo que representa un incremento de 10.8 % respecto al año 2017 y de 16.4 % respecto al 2012. De igual forma, el sector que se estima con mayor crecimiento respecto al año 2017 es el agropecuario, con un incremento en la demanda de agua de 169.2 MMC/año.

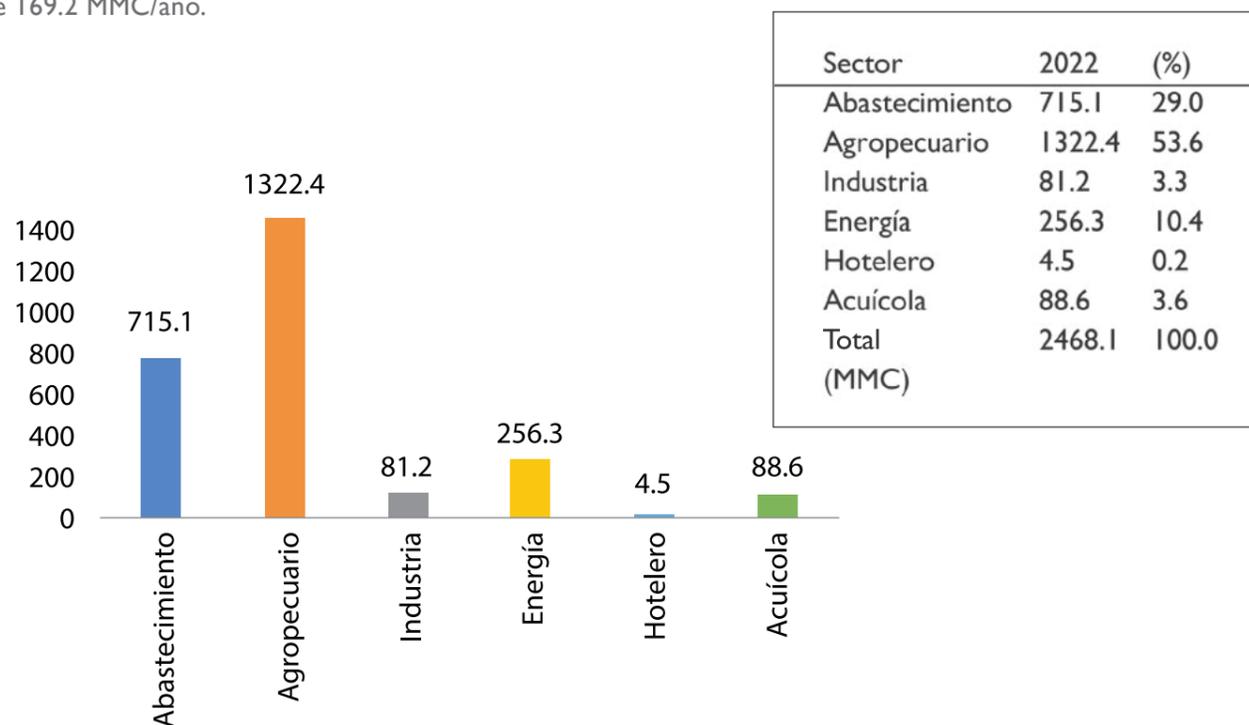


Figura 66. Demandas de agua estimadas en El Salvador por sector en el año 2022
Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

4.4.3. Disponibilidad hídrica

El Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos hídricos (PNGIRH) estimó un total de aportaciones para el país de 20,293 MMC anuales, por lo que considerando la demanda al año 2017, la cual es de 2227.6 MMC, se tiene una diferencia que corresponde a una disponibilidad de 18,065.4 MMC; es decir una disponibilidad hídrica del 89 % a escala nacional y un Índice de Estrés Hídrico del 11 %, lo cual indica que el país se encuentra en un estrés hídrico bajo (Figura 67).

La oferta hídrica anual o aportaciones de los sistemas de explotación son casi tres veces mayor que la oferta promedio mundial, sin embargo, la mayor parte de este volumen de agua disponible estimado no es aprovechable por las presiones existentes sobre el recurso.

Es importante destacar que la disponibilidad del recurso es a escala nacional, existiendo regiones, como el caso del río Sensunapán, donde la disponibilidad es menor al 36 %. Adicionalmente, al hablar de disponibilidad anual hay que tomar en consideración la estacionalidad del recurso, es decir, durante la época lluviosa es cuando se posee la mayor oferta de agua, mientras que, en la época seca, esta disminuye considerablemente, lo cual unido a la calidad del agua (aptitudes de uso) limita la disponibilidad real del recurso.

La factibilidad de acceso hasta los sitios donde se requiere o poblados es otro factor a tomar en cuenta en la disponibilidad real del recurso.

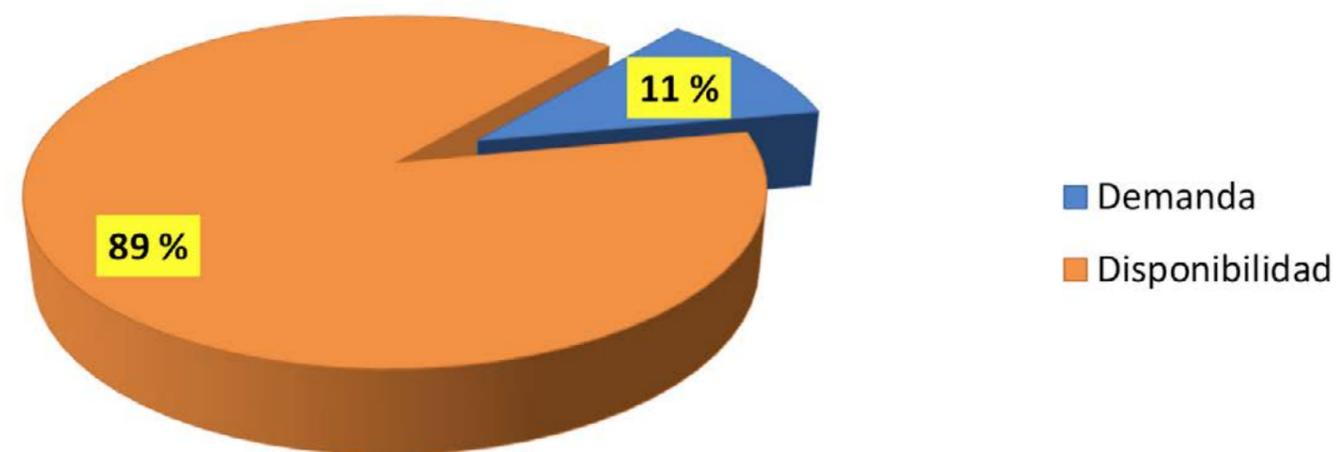


Figura 67. Disponibilidad hídrica a escala nacional para el año 2017
Fuente: elaboración propia a partir de información del Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

4.4.4. Indicadores de uso

Los resultados obtenidos en los balances hídricos, contemplados en el PNGIRH, fueron analizados sobre la base de los valores promedios multianuales obtenidos de la serie histórica. Lo anterior con el fin de obtener indicadores que ayuden a la comprensión y al análisis del funcionamiento del Sistema de Explotación (SE) que contempla ese plan.

Indicadores de estrés hídrico

Los indicadores de estrés hídrico contemplados en el PNGIRH fueron obtenidos calculando el cociente entre la demanda bruta y cantidad del recurso anual disponible. La ponderación cualitativa del estrés hídrico mostrada, indica que valores menores a 0.1 representa un recurso hídrico sin estrés; es decir, que las demandas consuntivas no superan el 10 % de la oferta hídrica. Asimismo, los valores mayores a 0.1 se categorizan los niveles de estrés en bajo (0.1 – 0.2), medio (0.2 – 0.4), alto (0.4 – 0.8).

Índice de estrés hídrico para el escenario de implantación (situación actual 2012 + caudal ecológico)



Figura 68. Índice de estrés hídrico para el escenario de implantación
Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

Los resultados del escenario de situación actual en el año 2012 junto con caudal ecológico son mostrados en la Figura 68. En esa imagen se muestra que el Sistema de Explotación (SE) Grande de Sonsonate – Banderas presenta un índice de estrés hídrico alto, debido a que el 64 % de las entradas actuales son usadas para satisfacer las demandas consuntivas, tales como usos agropecuario y energético. El SE Cara Sucia – San Pedro presenta un estrés hídrico medio con el 22 % de la oferta hídrica utilizada principalmente para uso agropecuario. De forma similar, los SE Lempa (ámbito nacional), Jiboa – estero Jaltepeque y bahía de Jiquilisco mostraron un índice de estrés hídrico bajo en el año 2012, lo cual indica que entre un 10 y 20 % de la oferta hídrica es ocupada para satisfacer las demandas particulares y comunes. El resto de los sistemas de explotación no indicaron un nivel de estrés hídrico para el año 2012.

Tabla 14
Índice de estrés hídrico de los Sistemas de Explotación (SE) escenario 2012 y los futuros

Índice de estrés en los escenarios futuros en las RH transfronterizas					
Sistema de Explotación/Ámbito		Situación Actual y Escenario 1	Escenario 2. 2017+Qeco	Escenario 3. 2022+Qeco	Escenario 4. 2022+Qeco+CC
SE Lempa	Nacional + transfronterizo	0.09	0.10	0.11	0.11
	Solo nacional	0.12	0.13	0.15	0.15
SE Paz	Nacional + transfronterizo	0.06	0.12	0.12	0.11
	Solo nacional	0.08	0.14	0.15	0.15
SE Goascorán	Nacional + transfronterizo	0.01	0.01	0.01	0.01
	Solo nacional	0.01	0.01	0.01	0.01
Índice de estrés en los escenarios futuros en el resto de SE					
Sistema de Explotación		Situación Actual y Escenario 1	Escenario 2. 2017+Qeco	Escenario 3. 2022+Qeco	Escenario 4. 2022+Qeco+CC
SE Cara Sucia - San Pedro		0.22	0.23	0.23	0.22
SE Grande de Sonsonate - Banderas		0.64	0.65	0.65	0.64
SE Mandinga - Comalapa		0.05	0.06	0.06	0.06
SE Jiboa - Estero de Jaltepeque		0.18	0.22	0.23	0.22
SE Bahía de Jiquilisco		0.11	0.11	0.12	0.11
SE Grande San Miguel		0.08	0.08	0.14	0.13
SE Sirama		0.02	0.02	0.02	0.02

Leyenda de colores: verde - sin estrés hídrico (0-0.1); amarillo - estrés hídrico bajo (0.1-0.2); naranja - estrés hídrico medio (0.2-0.4); rojo - estrés hídrico alto (0.4-0.8)

Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

En los escenarios con horizonte año 2022, se destaca que en el Sistema de explotación Jiboa – estero Jaltepeque, la demanda del recurso hídrico pasa del 18 % (estrés hídrico bajo) al 22 % (estrés hídrico medio). Según los resultados brindados por el PNGIRH, el uso agropecuario es el que mayor dificultad presenta en la satisfacción de la demanda; lo cual lo convierte en el sector más vulnerable a la alta variabilidad estacional. Por el contrario, los sistemas de explotación Sirama, bahía Jiquilisco y Goascorán no presentaron incumplimiento de las garantías del suministro ambiental y agropecuario, debido a que el estrés hídrico se mantiene sin variaciones significativas para ese escenario.

Con respecto al escenario que considera los efectos del cambio climático en los sistemas de explotación (Figura 70), el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico detalla que existe una ligera disminución en los déficits de las unidades de demanda de los sistemas de explotación. Asimismo, en la Figura 71 se muestran las aportaciones mensuales promedios entre la situación en el año 2012 y con escenario de cambio climático. En esta figura se observa que las aportaciones tienden a aumentar en los meses de septiembre y octubre. No obstante, entre los meses de junio y agosto, los aportes tienden a disminuir. Para los meses restantes, los resultados con cambio climático no muestran gran variación entre los escenarios mencionados anteriormente.



Figura 69. Cultivos de maíz afectados por el estrés hídrico en el sur del departamento de Morazán. Fuente: MARN

Índice de estrés hídrico con escenario de cambio climático (CC) para el año 2022 (Escenario para el año 2022 + caudal ecológico + CC)



Figura 70. Índice de Estrés Hídrico con escenario de cambio climático (cc) para el año 2022. (Escenario para el año 2022 + caudal ecológico + cc)
Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017



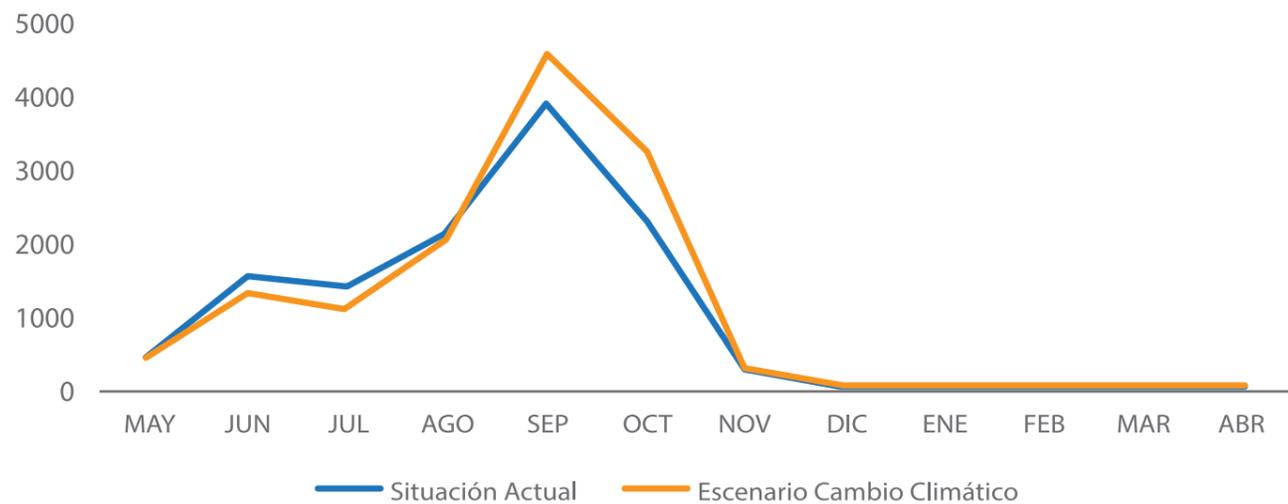


Figura 71. Distribución de aportaciones superficiales en régimen natural a escala nacional en situación actual 2012 y escenario de cambio climático en el año 2022.

Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

En las recientes investigaciones realizadas por la CEPAL, tales como “La Economía del Cambio Climático en Centroamérica”, se considera que la disponibilidad hídrica para el año 2020 bajará al menos un 6 % respecto a los valores existentes en el año 2000. De igual forma, el documento indica que las demandas crecerán un 400 % hacia los años 2050 por efectos del cambio climático.

Índice de explotación de aguas subterráneas

El índice de explotación de aguas subterráneas es el coeficiente resultante de dividir el valor anual de las extracciones artificiales de agua subterránea entre el valor anual de las entradas de agua al sistema subterráneo. Este indicador es utilizado para evaluar el estado de explotación de ese sistema.

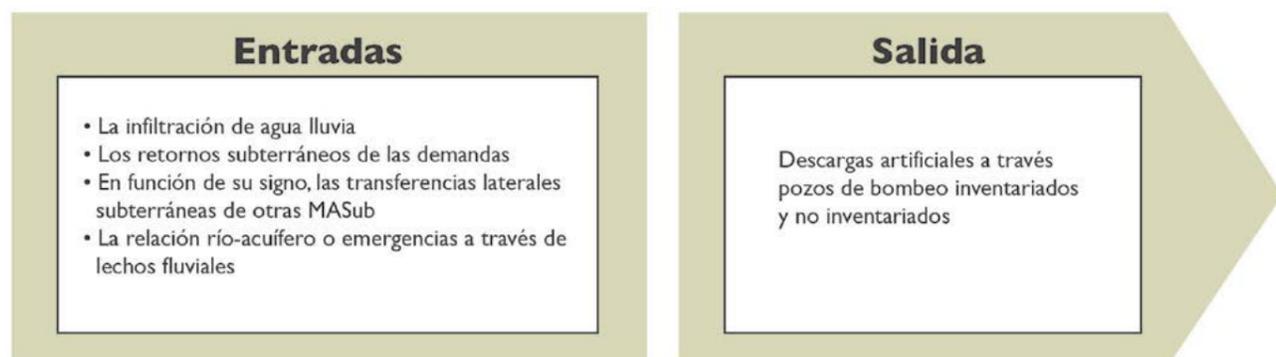


Figura 72. Entradas y salidas de las masas de agua subterránea para el cálculo del índice de explotación subterránea

Fuente: MARN

Para efectos de gestión del recurso hídrico, una MASub con un índice de explotación inferior a 0.8 se considera en buen estado cuantitativo; con un valor entre 0.8 y 1.0 se considera en riesgo de sobreexplotación y con un valor superior a 1.0 se considera en claro proceso de sobreexplotación.

Con el objetivo de proteger el recurso hídrico subterráneo, es necesario considerar una cantidad mínima como recurso no explotable. Esta cantidad de agua constituirá el volumen anual protegido, denominado la reserva ambiental anual de una MASub. Para calcularlo se ha fijado un 35 % de los recursos hídricos entrantes en el medio subterráneo.

Como resultado de la aplicación de los criterios antes descritos y a través de simulaciones de escenarios de explotación del recurso hídrico subterráneo para los años 2012, 2017 y 2022, además de un escenario para el año 2022 considerando el cambio climático, se tienen determinados los índices de explotación de MASub, contemplando la reserva ambiental del 35 %. Los resultados se muestran en la Tabla 15:

Tabla 15
Índices de explotación de las MASub para el año 2012 y simulaciones para los años 2017 y 2022

Índice de explotación con reserva ambiental (35 %)	Escenario 1 2012	Escenario 2 2017	Escenario 3 2022	Escenario 4 2022 + cambio climático
ESA-01	0.39	0.41	0.42	0.42
ESA-02	0.35	0.34	0.35	0.35
ESA-03	0.26	0.43	0.44	0.43
ESA-04	1.49	1.51	1.51	1.51
ESA-05	0.00	0.00	0.00	0.00
ESA-06	0.52	0.48	0.42	0.42
ESA-07	0.22	0.24	0.25	0.24
ESA-08	0.07	0.08	0.08	0.08
ESA-09	1.13	1.18	1.18	1.18
ESA-10	0.00	0.00	0.00	0.02
ESA-11	0.15	0.18	0.20	0.22
ESA-12	0.31	0.33	0.45	0.45
ESA-13	0.17	0.19	0.20	0.20
ESA-14	0.00	0.00	0.00	0.00
ESA-15	0.10	0.11	0.10	0.09
ESA-16	0.58	0.62	0.69	0.69
ESA-17	0.34	0.35	0.33	0.30
ESA-18	0.00	0.00	0.00	0.02
ESA-19	1.19	1.31	1.49	1.50
ESA-20	0.18	0.21	0.21	0.22
ESA-21	0.27	0.27	0.29	0.29

Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

Puede observarse en los resultados del escenario para el año 2017 las MASub ESA-04, ESA-09 y ESA-19 se encuentran en un estado delicado para la gestión, puesto que se presentan en clara situación de sobreexplotación. Asimismo, la tendencia para el escenario correspondiente al año 2022 con cambio climático es a mantener la misma condición de sobreexplotación.

Debido a lo descrito anteriormente, se plantea la necesidad de realizar estudios hidrogeológicos de mayor detalle, especialmente en aquellas zonas con mayor presencia de actividad socioeconómica, que vayan acompañados del diseño y puesta en funcionamiento de redes de control, al igual que de un padrón de usuarios de agua subterránea; lo anterior con el objetivo que toda la información sirva para mejorar sensiblemente el desarrollo de modelos conceptuales de las MASub, los balances hídricos y el recalcado de los índices de explotación. De esta forma será posible la implementación de modelos numéricos de flujo y transporte, con los que se podrá predecir el comportamiento de las aguas subterráneas para diferentes escenarios.

4.4.5. Asignaciones y reservas

A partir de los resultados de las simulaciones, en la Tabla 16 se presenta un resumen de las asignaciones y reservas propuestas por el PNGIRH en el periodo 2012-2022.

Tabla 16
Asignaciones y reservas propuestas en el periodo 2012-2022

ZH	SE	Abastecimiento poblacional (ANDA-Juntas de Agua-municipalidades)		Uso agropecuario y acuícola (MAG)		Uso energético (CNE)		Uso industrial (sector privado dependiente del MARN)		Uso turístico (sector privado dependiente del MARN)	
		Asignación	Reservas	Asignación	Reservas	Asignación	Reservas	Asignación	Reservas	Asignación	Reservas
		2012	2022	2012	2022	2012	2022	2012	2022	2012	2022
		MMC/año		MMC/año		MMC/año		MMC/año		MMC/año	
I	Lempa	355.28 (*)	30.89 (*)	237.37	148.27	158.23	3.98	61.4	2.58	0	0
	Subtotal	355.28	30.89	237.37	148.27	158.23	3.98	61.4	2.58	0	0
II	Paz	26.31	7.02	6.47	25.06	0	0	0.74	0.03	0	0
	Cara Sucia-San Pedro	14.26	3.15	107.6	0	0	0	0.03	0.02	0	0
	Grande de Sonsonate-Banderas	31.76	4.47	192.87	124.9	76.95	13.97	1.32	0.05	0.35	0.09
	Mandinga-Comalapa	25.92	6.74	4.57	0	0	0	0.29	0.02	0.12	0.04
	Jiboa-estero de Jaltepeque	40.63 (**)	68.94 (**)	25.71	0	0	0.22	4.86	0.18	0.02	0.01
	Subtotal	138.88	90.32	337.22	133.97	76.95	0.22	7.24	0.3	0.49	0.14
III	Bahía de Jiquilisco	20.83	2.61	31.22	0	0	0	1.28	0.05	0	0.36
	Grande de San Miguel	43.14	8.21	34.23	70.3	3.02	0	0.55	0.03	0	0
	Sirama	12.27	2.44	0.6	0	0	0	0.04	0	0	0.83
	Goascorán	8.06	2.05	0.47	0	0	0	0.03	0	0	0
	Subtotal	84.3	15.31	66.52	70.3	3.02	0	1.9	0.08	0	1.19
Total	578.46	136.52	641.11	352.54	238.2	4.2	70.54	2.96	0.49	1.33	

Notas: (*) Se han descontado los recursos superficiales externos al SE Lempa, procedentes del SE Jiboa-Estero de Jaltepeque y cuyas reservas y asignaciones se han incluido al tratarse este sistema para evitar que se dupliquen estos volúmenes en la tabla.

(**) Se incluyen los recursos destinados al abastecimiento del AMSS, en el SE Lempa.

Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

De manera independiente, se presenta un resumen de las asignaciones y reservas por tramos y sistemas de explotación para el uso ambiental.

Tabla 17
Resumen de las asignaciones en m³/s por tramos y sistemas de explotación para el uso ambiental (horizonte 2022)

SE	Cód.	Tramo	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Lempa	I-02	Guajoyo - Desagüe	6.79	16.45	16.45	18.51	33.70	19.03	9.87	3.86	6.90	5.75	3.96	3.41
	I-04	Las Pavas-Lempa	12.18	38.46	37.29	45.91	45.91	45.91	20.55	14.45	11.30	10.06	7.54	7.17
	I-07	Sucio 02	3.13	5.89	7.46	8.68	8.81	6.90	4.37	3.79	3.50	3.58	2.99	2.86
	I-08	Jayuca	0.04	0.17	0.18	0.32	0.32	0.32	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
	I-16	Bajo Lempa	145.64	182.05	182.05	258.81	424.27	275.62	145.64	145.64	131.83	121.86	104.89	99.49
Cara Sucia - San Pedro	II-03	El Naranjo	0.17	0.37	0.37	0.47	0.66	0.65	0.42	0.28	0.28	0.28	0.17	0.12
Grande de Sonsonate-Banderas	II-04	Sonsonate 01	0.59	1.04	0.98	1.20	1.54	1.29	0.86	0.76	0.71	0.73	0.62	0.59
Mandinga-Comalapa	II-08	San Antonio	0.09	0.23	0.26	0.40	0.66	0.37	0.17	0.14	0.11	0.10	0.07	0.06
Jiboa-Estero de Jaltepeque	II-11	Acomunca	0.58	0.87	0.72	0.90	1.21	0.80	0.46	0.35	0.24	0.17	0.11	0.14
Grande de San Miguel	III-02	San Antonio	0.24	0.26	0.31	0.31	0.68	0.85	0.31	0.19	0.19	0.18	0.10	0.07

Nota: números en color azul: época lluviosa y números en color rojo: época seca

SE: Sistema de Explotación

Fuente: Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. MARN, 2017

4.4.6. Otros desafíos y presiones

Variaciones del régimen hidrológico

Como se ha mencionado anteriormente, dado que se ha roto la regularidad del régimen de precipitación, el análisis de disponibilidad basado en caudales medios anuales y estacionales no representan condiciones para una asignación segura y equitativa del recurso entre los diferentes usos y demandas ante las drásticas variaciones climáticas que originan sequías de diversa intensidad, incluyendo fuertes y severas o lluvias torrenciales sin precedentes históricos.

El régimen hidrológico del país está determinado por la lluvia que ocurre en el año, definiendo dos periodos hidrológicos, época lluviosa (mayo a octubre) y época seca (noviembre a abril). En la época de lluvias, los ríos incrementan considerablemente su caudal mientras que, en la época seca, los caudales de los ríos descienden su nivel hasta alcanzar sus caudales base en los meses de marzo y abril. Este régimen se ve afectado por condiciones climáticas cuando existe incremento o reducción en la cantidad de la lluvia mensual y anual; así como también por cambios en el uso de suelo, específicamente por deforestación y cambios de cobertura boscosa a coberturas de granos básicos, pastos o zonas urbanas. Lo mencionado anteriormente reduce la capacidad de regulación hídrica y los caudales de los ríos especialmente en época seca e incrementando los caudales de crecidas en época de lluvia.

El incremento en la demanda del recurso hídrico, especialmente para riego, genera menor disponibilidad del recurso hídrico para las poblaciones ubicadas aguas abajo del sitio donde se está derivando este caudal, lo cual afecta de forma similar a los ecosistemas hídricos, ya que no se preserva el caudal ecológico de los ríos.

Los registros de caudal de las estaciones de la red hidrométrica evidencian la disminución de los caudales promedios mensuales en los meses de la época seca. Los caudales registrados en la última década para los meses de marzo y abril, en diferentes estaciones, son consistentemente menores que en las décadas de los años 60 y 70. Este comportamiento difiere en la estación de Guazapa ubicada sobre el río Acelhuate, en la cual los caudales registrados a través del tiempo presentan incremento de los caudales, producto de las diferentes descargas que se realizan en el río.

El régimen hidrológico de las estaciones hidrométricas en los ríos Paz, San Pedro, Osicala, Tamulasco, Sucio y Lempa (Figura 73) muestra que el caudal promedio que se registra en la estaciones (línea color azul) es menor comparado con el caudal que se ha presentado en años de mayor cantidad de lluvia (línea de color cian), lo cual es un indicativo de los cambios en los regímenes hidrológicos.

De acuerdo con los registros históricos de lluvias del país, el periodo comprendido entre los años 2012 a 2016 ha sido seco, lo cual trasciende al comportamiento de los recursos hídricos. Entre las afectaciones se destacan la reducción del caudal en los ríos, disminución del volumen de agua almacenada en embalses y finalmente, afectaciones en el descenso del nivel de acuíferos.

Las reducciones más críticas de los caudales hasta el año 2016, se presentaron en el oriente y franja costera del país, limitando la disponibilidad de agua para riego, la depresión de los niveles freáticos por insuficiente recarga de acuíferos. Lo anterior impacta en la disponibilidad de agua para abastecimiento de agua potable. De igual forma, el aumento de la evapotranspiración disminuye la humedad en el suelo y el volumen de agua en lagos, lagunas y embalses, así como un incremento de incendios forestales por deficiencia de humedad en el suelo. En el año 2017, el registro de precipitación acumulado tuvo un comportamiento cercano a lo normal (1805 milímetros (mm) de precipitación), siendo el promedio histórico de 1867 mm lo cual favoreció la recuperación gradual de los recursos hídricos.

Erosión y sedimentación, cambios geomorfológicos

Los cambios en los regímenes de precipitación y cambios de usos de suelo en El Salvador, también se manifiestan en el territorio con incremento de la erosión, movilidad de cauces y cambios en la dinámica fluvial.

La erosión del suelo producto de la pérdida de la cobertura vegetal, además de afectar la capacidad de regulación hídrica de las cuencas, incrementa los volúmenes de sedimentos que llegan a los cauces, provocando azolvamientos en los ríos, esteros y cierres en las bocanas en los ríos. Varios de los ríos de la zona costera, especialmente de las regiones hidrográficas de Jiboa estero de Jaltepeque y bahía de Jiquilisco presentan este problema de azolvamiento de sus cauces, incrementando la problemática de inundaciones en la época de lluvias. El estero Barra Salada se ve continuamente afectado por esta situación, en este caso por la eliminación del manglar y su conversión a amplias zonas de pastoreo y cultivos. La Figura 75 y Figura 76 muestran las comparaciones de fotografías aéreas de 1949 e imágenes de satélite 2014 de Google Earth, en las cuales se observa la disminución del bosque salado y consecuentemente la reducción del vaso del estero y la colmatación de los canales en ese periodo.

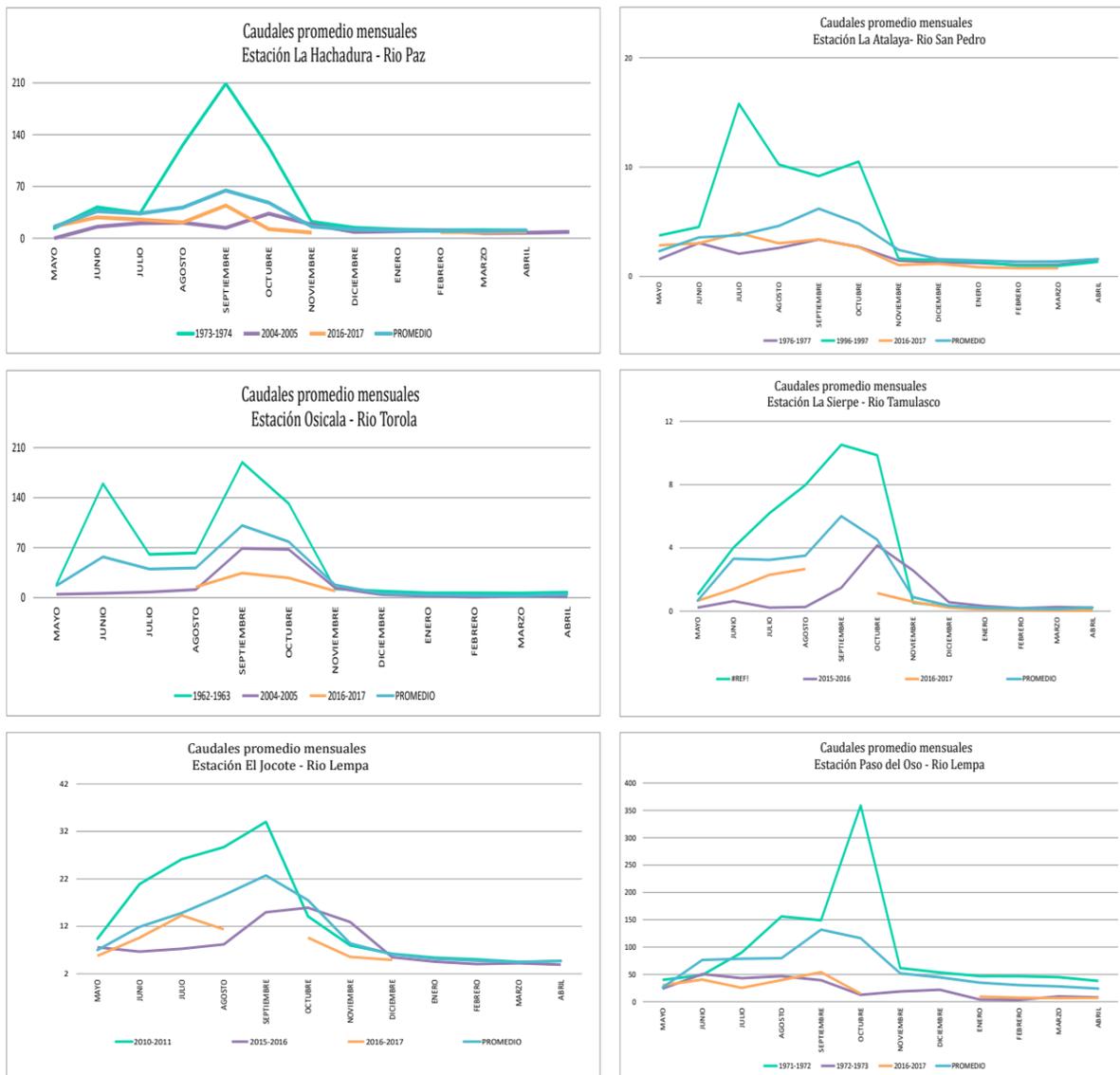
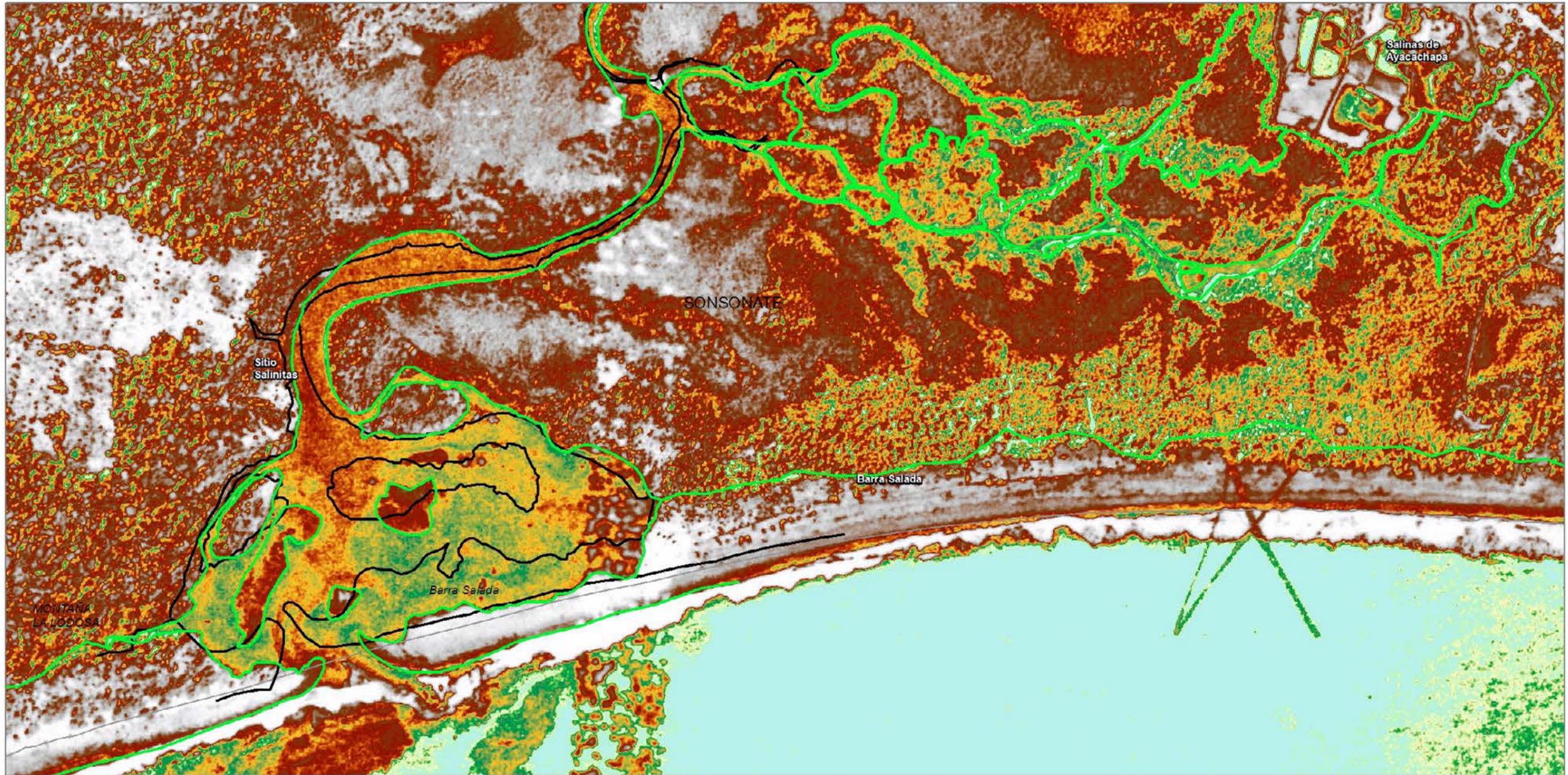


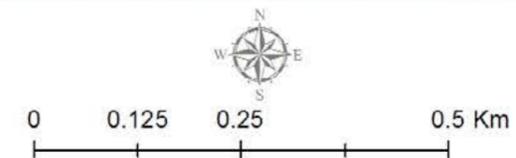
Figura 74. Erosión por estragos de tormenta Ida, 2009
Fuente: MARN

Figura 73. Caudales mensuales en diferentes estaciones hidrométricas (línea azul: caudal promedio mensual; línea cian: caudal en año hidrológico húmedo; naranja: caudal en año hidrológico seco 2016-2017
Fuente: MARN

Imagen 1949 de estero Barra Salada



1949 2014



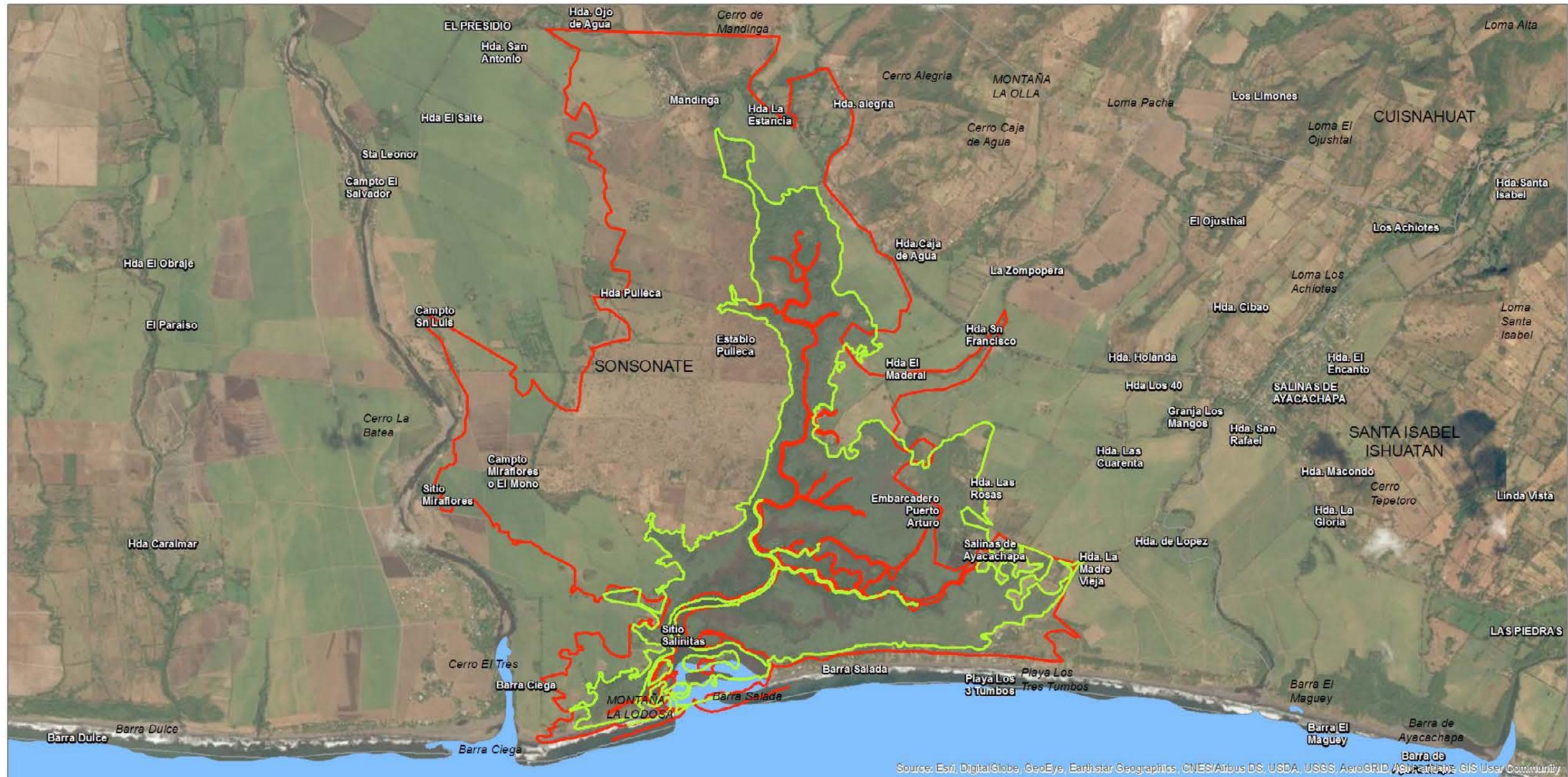
El MARN no garantiza la exactitud de límites territoriales administrativos presentes en este mapa. Es solamente para usos de planificación y ubicación.

Proyección Cónica Conformal de Lambert Datúm Norteamericano de 1927

Figura 75. Cambios en el vaso del estero de Barra Salada en los años 1949 y 2014
Fuente: MARN

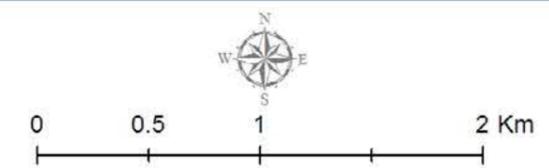


Cambios en el manglar del estero Barra Salada entre 1949 - 2014 (65 años)



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

1949 2014



El MARN no garantiza la exactitud de límites territoriales administrativos presentes en este mapa. Es solamente para usos de planificación y ubicación.

Proyección Cónica Conformal de Lambert Datum Norteamericano de 1927

Figura 76. Trazos de los cambios en el manglar de Barra Salada en los años 1949 y 2014
Fuente: MARN

El volumen de erosión potencial en la zona costero marina se estima en 30 toneladas/hectárea/año y el 32 % de los suelos de la zona marino costera en El Salvador tiene una vulnerabilidad a la erosión que varía entre

muy alta (6.28 %), alta (8.55 %) y media (17.08 %) (Figura 77).

Vulnerabilidad a la erosión

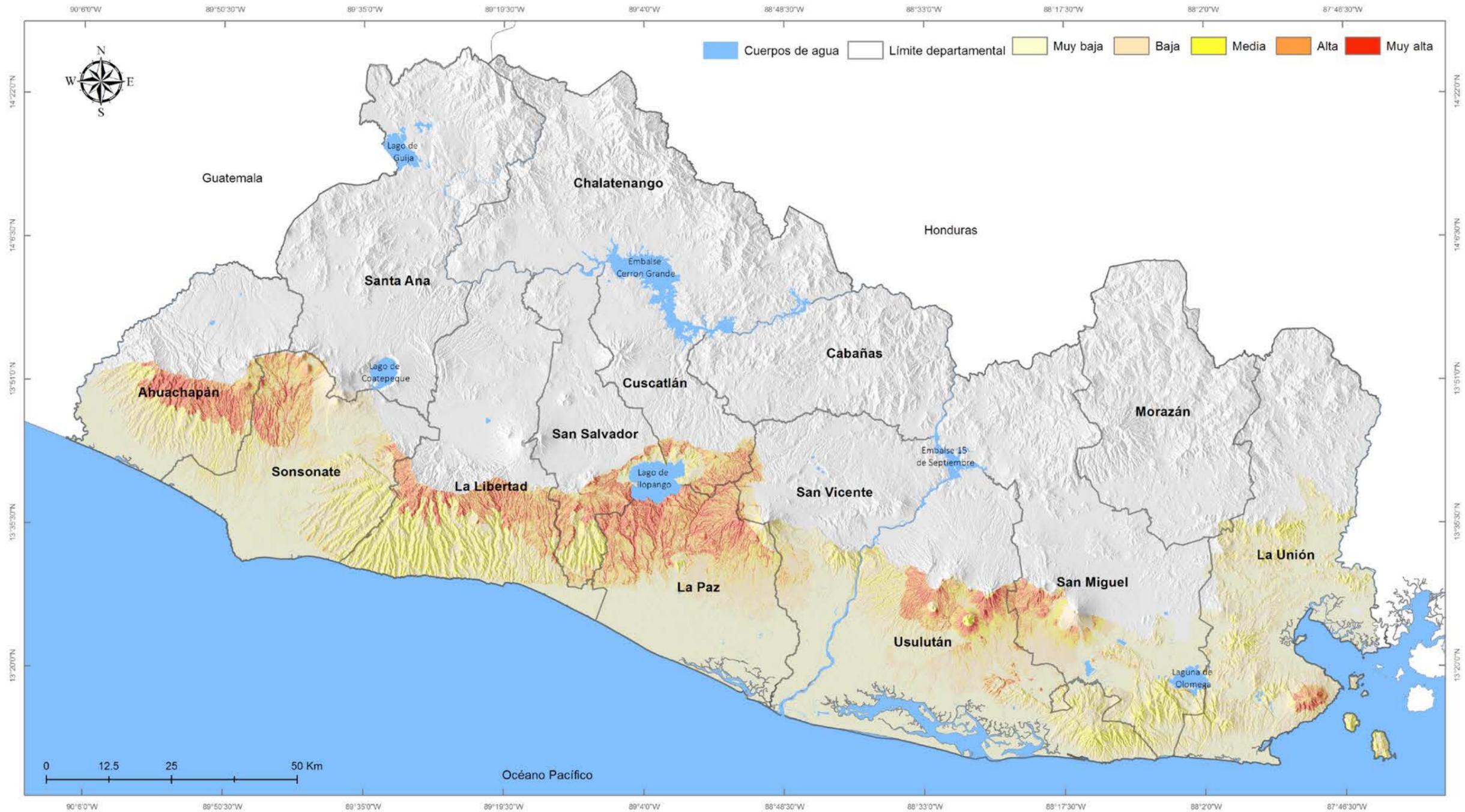


Figura 77. Vulnerabilidad a la erosión en la zona marino costera de El Salvador
Fuente: MARN

Alteración en la dinámica fluvial por actuaciones antrópicas

Las extracciones de materiales sedimentarios de los cauces de los ríos es uno de los problemas que afecta considerablemente los ríos del país, lo que unido al arrastre de sedimentos producto de la erosión de las cuencas produce un desbalance en la dinámica del río, generando cambios en su dinámica fluvial, con una alta movilidad que afecta los terrenos aledaños. En la Figura 78 se presentan los ejemplos en los ríos Jiboa y Huiza, los cuales son los que presentan una mayor afectación por este problema, así como una alta tasa de movilidad del cauce como consecuencia de la explotación de áridos. Se ha determinado desplazamientos de hasta 500 metros en el río Jiboa y de 200 metros en los meandros del río Huiza.

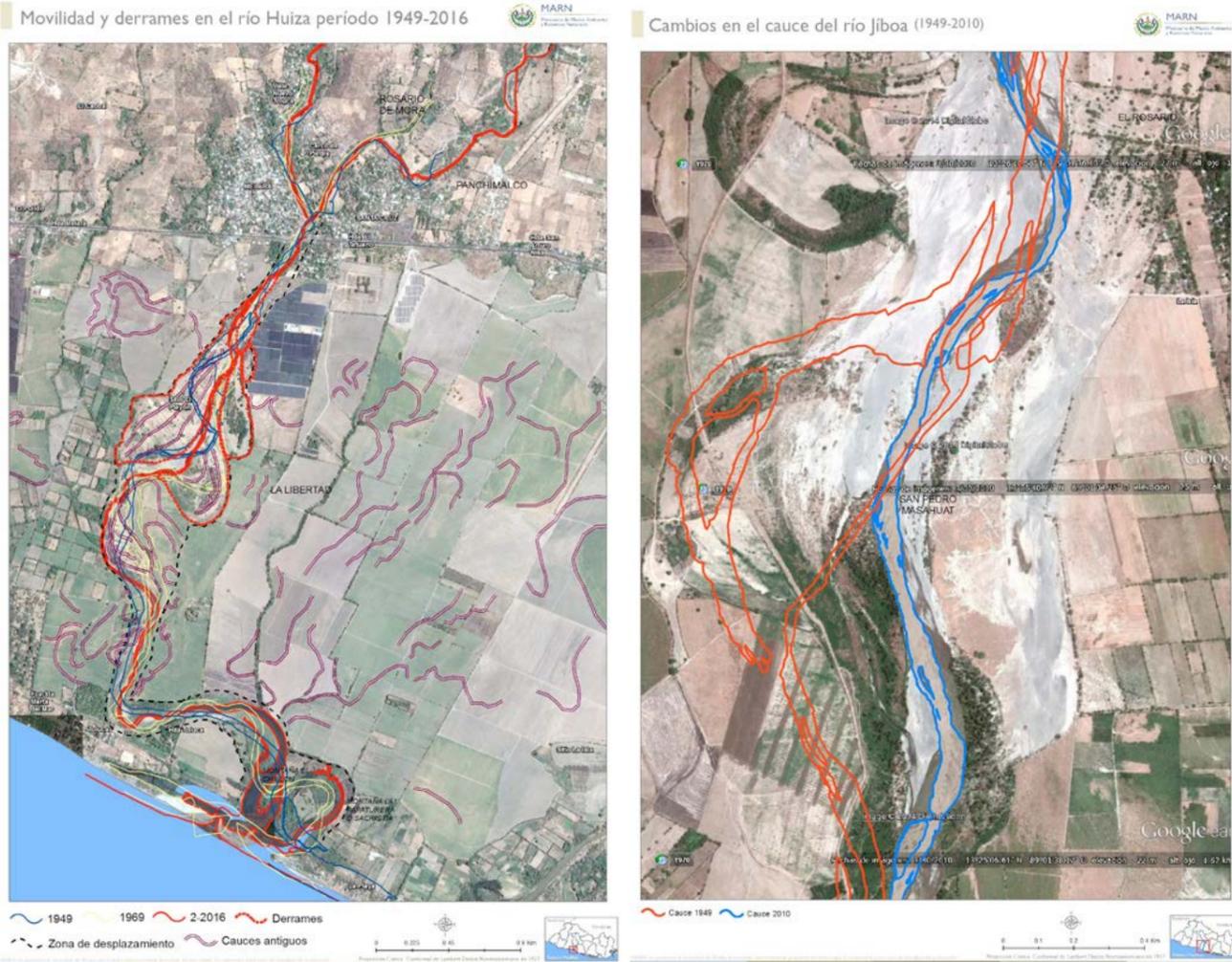


Figura 78. Movilidad en los cauces de los ríos Huiza y Jiboa (años 1949 y 2015 en el río Huiza y 1949 y 2010 en el río Jiboa)
Fuente: MARN

Fuentes de contaminación

Las presiones sobre los recursos hídricos pueden establecerse desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, es decir presiones relacionadas con cantidad o regulación del recurso (extracción de agua, regulación, entre otros) y con la calidad del agua (contaminación puntual y difusa).

Las fuentes de contaminación puntual, son aquellas de fácil detección y control, ya que producen la descarga de contaminantes en localizaciones específicas, a través de tuberías y alcantarillado, por ejemplo, los puntos de descarga de agua residuales, y pueden ser medidas para obtener información cualitativa y cuantitativa.

Las fuentes de contaminación difusa pueden producir afecciones sobre el agua superficial y subterránea. Sobre el agua superficial por lixiviados o lavados desde el terreno en época lluviosa mediante escorrentía, y sobre la subterránea por percolación desde la superficie a los acuíferos. La Figura 79 muestra un resumen de las presiones de los recursos tanto para el agua superficial como subterránea.

Presiones sobre los recursos hídricos superficiales	Presiones sobre los recursos hídricos subterráneos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contaminación originada por fuentes puntuales ▪ Contaminación originada por fuentes difusas ▪ Extracción de agua y regulación de flujo ▪ Alteraciones morfológicas ▪ Otras presiones (especies invasoras) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contaminación originada por fuentes puntuales ▪ Contaminación originada por fuentes difusas ▪ Extracción de agua ▪ Otras presiones (explotación intensa franja costera)

Figura 79. Presiones sobre los recursos hídricos y subterráneos
Fuente: MARN

5

Biodiversidad y servicios ecosistémicos



El Salvador posee un alto grado de diversidad de ecosistemas, tanto terrestres como acuáticos, gracias a sus condiciones climatológicas, edafológicas y geográficas. Muchas actividades económicas dependen directamente de la biodiversidad y del buen funcionamiento de los ecosistemas. No obstante, la preocupación por el resguardo de la naturaleza ha estado permanentemente ausente de las formas en que se desarrolla la producción y, en general, de una variedad de conductas y prácticas que han contribuido a deteriorar severamente el patrimonio biótico del país. La Estrategia Nacional de Biodiversidad (MARN, 2013c) busca corregir este escenario mediante la conservación y el uso sustentable de la biota desde una perspectiva que considera otras dimensiones de la problemática medioambiental del país.

Este capítulo resalta las presiones a las que se ha visto sometida la biodiversidad del país debido a la pérdida del hábitat, la sobreexplotación de los recursos biológicos, la contaminación de los ecosistemas, la introducción de especies invasoras y las amenazas crecientes del cambio climático. A continuación, se examina el estado de la biodiversidad, en términos de las ecorregiones y diversidad de ecosistemas, la variedad de vida silvestre y diversidad de especies, la diversidad genética y el Sistema de Áreas Naturales Protegidas.

Entre las respuestas institucionales para revertir la dinámica de degradación de la biodiversidad adquiere relevancia especial, tal y como se ha señalado anteriormente, la Estrategia Nacional de Biodiversidad, complementada con otros instrumentos de política contenidos en la Política Forestal 2011-2030, el Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP) y el Plan Nacional de Restauración y Reforestación.

En la base de este proceso de definición del marco institucional, destaca el esfuerzo de acopio y procesamiento de información sobre las especies de flora y fauna mediante la construcción del Sistema de Información sobre Biodiversidad de El Salvador, que no solo ha venido a subsanar la relativa precariedad de estudios sobre la diversidad biológica en el país, sino que ha permitido contar con una base de datos sobre registros de las especies y su distribución en el territorio nacional, lo que constituye un insumo fundamental para precisar las intervenciones de política en este ámbito, particularmente para la protección de las especies de flora y fauna amenazadas y en peligro de extinción.

5.1. Biodiversidad y servicios ecosistémicos en El Salvador

La variedad de formas de vida sobre la Tierra, incluyendo los genes, las especies y las interacciones de estas dentro de los ecosistemas, es conocida como diversidad biológica o biodiversidad. Comprende la diversidad dentro de cada especie, entre especies y de ecosistemas. La diversidad genética representa la variación genética contenida en los individuos, que incluye la diversidad genética que existe dentro y entre poblaciones de una especie; la diversidad de especies refiere a la variedad de especies de los distintos grupos taxonómicos; y la diversidad de ecosistemas se entiende como la multiplicidad de comunidades bióticas y de procesos ecológicos que suceden a este nivel.

Además del valor intrínseco de la biodiversidad, su importancia general se manifiesta, ya que sostiene el funcionamiento de los ecosistemas y proporciona los servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano y desarrollo de las actividades productivas. Aunque el bienestar de la población salvadoreña en general y, muchas de las actividades económicas que se desarrollan en el país, dependen estrechamente del aprovechamiento de los recursos biológicos y de los servicios ambientales que prestan los ecosistemas, las políticas sectoriales no han contemplado adecuadamente estos recursos, e inclusive, en algunos casos la aplicación de esas políticas las han vuelto causas indirectas de la pérdida de biodiversidad.

También, como en muchos países, la biodiversidad salvadoreña se ve amenazada por las siguientes causas directas: reducción y fragmentación del hábitat provocado por el cambio de uso del suelo; sobreexplotación de los recursos biológicos; contaminación de los ecosistemas acuáticos; degradación del suelo; invasiones biológicas y actualmente por el cambio climático.

En la última década, el país adoptó una nueva visión para la gestión de la biodiversidad y los ecosistemas, y se experimentaron cambios sustantivos en los enfoques y abordajes siguiendo esquemas altamente participativos e inclusivos. Esta nueva visión exigió la aplicación de enfoques multidisciplinarios y mecanismos eficaces de coordinación interinstitucional e intersectorial para abordar y enfocarse en la problemática real que enfrenta la biodiversidad en el país, y buscar la integración de la conservación y uso sustentable de la biodiversidad en los planes de desarrollo de El Salvador.

5.2. Estado del conocimiento de la biodiversidad de El Salvador

5.2.1. Ecorregiones y diversidad de ecosistemas en El Salvador

El Salvador, como país tropical y debido a sus condiciones climatológicas, edafológicas y geográficas, posee un alto grado de diversidad de ecosistemas tanto terrestres como acuáticos. El país cuenta con seis ecorregiones: bosque de pino roble de América Central; bosques montanos de América Central; bosques secos del lado Pacífico de América Central; bosques húmedos de la Sierra Madre; manglares del golfo de Fonseca; manglares de la costa pacífica seca del norte.

Ecorregiones



MARN
Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Naturales



Figura 80. Ecorregiones de El Salvador
Fuente: MARN, 2010



Los remanentes de ecosistemas naturales existentes en El Salvador contienen muestras representativas de todos los tipos de vegetación que existieron en el país, los cuales fueron identificados en el mapa de Ecosistemas Naturales de El Salvador (MARN, 2010). Estos ecosistemas cubren una superficie total de 274,321 hectáreas, es decir, 13 % del territorio nacional.

El mapa identifica los siguientes ecosistemas naturales: bosque de manglar del Pacífico sobre sustrato limoso, secundario y/o intervenido; bosque tropical decíduo latifoliado de tierras bajas, bien drenado, secundario y/o intervenido; bosque tropical semidecíduo latifoliado de tierras bajas, bien drenado y secundario y/o intervenido. También el bosque tropical siempre verde estacional latifoliado aluvial de tierras bajas, ocasionalmente inundado, secundario y/o intervenido; bosque tropical semidecíduo mixto submontano, bien drenado, secundario y/o intervenido; bosque tropical semidecíduo mixto submontano inferior, bien drenado, secundario y/o intervenido; bosque tropical siempre verde estacional latifoliado montano superior, bien drenado, secundario y/o intervenido; bosque tropical siempre verde estacional aciculifoliado montano superior, bien drenado, secundario y/o intervenido; bosque tropical siempre verde estacional latifoliado

altimontano, bien drenado, secundario y/o intervenido; sabana de gramínoles cortos de arbustos decíduos, antropógena; vegetación de páramo, altimontana; carrizal pantanoso de agua dulce, secundario y/o intervenido; duna y playa tropical con escasa vegetación, secundaria y/o intervenida; flujo de lava con escasa vegetación; estuario del pacífico; lago de agua predominantemente dulce del litoral del pacífico; lago del pacífico; segmento del río del litoral del pacífico, y sistema agropecuario. En el mapa se identifica, además, el área de cultivo de café con una superficie correspondiente al 9 % del territorio nacional.

La actual cobertura arbórea de El Salvador es el resultado de procesos de cambios espacio temporales y una alta dinámica de uso del suelo, cuyos cambios han estado marcados, particularmente, por la expansión agrícola y el crecimiento urbanístico. Durante muchas décadas se impulsaron políticas que promovían el aumento de las exportaciones agrícolas, y el país experimentó la conversión de sus zonas boscosas hacia áreas de producción agrícola. El Salvador ha pasado por varios ciclos históricos, iniciando con un ciclo en que se impulsó la explotación del añil, el cual duró hasta finales del Siglo XIX. A partir de 1838, en el país se promovió el cultivo intensivo del café y luego un ciclo de expansión del cultivo del algodón, que inició en 1950 y que se mantuvo hasta mediados de los años 80.

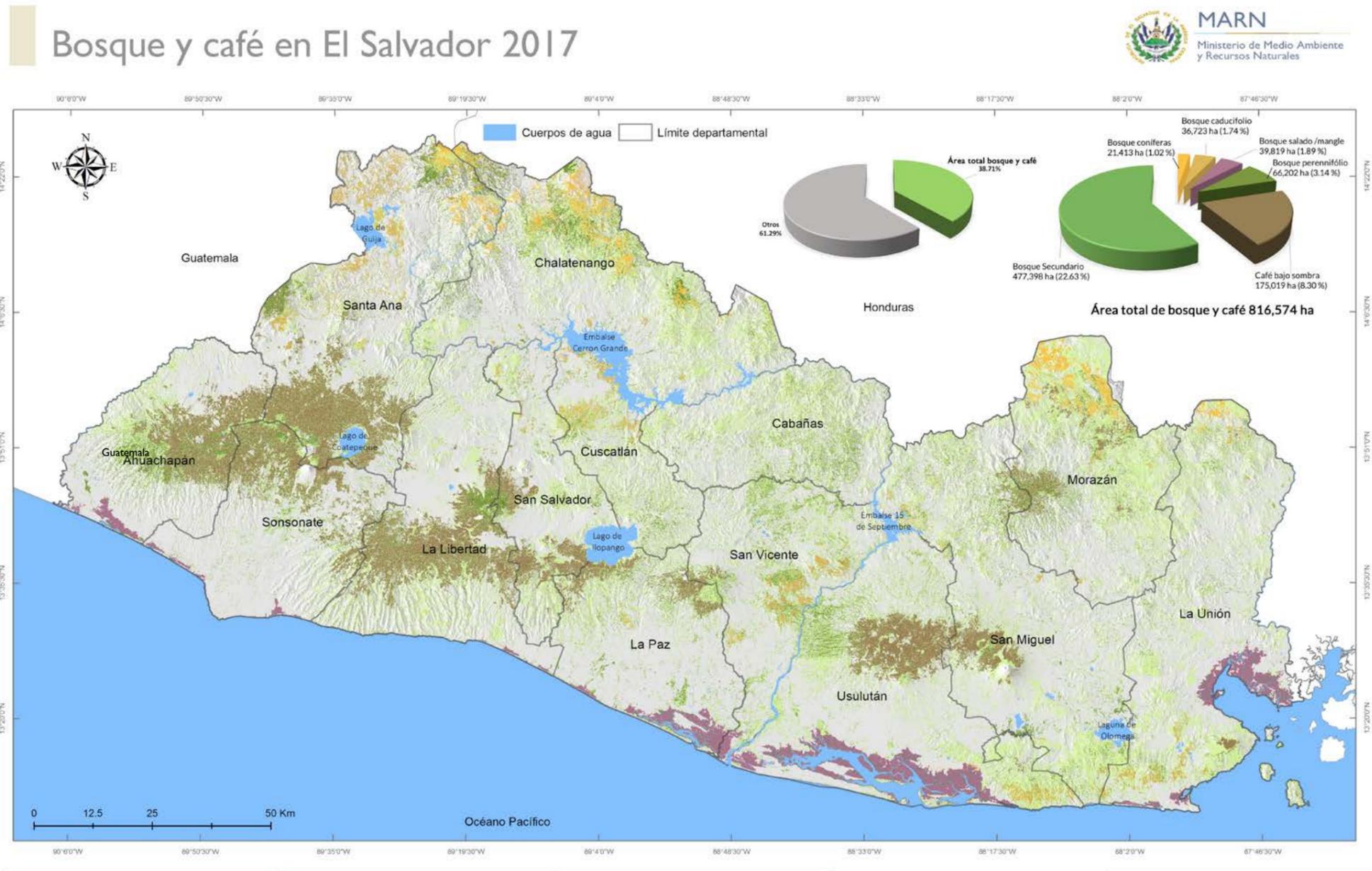


Figura 81. Bosque y café en El Salvador
Fuente: MARN, GIZ, UICN, Mapa de cobertura y uso del suelo (1:2500) con base en imágenes RapidEye de 2011. Junio, 2016.

En la actualidad se estaría experimentando un cuarto ciclo, con una apuesta al cultivo de caña de azúcar. Además, el tipo de agricultura que se promovió en cada ciclo, dependía de crecientes niveles de agroquímicos y otras prácticas no sustentables, lo que a su vez causó una degradación ambiental severa con grandes alteraciones del paisaje, caracterizada por una fuerte erosión y pérdida de suelo fértil, y la contaminación del suelo y agua.

Partiendo de información y data del mapa de uso de suelo, actualizado con imágenes RapidEye (MARN, GIZ, UICN 2016), se ha comprobado que, en la actualidad, el país cuenta una cobertura arbórea del 38.8 %. La cobertura arbórea de El Salvador está dominada por el estrato de bosque secundario que cuenta con un total de 474,776 hectáreas, lo que representa un 22.8 % del territorio. Los cafetales bajo sombra representan 174,979 hectáreas, es decir, el 8.3 % del territorio nacional.

Con la utilización de imágenes Landsat de 30 metros de resolución, correspondientes a los años 2000, 2005 y 2010, se realizaron estimaciones del área boscosa en El Salvador, haciendo énfasis en las categorías de bosque y de guamil/café. El guamil es un término de uso amplio en Honduras y es aquella vegetación secundaria húmeda, incluyéndose también, dentro de estos a los cafetales. Con relación a la tendencia del área boscosa del país, durante la década 2000 – 2010, esta mostró que para el periodo comprendido entre los años 2000 y 2005 hubo una reducción del 16,13 %, esto es, 86,958 hectáreas, equivalente a 17,392 hectáreas por año. Sin embargo, entre los años 2005 a 2010 hubo un incremento significativo del área, de 28.54 % que es 129,073 hectáreas, equivalente a 25,815 hectáreas por año, mostrando un aumento de 42,115 hectáreas entre el periodo de 2000 a 2010 (MARN, 2017). Los datos e información detallada se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18
Tendencias del área boscosa

Clasificación	2000		2005		2010	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
B. Latifoliado denso	2,498	0.12	2,413	0.11	2,424	0.12
B. Latifoliado abierto	8,423	0.40	8,689	0.41	8,600	0.41
B. Pino denso	10,874	0.52	10,205	0.48	11,699	0.56
B. Pino ralo	27,190	1.29	20,496	0.97	25,351	1.20
B. Mixto	7,427	0.35	6,422	0.30	8,193	0.39
B. Mangle denso	31,542	1.50	32,800	1.56	31,786	1.51
Guamil/cafetal	292,389	13.88	220,301	10.45	314,016	14.90
Matorral seco	373,303	17.72	321,547	15.26	397,964	18.89
B. Mangle ralo	7,036	0.33	5,683	0.27	5,706	0.27
Bosque seco	151,830	7.21	145,244	6.89	173,549	8.24
Otros ecosistemas y usos del suelo	1,194,709	56.70	1,333,423	63.28	1,127,934	53.53
Bosque	539,209	25.59	452,253	21.46	581,324	27.59
No Bosque	1,568,012	74.41	1,654,970	78.54	1,525,898	72.41

Fuente: MARN, 2017

Otro análisis realizado por el MARN en los ecosistemas boscosos, para el periodo comprendido entre 2000 y 2010, planteó que el país experimentó una pérdida del 2.3 % equivalente a 48,280 hectáreas. Análisis de imágenes del año 2000 permitieron estimar que el país tenía un área de bosque, incluyendo manglares, de 3226 km² que equivalía a 15,3 % (322,600 hectáreas) del territorio y para el año 2010, el país mostró una extensión de ecosistemas de 2743 km², es decir un 13 % (274,321 ha) del territorio.

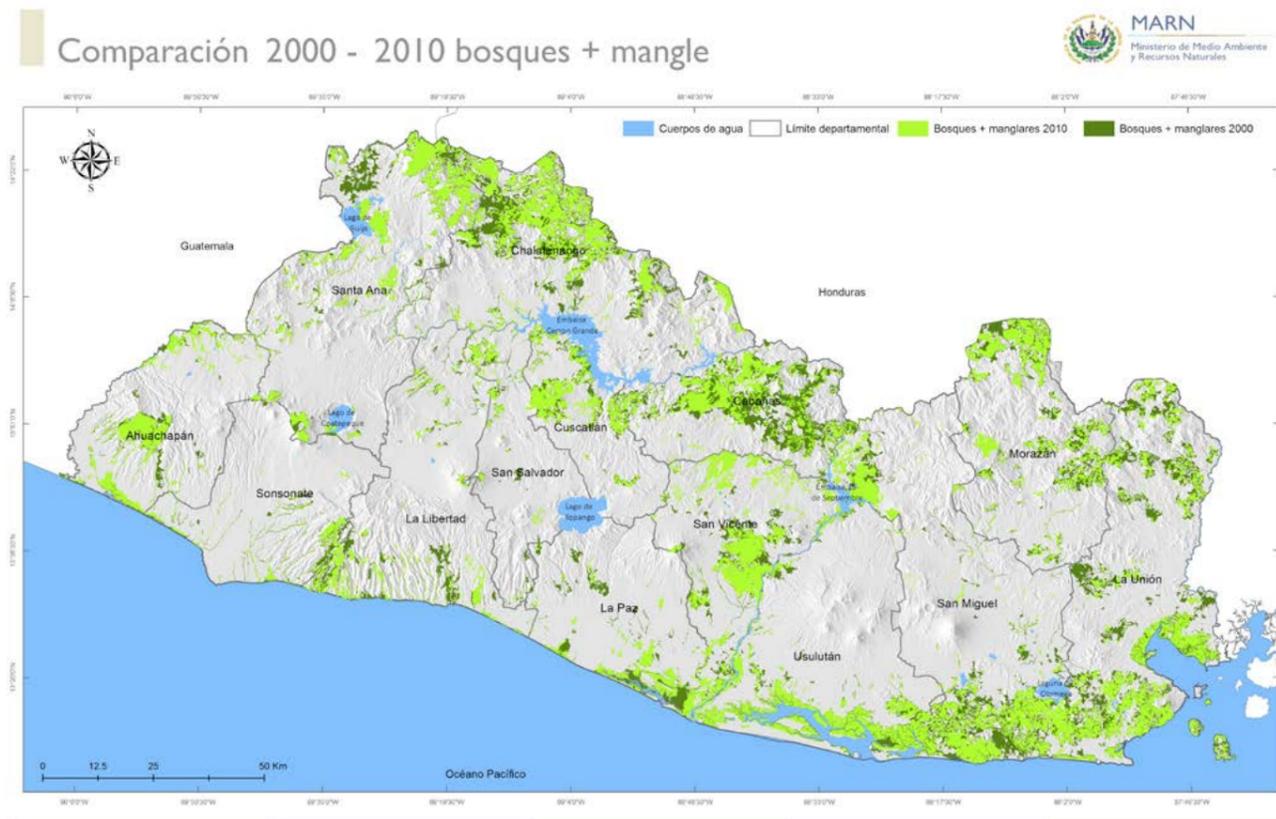


Figura 82. Sitios con pérdida de ecosistemas naturales entre 2000 y 2010
Fuente: MARN

En este análisis, uno de los ecosistemas boscosos más afectados por las actividades antrópicas serían los bosques latifoliados deciduos y semideciduos, los cuales habrían sido afectados por la expansión de las actividades agrícolas y ganaderas, así como por proyectos de urbanización y lotificación. También los bosques de galería, que habrían sufrido continuos procesos de deforestación y degradación, principalmente por la expansión de las actividades agrícolas y ganaderas. Además de la expansión de la agricultura, la zona ecotonal ha sido afectada por la construcción de infraestructura hotelera, complejos habitacionales y pequeños proyectos de generación de energía hidroeléctrica, la cual ha quedado restringida a pequeños parches dispersos a lo largo de la costa.

5.2.2. Reducción y fragmentación del hábitat provocado por el cambio de uso del suelo

De forma general, las causas principales del cambio de uso del suelo y la deforestación en El Salvador son complejas y varían de una zona a otra. Sin embargo, un análisis preliminar indica que, hoy en día las principales causas de la deforestación y la degradación de los bosques y suelos en El Salvador son atribuidas a: la expansión de las actividades agrícolas y aplicación de prácticas no sustentables; el crecimiento urbano y construcción de infraestructura; la producción ganadera; la extracción de leña y madera, los incendios forestales y quemas agrícolas y, en el caso de los manglares, la tala ilegal y extracción de leña y madera para viviendas, actividades agrícolas y ganaderas, así como al establecimiento de salineras y pequeñas camaronerías.

Crecimiento urbanístico

El VI Censo de Población realizado en 2007 reportó que en el área urbana se concentraba el 62.7 % de la población salvadoreña. El fenómeno de la migración hacia zonas urbanas, se acentúa en mayor proporción en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) que alberga el 27.3 % de la población salvadoreña e incluye 12 municipios en el departamento de San Salvador y los municipios de Antigua Cuscatlán y Santa Tecla en el departamento de La Libertad.

La migración de las zonas rurales hacia algunas ciudades y el crecimiento urbanístico presiona crecientemente a los ecosistemas naturales y las áreas agrícolas adyacentes a las urbes. En ocasiones, se asocia esta tendencia al crecimiento y distribución de la industria y el comercio nacional, lo que ha propiciado la conformación de centros poblacionales densamente poblados, algunos de ellos industrializados como es el caso de los municipios de Apopa, Soyapango, Ilopango y otros del AMSS.

La concentración poblacional en las grandes urbes y los procesos de urbanización en distintos puntos de El Salvador muestran dos impactos importantes. El primero, afecta la zona suroccidental del país, lo que ha llevado a una amenaza a las plantaciones de café de sombra, y a las zonas agrícolas más fértiles del país del Valle de Zapotitán. El segundo impacto se relaciona con la afectación de importantes zonas de recarga de acuíferos. Esto último conduce a su vez a una doble amenaza sobre el recurso hídrico, por un lado, un impacto al deforestar e impermeabilizar la superficie natural de recarga, y por otro, el aumento y concentración de la demanda de agua en estas mismas zonas. Esta dinámica crea una creciente tendencia de depender más en las aguas superficiales para el abastecimiento urbano (Barry et al. 1996; PRISMA 2017).

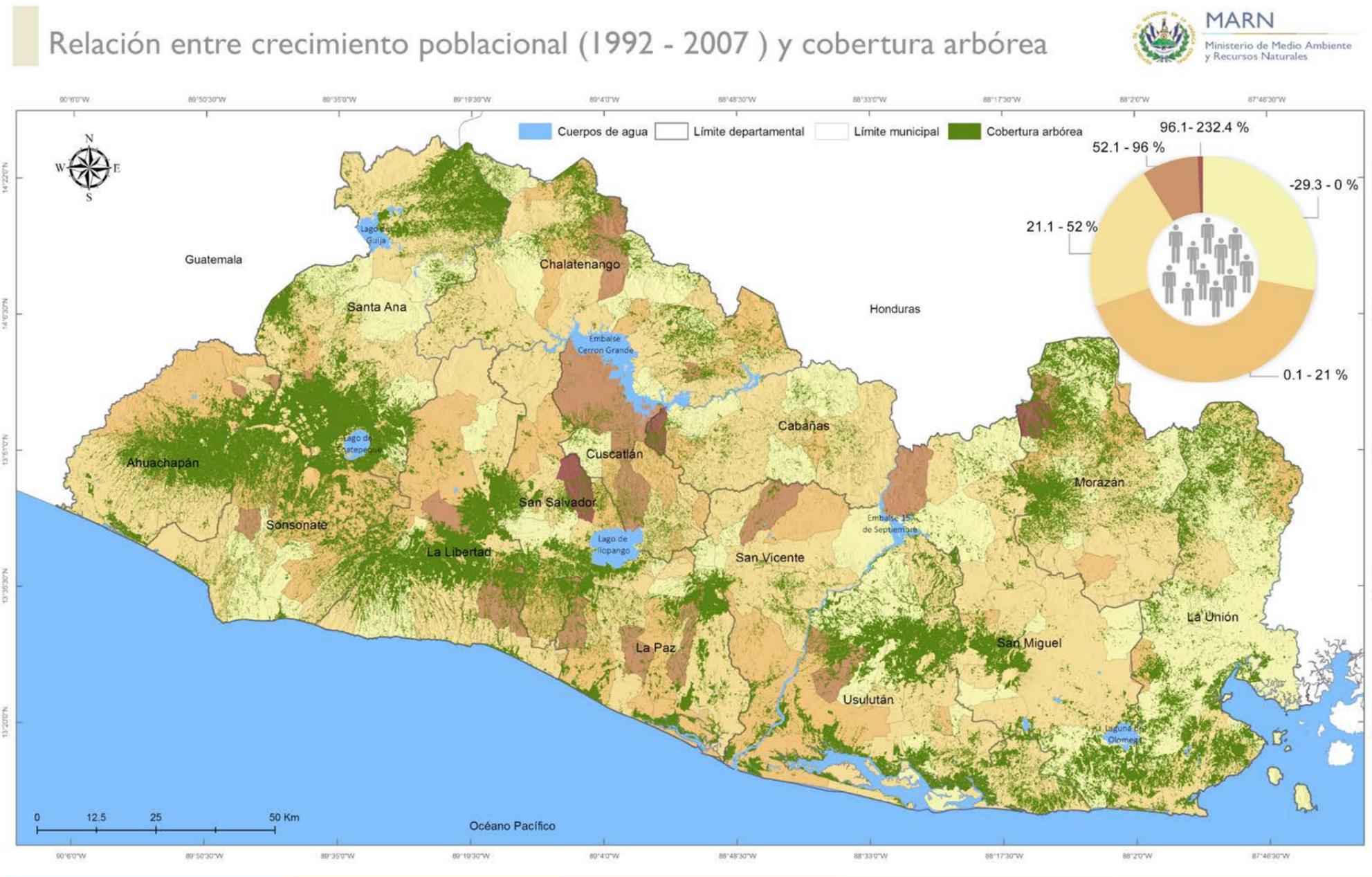


Figura 83. Dinámica de la cobertura arbórea y crecimiento poblacional
Fuente: MARN

Los incendios forestales y quemas agrícolas

Los incendios forestales y las quemas agrícolas son una problemática recurrente que afecta a los recursos forestales del país, al provocar la destrucción y graves daños a los bosques naturales y seminaturales, plantaciones forestales y las áreas naturales protegidas.

Se evidencia que esta problemática se incrementa en la época seca, debido a la combinación de factores climáticos adversos como: sequías, temporadas de calor y vientos fuertes. Está fuertemente asociado también a las prácticas inadecuadas como la quema de rastrojos de los cultivos sin ningún control, quema de pastizales y quema de basura, uso del fuego para extracción de miel o caza, fuegos intencionales, fogatas en áreas boscosas, trabajos de chapoda y quema de malezas en carreteras.

En el período 2012-2017, el 56 % de los incendios fueron provocados por causa de actividades agrícolas; el 22 % es por extracción de vida silvestre; y el 22 % fue intencionado para futuro cambio de uso de suelo.

Los incendios son de origen antrópico, y se concentran en las temporadas de enero a mayo y de noviembre a diciembre. Bajo el liderazgo del MARN y en coordinación con las instituciones vinculadas, se han desarrollado estrategias y planes para enfrentar este problema, particularmente en años impactados por sequía severa.

Para los años 2014 y 2015, años afectados por sequía meteorológica severa, se tuvo una incidencia relativamente alta de incendios, y fueron afectadas 3,776 hectáreas. En esta situación intervienen diferentes sectores productivos, tales como los asociados a la práctica de quema en la caña de azúcar, y la agricultura de subsistencia vinculada a un sistema de agricultura itinerante basada en la roza, tumba y quema.

Cifras sobre incendios forestales, años 2006-2016

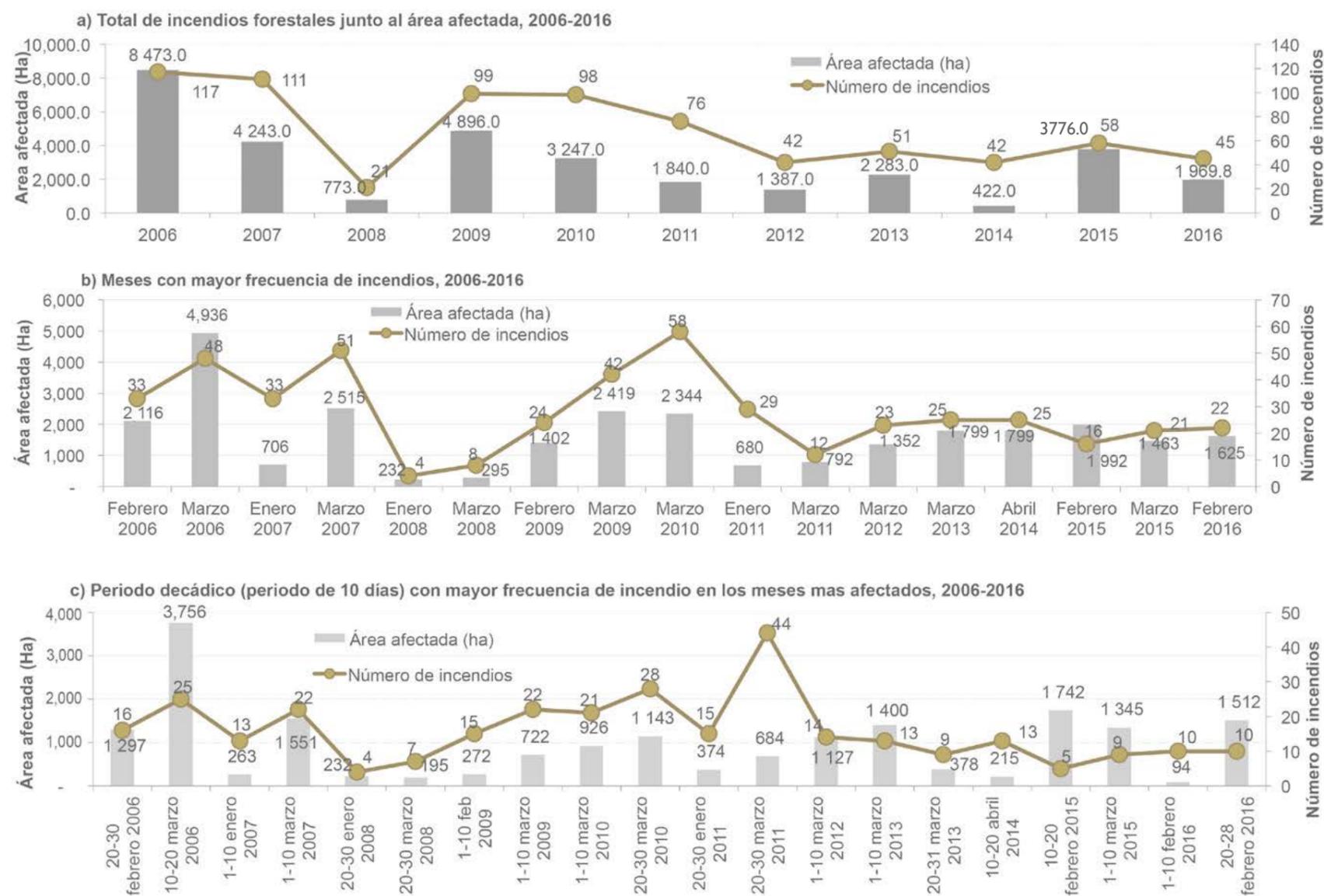


Figura 84 Cifras sobre incendios forestales, 2006-2016
Fuente: Anuario Estadístico 2016, MARN

Plan de manejo del fuego y control de incendios forestales

El Salvador cuenta con una Estrategia Nacional de Manejo del Fuego la cual fue preparada a través de un ejercicio conjunto de las ocho instituciones que conforman la Comisión Nacional de Incendios Forestales (CENIF), bajo la coordinación de los ministerios de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de Agricultura y Ganadería, y el apoyo de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID por sus siglas en inglés)

Planificada para el periodo 2016-2020, la estrategia busca integrar las políticas, planes y programas, mediante la coordinación interinstitucional y multidisciplinaria de acciones eficaces, para el manejo del fuego en todo el territorio nacional, conservando la biodiversidad y los ecosistemas, y mitigando los efectos del cambio climático, a fin de mejorar la calidad de vida de la población. La estrategia tiene como objetivo central establecer los lineamientos que regulen el manejo responsable del fuego, involucrando a todos los actores relevantes del país. Busca fortalecer el marco legal a efecto de que sea eficaz y concordante para que las instituciones y la población realicen un manejo responsable del fuego, y la adecuada prevención y control de los incendios forestales.

Entre otras acciones, contribuye al desarrollo y consolidación del sistema de manejo de fuego del país con lineamientos, protocolos, procedimientos y normativas técnico-operacionales estandarizadas; coordinar y gestionar fuentes de financiamiento nacional e internacionalmente que garanticen la implementación de la estrategia, planes y acciones a escala nacional; establecer un sistema de información estandarizado entre las instituciones que respalda la toma de decisiones; crear un programa de investigación con una cobertura nacional que permita generar el conocimiento científico sobre el impacto ambiental, social y económico de los incendios forestales; desarrollar programas nacionales de educación ambiental y difusión con el fin de sensibilizar a los tomadores de decisiones, población civil, instituciones públicas y privadas, sobre el uso adecuado del fuego; y, fortalecer los sistemas de alerta temprana en la prevención, detección y control de los incendios forestales.

El MARN ha diseñado e implementado un sistema de monitoreo de incendios forestales que conlleva al monitoreo de puntos de calor con imágenes satelitales que activan un protocolo de actuación institucional dependiendo de los niveles de preaviso, aviso y emergencia. Este sistema ha sido activado en el año 2015, el cual ha permitido dar una mejor respuesta para la atención de los incendios forestales.

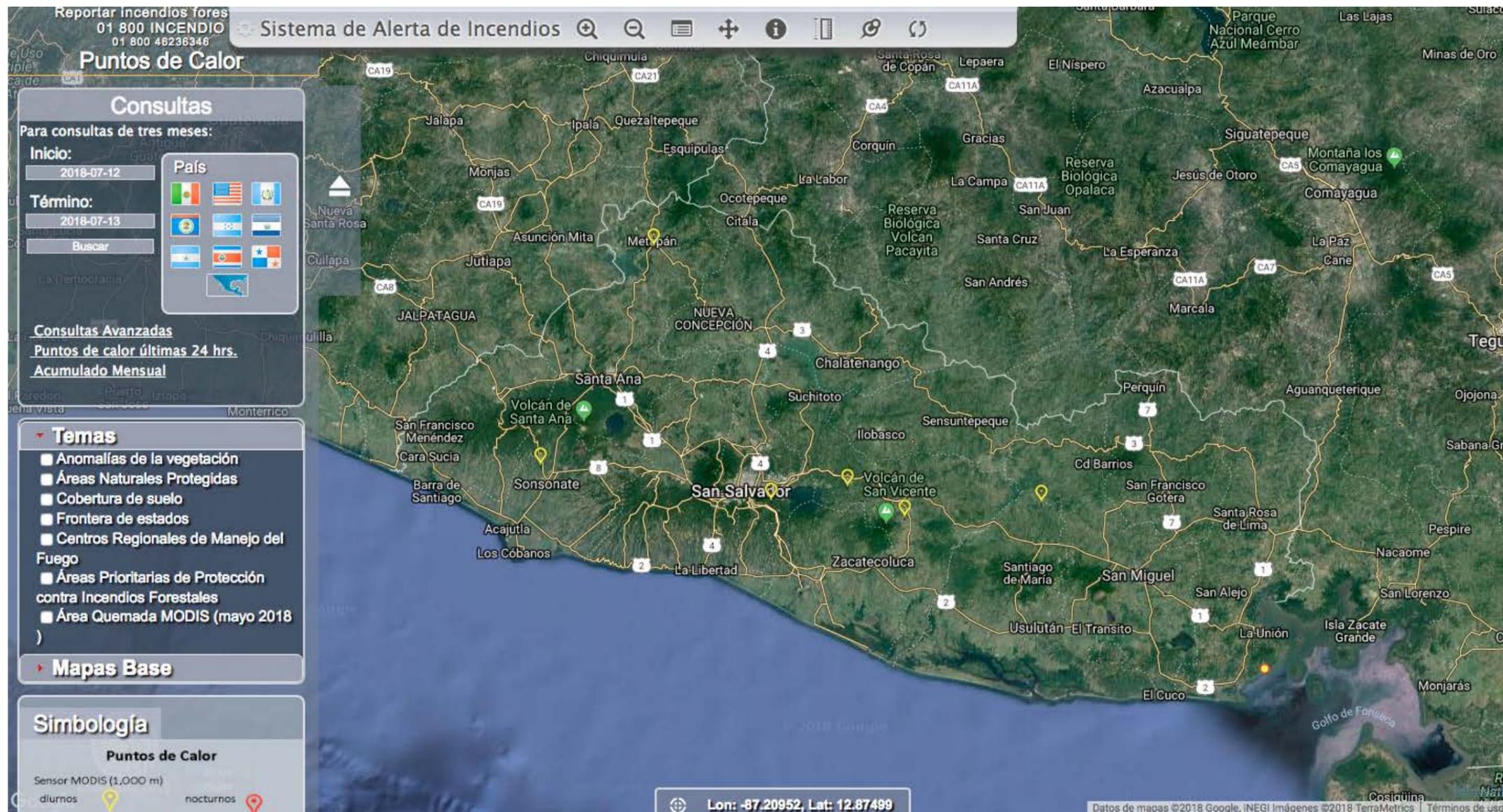


Figura 85. Sistema de puntos de calor en El Salvador para el monitoreo de incendios forestales
Fuente: MARN



Figura 86. Protocolo para la alerta temprana por incendio forestal en Área Natural Protegida
Fuente: MARN

Para las áreas afectadas por los incendios se implementa un Plan de recuperación bajo el cual se impulsa un Plan de reforestación que permita restablecer la cobertura vegetal de los ecosistemas degradados en áreas protegidas, zonas de amortiguamiento; y, los ecosistemas prioritarios y el plan de manejo del fuego que busca prevenir, controlar y reducir la incidencia de incendios forestales a través de las buenas prácticas de manejo del fuego.

De igual forma, en el marco del Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes, el MARN ha diseñado el plan de restauración de las áreas afectadas por incendios forestales en el volcán de San Salvador ocurridos durante la época seca del año 2017, con un área afectada de 175 manzanas (122.37 ha) con una afectación de 167 manzanas de bosque y 8 manzanas de cafetal.



Figura 88. Incendio ocurrido en el complejo volcánico San Salvador en 2017 captado a partir de vuelo de dron.
Fuente: MARN



Figura 87. Plan de recuperación de áreas afectadas por incendios forestales
Fuente: MARN

5.2.3. Introducción de especies invasoras altamente competitivas

En el Listado de especies de flora y fauna exótica invasoras en el país (MARN, 2015d) se establece, con base en criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) que, las especies invasoras son animales, plantas u otros organismos introducidos por el ser humano en las zonas fuera de su área de distribución natural, donde se establecen y se dispersan, provocando un impacto negativo en el ecosistema y especies locales. Por su parte, el Convenio sobre Diversidad Biológica caracteriza como “exóticas” las especies o subespecies introducidas fuera de su área de distribución natural en el pasado o la actualidad; la definición incluye cualquier parte, gametos, semillas, huevos o propágulos de esas especies que podrían llegar a sobrevivir y reproducirse.

Los impactos ambientales que las especies exóticas invasoras causan a los ecosistemas (acuáticos y terrestres) van desde la pérdida de especies nativas, hasta el cambio en el equilibrio de los ecosistemas. En El Salvador, se conocen parcialmente los daños que el pato cormorán (*Phalacrocorax brasilianus*) ha ocasionado, sobre todo en el embalse Cerrón Grande. Esta ave en particular representa una amenaza potencial para otras especies de aves acuáticas, principalmente por competencia por alimento y espacio. Los daños ocasionados a la vegetación son considerables, además de representar pérdidas económicas para el sector pesca.

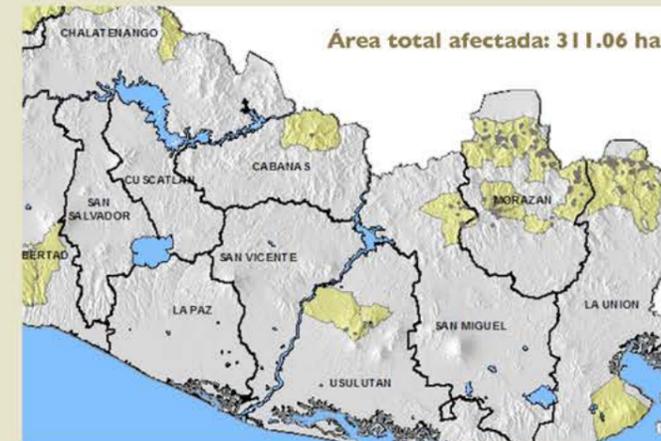
Los cormoranes tienen como estrategia de caza acordonar a los cardúmenes en grandes bandadas; los grupos se alimentan en turnos, unos persiguen y acorralan, otros esperan la llegada del cardumen hasta que es conducido a la trampa. Considerando que la población de aves en el humedal del Cerrón Grande sobrepasa los 30 mil individuos, y que se estima que cada adulto consume 325 gramos de pescado al día, el costo económico para la pesca artesanal asciende a 1.4 millones de dólares anuales, según los precios del mercado del pescado en el área del embalse del Cerrón Grande.

Otro aspecto importante es que los cormoranes se han quedado sin depredadores naturales, pues aquellos que podrían serlo como serpientes, zorros y tacuazines, han sido eliminados, y los mamíferos no tienen acceso a las islas donde las aves duermen y anidan. En el año 2003, menos de 1400 parejas reproductoras usaban una de las islas; en 2012, más de 6000 parejas usaban la misma isla.

Otro caso muy particular es el de la especie vegetal comúnmente llamada Jacinto de agua (*Eichornia crassipes*), la cual ha invadido muchos cuerpos de agua dulce (lagos y lagunas de El Salvador), incluyendo humedales clasificados con la categoría de sitios Ramsar, tales como las lagunas El Jocotal y Olomega, el embalse del Cerrón Grande y el complejo del lago de Güija (MARN, 2011b). La proliferación del Jacinto de agua afecta los embalses de aguas frescas, debido a que prefiere ambientes con alto contenido de materia orgánica en suspensión, donde prolifera con agresividad, causando impactos ambientales negativos. Entre estos impactos se destacan la disminución de la oxigenación natural del agua por brisa o viento, ya que actúa como barrera física; disminuye la penetración de luz solar en la columna de agua, alterando las condiciones naturales en el fondo de los embalses. Además, dificulta la navegación, lo que incrementa costos para el desplazamiento, incluyendo situaciones en que las embarcaciones quedan atrapadas entre la gran biomasa de Jacinto; limita los esfuerzos de pesca; reduce los niveles de oxígeno disuelto, abatiendo los recursos pesqueros y las especies acuáticas en general.

Según el MAG (2016), las especies son consideradas como invasoras debido a que, por sus características intrínsecas y altamente competitivas, desplazan a las especies nativas provocando en muchas ocasiones su extinción local. La pesca en lagos y lagunas enfrenta una problemática especial por la fuerte alteración ecológica que ha sufrido y cuyos impactos todavía no han sido adecuadamente estudiados.

Combate a la plaga del gorgojo descortezador del pino En el primer trimestre de 2016, se detectó afectación de pinos por plaga de gorgojo, por lo que el Ministerio de Agricultura y Ganadería declara emergencia fitosanitaria el 19 de abril de 2016, denominada: "Estado de Alerta Fitosanitaria en todo el país, para el combate del gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus frontalis*)". El diagnóstico se basó en el reporte proveniente desde las municipalidades, avisos ciudadanos e identificaciones desde el personal territorial del MAG y MARN. Ante gestión del MARN, la Universidad Central de Taiwán adquirió imágenes RapidEye y Landsat 8, correspondientes a cuatro días representativos, ubicados entre julio y septiembre del 2016; obteniéndose después del análisis exhaustivo de las mismas, un total de 311.06 hectáreas afectadas por el Gorgojo.



Distribución nacional de afectaciones de gorgojo descortezador en 22 municipios del país



Imagen satelital afectaciones de zona norte de Morazán.

Se gestionó asistencia técnica con el Servicio Forestal de los Estados Unidos, la cual consistió en capacitaciones sobre manejo integral del control de gorgojo a los equipos técnicos, así como las acciones para la restauración en las áreas afectadas, habiendo compartido, con anterioridad, un panorama actualizado de la situación nacional.

La atención de la plaga se logró por la movilización de un total de 29 brigadas o equipos de control frontal del gorgojo descortezador del pino, entre MAG, alcaldías Perquín- Jocoaitique; y juntas de agua y MARN. Se implementó un protocolo de actuación, que define las acciones previas, durante y después de los eventos de control directo en campo; además detalla las acciones fitosanitarias pertinentes y requeridas. Los cinco pasos básicos del protocolo incluyen: identificación del sitio y coordinación local, georreferenciación; acceso, elección priorizada y marcaje de los árboles afectados; corte de árboles afectados en el sitio y en franja de seguridad; aplicación de productos de control fitosanitario; limpieza de residuos, corteza, aserrín, etc.; coordinación del aprovechamiento de madera generada; actividades posteriores de restauración del sitio.

Acciones de restauración: en el año 2017 se logró identificar las especies forestales, la tecnología para el montaje de viveros y el establecimiento de plantaciones, los recursos y acciones pertinentes de restauración para los bosques afectados y sujetos de acciones de control del gorgojo descortezador del pino. Se instalaron viveros municipales y comunitarios, para potenciar el incremento paulatino de nuevas áreas restauradas y la participación de instancias municipales y locales en la siembra y mantenimiento de las mismas. Las municipalidades de Perquín, San Fernando y la Asociación de Propietarios de Bosque trabajaron en el montaje de un vivero de 250, 000 plántulas, las cuales fueron plantadas para la restauración del bosque de coníferas.

Figura 89. Combate a la plaga del gorgojo descortezador del pino
Fuente: MARN, 2016

5.2.4. Degradación de los ecosistemas de manglar y su impacto sobre los medios de vida de las comunidades locales y sobre las pesquerías en El Salvador

Los manglares son sitios de alimentación, refugio, reproducción y cría de muchas especies de crustáceos, moluscos y peces; son los criaderos principales de camarones marinos, cuyas larvas migran del mar abierto al ecosistema de manglar que le provee sustancias ricas en nutrientes y protección frente a los depredadores. Por lo tanto, el deterioro del manglar implica una menor población de esas especies y menores ingresos para los pescadores. Además de ser los principales criaderos de camarones marinos, los manglares son hábitats claves para conchas, cangrejos y peces los cuales se convierten en importantes medios de vida local, y de peces y camarones de agua dulce que migran a estos bosques en las primeras etapas larvales.

En los manglares de la bahía de Jiquilisco se contabilizó la mayor concentración de postlarvas de camarón en el año 2000, encontrándose de 2500 a 3000 postlarvas por metro cúbico. Para la zona del golfo de Fonseca se evidenció que del 70 al 100 % de chacalines estaban maduros y listos para desovar. Aparentemente, el golfo de Fonseca es uno de los sitios donde se desarrolla gran parte de las poblaciones de chacalines, y se ha determinado que es el golfo de Fonseca el sitio donde el chacalín (*Trachipenaeus faoea*) cebra, carabalí alcanza tallas comerciales (tallas 21-25 colas libra). Los sistemas lagunares de la bahía de Jiquilisco y del estero de Jaltepeque son elegidos por los tiburones, particularmente los tiburones martillos (*Sphyrna lewini*), para parir y dejar sus crías. Los manglares de El Salvador liberan nutrientes hacia el mar (hasta los 100 metros de profundidad), que sustentan la productividad primaria de la zona marina, incidiendo significativamente en la cadena trófica de las especies comerciales y no comerciales, y repercute tanto en pesca industrial como en la pesca artesanal. Dependiendo de las condiciones ecológicas como la temperatura del agua, el drenaje, las propiedades del sustrato, los aportes de nutrientes y salinidad, existen diferencias en la estructura y composición de manglares, así como en las características de las comunidades.

La degradación de los manglares: proceso multicausal

A pesar de lo crucial que resulta para El Salvador conservar la integridad de los manglares, por sus múltiples funciones, estos ecosistemas han experimentado un proceso sistemático de degradación, y el país ha pasado de tener cerca de 100,000 hectáreas de manglar en los años cincuenta a unas 40 mil hectáreas en la actualidad. De estas, un total de 38,534 hectáreas se registran como poco intervenidas y unas dos mil son afectadas por azolvamiento o deforestación. De acuerdo al mapa de Ecosistemas Naturales de El Salvador (MARN, 2010), casi la mitad del manglar poco intervenido se encuentra en la bahía de Jiquilisco (18,998 hectáreas o 49 %); un 23 % (8,979 ha) se encuentra en golfo de Fonseca; 19 % (7162 ha) en el estero de Jaltepeque; y el 9 % restante entre Barra de Santiago (2497 ha); el complejo Los Cóbanos (495 ha) y en los departamentos de La Libertad/La Paz (393 ha).

La falta de planificación para el desarrollo de la zona costero marina y la sobreexplotación de los recursos han provocado una reducción y deterioro de grandes extensiones de los manglares y otros ecosistemas. El cambio

de uso de suelo para actividades agrícolas y ganaderas, las lotificaciones y la construcción de infraestructura, incluyendo proyectos turísticos como las marinas, se presentan como las principales amenazas de los ecosistemas de la zona. De forma específica, el avance de frontera agrícola para plantaciones de caña de azúcar y granos básicos, el uso indiscriminado de agroquímicos, los desechos sólidos y las aguas residuales son también factores de degradación del manglar que, además, provocan una grave alteración del paisaje, con el consecuente aumento de vulnerabilidad y pérdida de servicios ecosistémicos claves para las actividades productivas.



Figura 90. Áreas naturales protegidas de la zona costero marina
Fuente: MARN

Además, dentro del bosque salado se encuentran 2052 hectáreas intervenidas para acuicultura y producción de sal: 61 % (1249 ha) en la bahía de Jiquilisco; 30 % (611 ha) en bahía de La Unión; y, 9 % restante en estero de Jaltepeque (125 ha) y Los Cóbanos (66 ha). El cultivo de camarón se produce principalmente en bahía de Jiquilisco, en tanto que la producción de sal en la bahía de La Unión.

Valor económico del manglar

Según un estudio de valoración económica del manglar de la bahía de La Unión realizado a mediados de los noventa y cuyos datos se actualizaron en el año 2011, el valor potencial constante del ecosistema manglar en El Salvador asciende a USD 18,515 anuales por hectárea para una tasa de 4.46 % a lo largo de 56 años (1994-2050) que, refleja la tasa de conversión observada en 1992-94 (4.46 %) y el costo de oportunidad de capital en este periodo. En este análisis, los valores de la pesca industrial se basan en la captura de camarón, en tanto que la pesca artesanal incluye una variedad de peces y moluscos costeros y estuarinos.

Los valores atribuidos a la pesca asumen que se puede aprovechar 30 % del rendimiento máximo sustentable que un ecosistema saludable y funcionando al máximo de su capacidad puede generar. Este supuesto se basa en las presiones de uso y conversión a lo cual el sistema está sujeto de descarga de sedimentos, toxinas y agroquímicos cuenca arriba y en las restricciones de capital pesquero. Es una aproximación de los valores de uso directo con el cual se puede contar al inicio del programa de restauración de los manglares para potenciar su productividad pesquera. Los valores de los servicios de barrera se basan en los costos de daños evitados a infraestructura, actividades productivas y vivienda en eventos extremos.

Tabla 19
Valor económico potencial del ecosistema manglar en El Salvador bajo un sistema de manejo sustentable (Millones de dólares por hectárea por año)

Componente	Valor (USD)	Porcentaje (%)
Pesca industrial marítima (camarones)	11,564	62.5
Pesca artesanal marítima (camarones y peces)	6,246	33.7
Servicios de barrera, filtración y drenaje	442	2.4
Madera y leña	205	1.1
Sal y camarón (camaroneras de pequeña escala)	18,515	0.3
Total	18,515	100

Fuente: con base en Gamage, 1997, y datos del MARN.

Es a partir de 2016, que se consolida el trabajo en la zona de bosque salado, activando acciones de conformación de los Planes Locales de Aprovechamiento Sostenible (PLAS) en las zonas de Barra de Santiago; bahía de Jiquilisco, estero de Jaltepeque y bahía de La Unión, consolidando en los territorios la gobernanza ambiental y la conservación de los recursos naturales.

Con la participación activa de la sociedad civil se ha conformado una red de manglares, desarrollando dos foros a escala nacional para el intercambio de experiencias y la coordinación de acciones. Se han realizado actividades para la recuperación de los canales que drenan hacia los manglares y recuperar el equilibrio ecológico en esas zonas con la técnica REM (restauración ecológica de manglar), se ejecutaron acciones de restauración. Hasta finales de 2017 se ha logrado restaurar 27,854 hectáreas en manglar y zonas aledañas, ya que es necesario para evitar la sedimentación y recuperar la red hídrica hacia los manglares, conservando así la barrera natural en las costas salvadoreñas ante fenómenos naturales extremos.

5.2.5. Humedales de El Salvador

El Salvador alberga una importante variedad de humedales comprendidos entre el área costera y las más altas montañas y volcanes. La mayoría de los humedales del país se sitúan en la planicie costera y en la cadena volcánica reciente y, constituyen un hábitat clave para distintas especies de aves residentes y migratorias. Se han identificado 125 humedales continentales y estuarinos representados por manglares, bosques saturados, estuarios, bajos

intermareales, pantanos herbáceos, pantanos arbustivos, carrizales y tulares, pantanos de palmas, lagunas de inundación, lagunas en concavidades no cratéricas, lagunas de cráter, lagos de cráter, un lago natural situado fuera de cráter y tres embalses. Estos humedales cubren 113,000 hectáreas, aproximadamente el 5.37 % del territorio nacional. A estos se suman unos 1700 estanques y pequeños cuerpos de agua, entre naturales y artificiales que se estima suman otras 700 hectáreas. El país, además, cuenta con 9400 km de cuerpos fluviales (ríos, riachuelos, principales quebradas y canales de riego) y 377.5 km de litoral.

5.2.6. Ecosistemas costero marinos de El Salvador como parte de la costa del pacífico centroamericano

Con una superficie de cerca de dos millones de km², la costa del pacífico centroamericano se extiende desde 22°N frente a México hasta 4 °S, y es compartida por México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador. Las temperaturas oceánicas promedio mensual están por encima de 26 °C durante todo el año y, como consecuencia, la fauna marina de los grandes ecosistemas marinos (LME por sus siglas en inglés), es tropical y muy diferente de la fauna predominantemente templada de los sistemas de California y Humboldt.

En cuanto a productividad, la región es considerada como Clase I, con una alta productividad estimada (>300 gCm⁻²yr⁻¹)²⁷. Es rica en recursos pesqueros pelágicos y demersales, y las pesquerías más valiosas de la región son los túnidos marinos y los camarones peneidos costeros. Más del 50 % de las capturas de la plataforma están compuestas por pequeñas especies pelágicas costeras como la anchoveta (*Engraulis ringens* y *Cetengraulis mysticetus*), la sardina sudamericana (*Sardinops sagax*) y el arenque de la costa del Pacífico (*Opisthonema libertate*), la mayoría de los cuales se utilizan para harina y aceite de pescado.

La costa del pacífico centroamericano ha experimentado un calentamiento moderado en los últimos 50 años. La región es vulnerable al fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENOS), lo cual afecta las actividades productivas, la infraestructura, los recursos naturales y el medio ambiente en general. Se observan fluctuaciones en la composición de comunidades de peces, las cuales coinciden con los eventos más importantes de ENOS y están relacionadas con los cambios dramáticos y simultáneos del régimen interdecenal en las poblaciones de peces marinos en otras zonas del Pacífico asociados con ENOS.

Ecosistemas y hábitats marinos

En la zona marina encontramos importantes hábitats bentónicos, definidos con base en la geomorfología, batimetría y tipos de fondo y profundidad, así: cresta circalitoral de fondo blanco; cresta circalitoral fuera de costa de fondo blando; cresta infralitoral poco profunda blanda; cresta infralitoral profunda blanda; depresión circalitoral de fondo blando; depresión circalitoral fuera de costa de fondo blando; ladera circalitoral fuera de costa de fondo blando; pendiente circalitoral blanda; planicie circalitoral de fondo blando; planicie circalitoral de fondo duro; planicie circalitoral fuera de costa de fondo blando; Planicie infralitoral poco profunda de fondo blando; Planicie infralitoral poco profunda de fondo duro; planicie infralitoral profunda de fondo blando; planicie infralitoral profunda de fondo duro.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales ha identificado las zonas marinas de alto valor que requieren acciones de protección y manejo bajo un modelo de desarrollo sustentable de la zona marina de El Salvador. También ha identificado zonas críticas, hábitats críticos de concentración de objetos de conservación estratégicos para los medios de vida y actividades productivas (Figura 91).

²⁷ gCm⁻²yr⁻¹ significa gramos por carbono sobre metro cuadrado por año.

Sitios prioritarios a proteger en el corredor costero marino

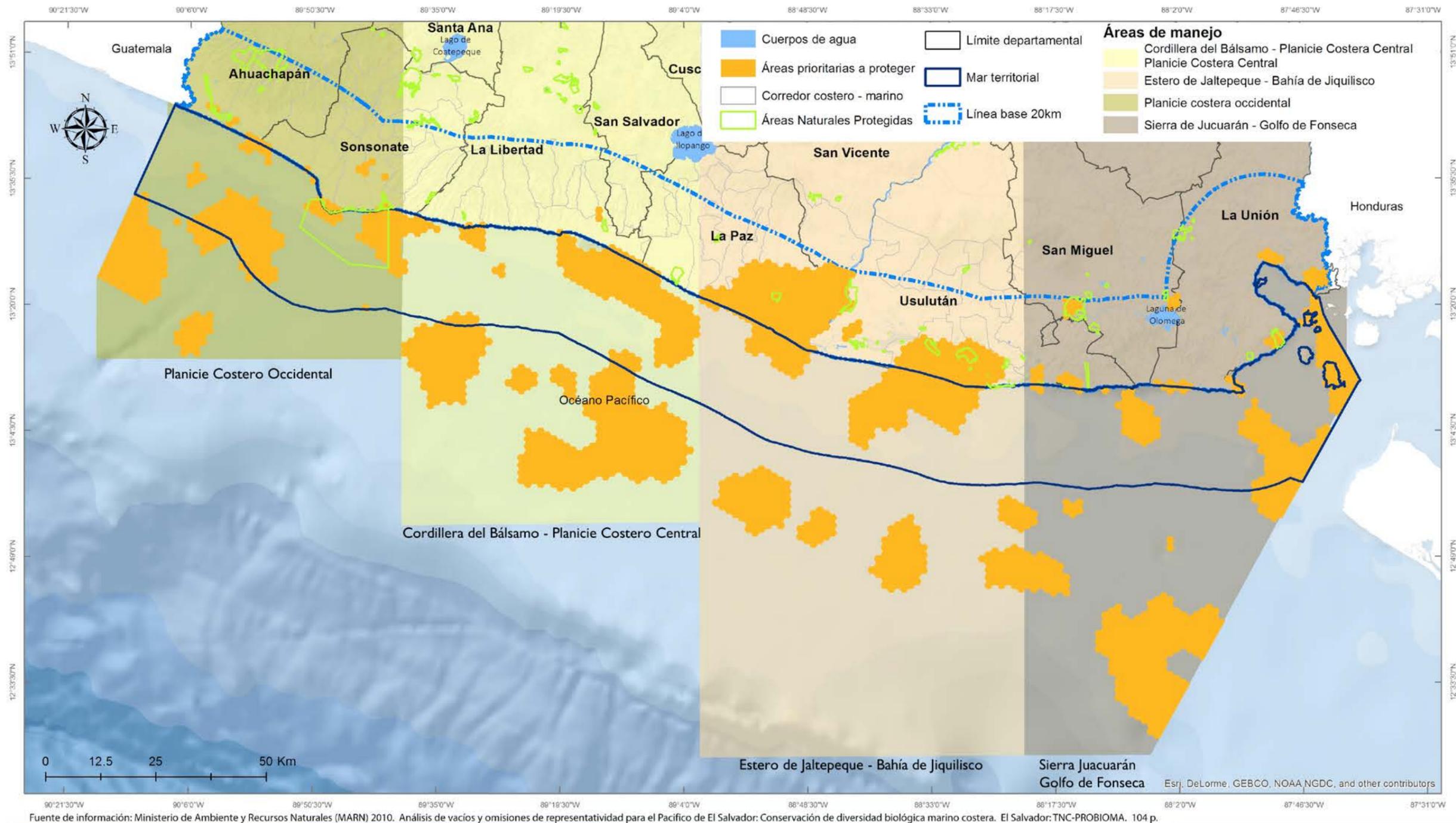


Figura 91. Sitios prioritarios a proteger en el corredor costero marino
Fuente: Análisis de vacíos y omisiones de representatividad para el Pacífico de El Salvador: conservación de diversidad biológica marino costera. MARN, 2010.

El Sistema de arrecife de Los Cóbanos

Con una extensión de 19,137 hectáreas, el Sistema de arrecife de Los Cóbanos representa la mayor diversidad biológica marina en el país y sus arrecifes rocosos constituyen un punto importante en la conectividad de ecosistemas marinos costeros del Pacífico Tropical Oriental. Este es el único hábitat significativo para los corales del litoral Pacífico de Mesoamérica entre México y Costa Rica. Es un reservorio de especies que funciona como fuente de exportación hacia otras zonas aledañas y como zona de protección, alimentación y reproducción para numerosas especies de peces, crustáceos y moluscos de alto valor comercial. Precisamente, son las extensiones significativas de manglar en la bahía de La Unión y la bahía de Jiquilisco; y, el Sistema de arrecife de Los Cóbanos que, en gran medida, sustentan la mayor parte de producción pesquera del pacífico centroamericano, no solo de El Salvador, sino también de Guatemala y Nicaragua.

Se comporta como un reservorio de especies que funciona como fuente de exportación hacia otras zonas aledañas y como zona de protección, alimentación y reproducción para numerosas especies de peces, crustáceos y moluscos de alto valor comercial, sustentando una rica y variada diversidad biológica y constituye un banco genético de muchas especies de algas marinas promisorias como fuente directa de alimento y materia prima para diversas industrias.

El sistema de arrecife de Los Cóbanos está formado por una playa rocosa de origen volcánico, con una formación de tipo arrecifal de 0.0 m a 30 metros de profundidad, donde además de las once especies de corales, existe la mayor diversidad de algas marinas, invertebrados y peces de El Salvador. La conformación del fondo marino es de carácter irregular con abundantes depresiones, a manera de lagunetas, cubiertas de algas y esqueletos coralinos, con grutas y grietas naturales de las rocas, los cuales revisten su importancia como ambiente marino costero. Este sistema de arrecife es un sitio importante de descanso, alimentación y refugio de especies migratorias como las ballenas jorobadas y tortugas marinas, y actúa como barrera física de protección de la costa ante la constante acción erosiva del mar, debido a los procesos de calcificación, representa un importante sumidero de carbono.

El golfo de Fonseca

Localizado al oeste de Centroamérica, limita al noroeste con El Salvador, al noreste y este con Honduras y al sur con Nicaragua. El golfo de Fonseca posee una línea de costa de 56 km desde la bocana del río Goascorán que delimita la frontera de El Salvador con Honduras hasta Punta Amapala y abarca aproximadamente 2015 km² de superficie acuática asociada al océano Pacífico en Centroamérica, conformado por un archipiélago.

El golfo de Fonseca cuenta con bosques dulces, importantes manglares y acantilados con vegetación endémica y representa el único lugar del país con una transición playa rocosa-bosque dulce, y un complejo de islas que se ubican sobre un fondo marino rocoso en una costa acantilada con playas de bolsón. Extraordinaria riqueza de especies, algunas de ellas únicas en el país, contiene diferentes ecosistemas que componen el golfo, principalmente manglares del golfo de Fonseca, bosque tropical seco, bajos intermareales, zonas rocosas intermareales y submareales. Varios ríos confluentes aportan nutrientes, contaminantes y sedimentos a este cuerpo de agua. Es una zona altamente importante para la pesca artesanal e industrial y el marisqueo artesanal, alberga proyectos de producción de sal y de acuicultura.

La bahía de La Unión sitio estratégico del golfo sustenta especies de peces autóctonas de los manglares y estuarios del Pacífico centroamericano. El inventario de especies comerciales de peces y crustáceos, identifica para la bahía un total de 66 especies. La mayoría de estas especies permanecen, durante distintas partes de su ciclo biológico, en el sistema de manglares y muchas presentan interacciones interespecíficas.

Algunas de las especies de peces identificadas en la bahía se distribuyen únicamente en la costa del Pacífico centroamericano, entre ellas destacan: pargo colorado (*Lutjanus colorado*), bagre (*Arius guatemalensis*). Otras especies tienen una distribución más amplia, y son autóctonas de la costa del Pacífico desde México hasta Perú, entre ellos destacan: tiburón de puntos blanco (*Nasolamia velox*), pargo manchado (*Lutjanus guttatus*), pargo coliamarillo (*Lutjanus argentiventris*), robalito (*Centropomus*), robalos (*C. armatus* y *C. medius*), meros (*Epinephelus multiguttatus* y *E. analogus*), bagre (*Bagre panamensis*), roncadores (*Pomadasys branickii*, *P. macracanthus* y *P. bayanus*), jaurel (*Caranx caninus*), ratón rayado (*Paralichthys dumerillii*).

Aprovechamiento de especies acuáticas, medios de vidas y pesquerías en El Salvador

A pesar de que El Salvador, un país de la América Tropical, cuenta con una zona económica exclusiva de 88,026 km²; una plataforma continental de 29,000 km²; y una línea de costa de 321 kilómetros, ha estado de espaldas al mar y no le ha apostado fuertemente al aprovechamiento sustentable de los importantes recursos marinos con los que cuenta. Al no disponer de una política del mar, el país carece de una caracterización ecológica y un inventario integral de los recursos marinos, pero los pocos estudios y exploraciones, muestran y sustentan el gran potencial que presentan los ecosistemas marinos, es por ello, que en 2017 se elaboró la política de mar y costa que ha sido oficializada e implementada en 2018. De igual forma, el país carece de un ordenamiento adecuado, aplicando directrices de sustentabilidad y un enfoque ecosistémico, y por tanto la franja costero marina ha sido sometida a una intensa presión de pesca. La franja ha sido explotada con acceso abierto y con relativamente pocos requisitos, lo cual ha permitido que en esa zona confluyan la pesca industrial de arrastre, la pesca con línea de mano, pesca con palangre de fondo y la pesca de subsistencia. En el 2017, se elaboraron las directrices de zonificación ambiental para la zona costero marino, que será un recurso valioso para revertir esta situación.

El Centro de Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA) contabiliza un total de 37,480 personas directamente relacionadas con las actividades de pesca y acuicultura, de las cuales 27,600 se dedican a la pesca artesanal, distribuidas en 19,200 que desarrollan sus actividades en los ecosistemas marinos y 8400 en los ecosistemas acuáticos continentales. Además, CENDEPESCA registra 400 pescadores semindustriales de pesca de camarón, y 1400 acuicultores. Los 8000 restantes desarrollan actividades de comercialización y/o procesamiento. La encuesta regional de pesca reporta que unas 150 mil personas estarían directa o indirectamente ligadas al sector.

Las especies de interés pesquero, se distribuyen en los diferentes hábitats que están determinados por las profundidades y distancias a la costa. La pesca artesanal costero-marina, opera con redes de enmalle (arte de pesca no selectiva) entre las 0 y las 12 millas de distancia de la costa, contadas a partir de la marea más baja; pero su actividad se concentra entre las 0 y las 6- 7 millas, a excepción de los pescadores artesanales palangreros que pescan más allá de las 12 millas. La pesca de arrastre destinada a la captura de camarón, opera embarcaciones tipo Florida, con esloras entre los 19 y 23 metros, con dos redes de arrastre, aunque algunas embarcaciones pueden utilizar hasta cuatro redes. Este tipo de pesca de arrastre se realiza hasta las 12 millas de la costa, a una profundidad de 54 metros. La pesca industrial de especies altamente migratorias con “arte de cerco” en El Salvador está enfocada a la captura de atún (atún y su fauna acompañante). El país tiene autorizados por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) la pesca y capacidad de acarreo de 8214 m³. El producto de la captura, normalmente llega a la planta de proceso de lomos y conservas ubicada en el Puerto de CORSAIN en La Unión.

Los recursos más representativos, relacionados con aguas de la plataforma y talud continental y que están sometidos a algún tipo de aprovechamiento son el camarón y chacalín costero, pargos, macarelas, corvinas, lenguados, rucos, falsa anguila, tiburones, rayas, entre otras. También se aprovecha la langostilla que se ubica en el talud continental entre 100 hasta los 360 metros de profundidad, eventualmente los dorados y jureles de aguas superficiales sobre la plataforma y talud continental.

Tanto los peces que habitan las aguas superficiales de la plataforma, como los pelágicos que transitan sobre el talud han sido poco estudiados, y que dependiendo del método de pesca y captura pueden recibir un valor distinto. Así, existen recursos no aprovechados que presentan un gran potencial y que debe ser evaluado. En aguas superficiales sobre la plataforma y talud continental, se encuentra la sardina, los calamares y atún. El atún, aleta amarilla, se pesca normalmente con red de cerco. Sin embargo, puede hacerse con vara lo cual le da un valor mayor e inclusive hacerse bajo la modalidad artesanal. En el talud continental entre los 500 a 1200 metros de profundidad existen varios recursos no aprovechados como el pulpo (*Octopus vulgaris*), el caracol (*Bathybembix bardii*), crustáceos del género (*Lithodes*), una gran diversidad de holoturios y el camarón de profundidad (*Heterocarpus affinis*), y en el talud continental y mar profundo, desde los 500 hasta los 2000 metros de profundidad se encuentran algunos recursos interesantes como los pepinos, estrellas, y peces de profundidad.

En los últimos años se ha iniciado un proceso de ordenamiento, incluido la prohibición expresa de pesca de arrastre dentro de las tres millas náuticas, y tomando en cuenta lo dispuesto en el artículo 260 del Código Penal, y los artículos 22-A y 22-B de la Ley de ordenación y promoción de pesca y acuicultura, se instaló un Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) en las embarcaciones dedicadas a la pesca de arrastre, a fin de vigilar que no realicen actividades dentro de las tres millas náuticas, donde solo es permitida la faena para embarcaciones artesanales.

Monitoreo de barcos pesqueros en tres millas náuticas

En 2015 se adquiere equipo para la instalación de radios y GPS en barcos pesqueros con el propósito de controlar la pesca en las tres millas náuticas de la costa salvadoreña.

En 2016 se capacitó al equipo de CENDEPESCA para el monitoreo y en 2017 se establecieron vedas para la captura de camarón y en ese periodo se instalaron los equipos de GPS y radio en al menos 46 barcos pesqueros.



Con el monitoreo en funcionamiento, en 2017 se evidenció que barcos pesqueros sí pescan dentro de las tres millas náuticas. Información que fue presentada a la Fiscalía General de la República (FGR) para su investigación y procedimientos correspondientes.

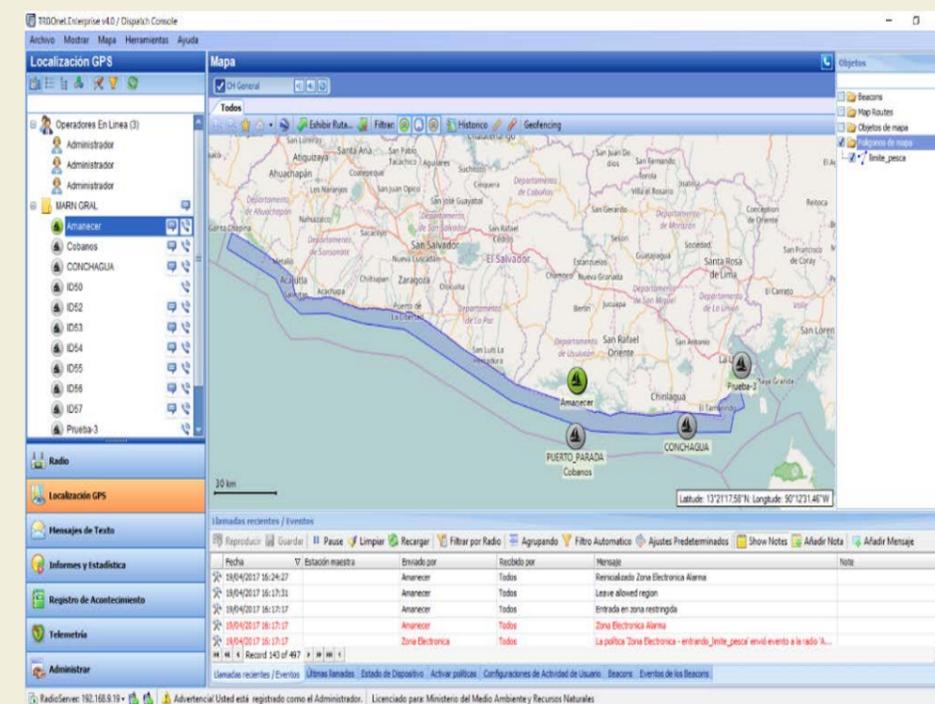


Figura 92. Monitoreo de barcos pesqueros en tres millas náuticas
Fuente: MARN.

Pesquerías y cambio climático

El impacto del cambio climático sobre las pesquerías en El Salvador puede tener repercusiones y efectos directos, afectando la abundancia y/o distribución de las especies de interés pesquero. Puede afectar también indirectamente los ecosistemas marinos, como resultado de la acidificación de los océanos y daños a los hábitats de las especies marinas.

Los fenómenos climatológicos como El Niño tienen consecuencias críticas, ya que algunas especies de interés pesquero son muy sensibles a las altas temperaturas, observándose una caída de rendimiento pesquero en el tiburón, pez dorado, así como los camarones blancos, café y rojos.

El Salvador está experimentando los cambios en la frecuencia, distribución e intensidad de las tormentas tropicales con efectos severos sobre la franja costera marina. El Producto Interno Bruto Agropecuario (PIBA) que, incluye la actividad pesquera, ha mostrado un comportamiento que refleja reducciones durante los años que el país experimentó eventos hidrometeorológicos extremos, como Ida y la depresión tropical 12E.

Durante el periodo comprendido entre 2004 y 2008 el comportamiento del PIBA fue creciente, pasando de 2.81 % en 2004, 5.07 % en 2005, 5.67 % en 2006 hasta 8.46 % en 2007.

En el 2009, el PIBA mostró un valor negativo de -2.9 %. Posteriormente El Salvador fue impactado por una baja presión y la tormenta tropical Ida (11/2009). Para el año 2010 se observó un ascenso a 3.12 %; pero, en el año siguiente con la depresión tropical 12E (10/2011), vuelve a experimentar un descenso, alcanzando un valor negativo de -2.46 %.

El PIBA se recupera en el 2012 e incrementa a 3.46 %. No obstante en el año 2013 apenas alcanza un 0.44 %. En mayo del 2013, El Salvador fue afectado por la tormenta tropical Bárbara (MAG, 2016).

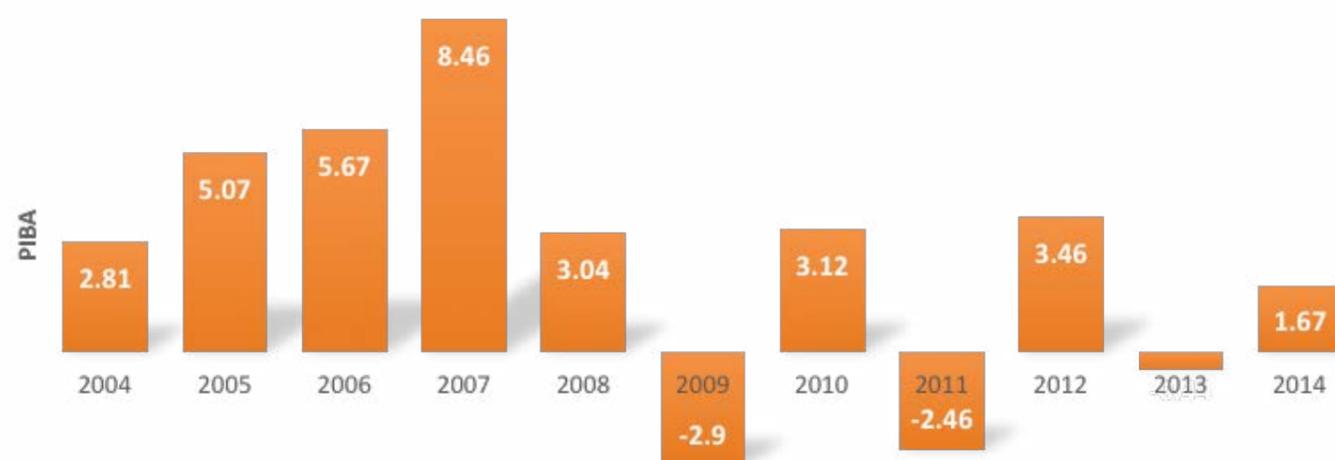


Figura 93. Comportamiento del Producto Interno Bruto Agropecuario 2004- 2014
Fuente: Banco Central de Reserva (BCR)

5.3. Estado del conocimiento de las especies de vida silvestre: Inventarios de flora y fauna

La extraordinaria diversidad biológica presente en los ecosistemas, especies y genes que se encuentran en El Salvador es un patrimonio de innegable importancia económica, social y cultural que merece objeto de atención especial. El país mantiene una diversidad significativa, con buena representatividad de ecosistemas y especies, y con recursos genéticos de importancia regional y mundial. A pesar de que en las dos últimas décadas se han desarrollado esfuerzos loables de investigadores, tanto del gobierno como de organizaciones no gubernamentales y la academia, logrando un gran avance en el conocimiento de algunos grupos de la fauna y flora silvestre del país, incluyendo información sobre sus valores, su conservación, estado y tendencias, todavía existe un desafío para lograr conocer toda la diversidad de especies presentes en el país, en particular algunos grupos como insectos y microorganismos.

En El Salvador, los reinos mejor estudiados son *Plantae*, *Animalia* y *Fungi*, para los cuales se ha registrado el mayor número de especies a la fecha. Las investigaciones referentes a los reinos *Protista* y *Monera* son incipientes y escasas. Se tiene registro de 1479 especies de fauna vertebrada, 580 especies de aves; 598 especies de peces; 159 especies de mamíferos; 107 especies de reptiles y 35 de anfibios. En el país se ha inventariado un total de 3978 especies de plantas, y el grupo que registra el mayor número de especies son las dicotiledóneas, con 2300 especies. Es decir que el 58 % del total registrado, las plantas monocotiledóneas y los helechos siguen en número de especies identificadas con el 22.5 % y el 11 % del total, respectivamente.

Avances en el inventario de flora y fauna salvadoreña

Actualmente no existe un listado único de la flora que permita identificar todas las especies vegetales presentes en el país. Sin embargo, se encuentran diferentes documentos y libros que presentan una gran cantidad de información sobre diversidad vegetal, principalmente información relacionada con muestras albergadas en los tres herbarios del Museo de Historia Natural de El Salvador (MUHNES), la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador y el Jardín Botánico La Laguna, que actualmente trabajan de manera sistemática y funcional.

Otras instituciones también dedican recursos y esfuerzo para fortalecer el conocimiento florístico del país. Queda pendiente la tarea de integrar esta información para la obtención de nombres de las especies vegetales, incluyendo sinonimias, ya que para investigaciones en el área de medicina y farmacéutica (entre otras áreas) se precisa de nombres científicos aceptados como identificadores únicos de las especies vegetales utilizadas. Esto es también importante para el establecimiento de actividades de conservación.

De igual manera, se han realizado varios estudios con sus respectivas publicaciones sobre inventarios de flora, destacando los libros: Listado comentado de los árboles nativos y cultivados en la República de El Salvador de José Linares; la Guía de identificación de helechos de El Salvador realizada por investigadores del Jardín Botánico y el Museo de Historia Natural de Londres (Monterrosa Salomón, J. A. et al 2009).

Otras publicaciones relevantes que incluyen una síntesis del avance de conocimientos de grupos específicos de biodiversidad salvadoreña son: el libro Hongos de El Salvador, en el que se describe la diversidad de hongos del país e incluye las características morfológicas, registro fotográfico, distribución potencial de especies de hongos, elaborado por la Universidad de Totori de Japón y el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Así como documentos síntesis sobre la diversidad de invertebrados marinos; y, sobre peces marinos y estuarinos de El Salvador elaborado por el MARN; Flora y Fauna acuática del golfo de Fonseca elaborado por el MARN; el artículo “Aves de El Salvador: estado actual del conocimiento e iniciativas de conservación” de Ricardo Ibarra, entre otros.



Figura 94. Inventario de fauna y flora en el golfo de Fonseca
Fuente: MARN, 2014

Para la flora salvadoreña, en el caso particular de especies arbóreas, se destaca el estudio publicado en 2003 (Linares 2003) que, presenta el listado de los árboles nativos y cultivados de El Salvador, el cual incluye especies leñosas de al menos 3 metros de altura y 10 centímetros de diámetro de altura al pecho (DAP). En este estudio, Linares lista 1213 taxones arbóreos, encontrándose 917 especies nativas en el país, con 47 variedades, 33 subespecies y 1 forma (haciendo un total 1000 taxones); y, 213 taxones exóticos. En ese trabajo se reportan 118 especies nuevas, de las cuales 22 podrían ser nuevas para la ciencia. La familia mejor representada es la *Leguminosae* en sentido amplio, considerada como una sola con 161 taxones (137 especies, 18 variedades y 6 subespecies).

Tabla 20
Especies arbóreas en El Salvador

Familia	Número de taxones	Número de especies	Número de variedades	Número de subespecies
<i>Leguminosae</i>	161	137	18	6
<i>Rubiaceae</i>	57	54	3	-
<i>Asteraceae</i>	46	46	-	-
<i>Lauraceae</i>	33	33	-	-
<i>Euforbiaceae</i>	38	37	-	1
<i>Moraceae</i>	35	30	4	1
<i>Mirtaceae</i>	38	34	3	1
<i>Solanaceae</i>	27	27	-	-
Otras	565	519	19	24
Total	1000	917	47	33

Fuente: Linares, 2003.

5.3.1. Registros de aves y áreas importantes para su conservación

La sistematización de los estudios y registros de las aves de El Salvador realizada por Ibarra Portillo, 2017 evidencian un total de 580 especies para el país.

Tabla 21
Sistematización de estudios y registros de las aves de El Salvador

Estado para El Salvador	Komar & Domínguez (2001)	Ricardo Ibarra (2013)	Ricardo Ibarra (2017)
Residentes	208	268	269
Migratorias	114	130	158
Residentes y migratorias	35	27	21
Estado incierto	73	21	59
Transeúntes	40	26	13
Vagabundos migratorios	29	53	44
Vagabundos no migratorios	23	35	13
Visitantes reproductores	3	3	3
Categorías combinadas	12	-	-
Total	525	563	580

Fuente: Ibarra Portillo, 2017

La mayoría de las especies en el listado actualizado son residentes (48 %), con un 23 % de especies migratorias, el resto está ubicado en otras categorías que no sobrepasa el 10 % del total. Se entiende por residentes (R) aquellas especies en las que se ha confirmado anidación mediante el hallazgo de un nido con huevos o polluelos y juveniles. En el caso de migratorias (M) son las que viajan regularmente a los trópicos durante la época seca, lluviosa y en periodos transicionales (octubre-abril). La categoría de residentes y migratorias (RM) antes migratorio parcial (MP), engloba aquellas especies que presentan, tanto una población reproductora como una migratoria. Otras categorías son estado incierto (X) concierne a las especies de las cuales se sospecha anidación, pero que hasta el momento no se ha confirmado.

Los transeúntes (T) son especies que solo van de paso, ocupando el país para llegar a sus territorios de invierno. Los vagabundos no ocurren regularmente en El Salvador, pero se cuenta con pocos registros, los hay migratorios (VM) (aquellos que se mueven de sus territorios de invierno al país) y no migratorios (VNM) (aves que ocurren en la región y que por eventos especiales se desplazan al país) y finalmente los visitantes reproductores (VR), migran desde Sudamérica para anidar en América Central.

Existen 19 especies endémicas que están confinadas de forma exclusiva a las tierras altas del norte de América Central y sur de México. En El Salvador estas especies se encuentran principalmente en elevaciones que sobrepasan los 1500 msnm y se localizan en los departamentos de Santa Ana (particularmente en el Parque Nacional Montecristo); Ahuachapán y Sonsonate (sierra de Apaneca); La Libertad y San Salvador (volcán de San Salvador); y, Chalatenango (cerro El Pital). Existen 60 subespecies propias de zonas altas de América Central y 8 subespecies únicas para El Salvador y que se encuentran a lo largo de la cordillera central, conformada por los volcanes de Santa Ana, San Salvador, San Vicente, San Miguel y Cacahuatique (Morazán).

Komar e Ibarra han identificado las áreas más importantes para la conservación de las aves en El Salvador, en el marco del programa de BirdLife International para la identificación, documentación y conservación de sitios críticos en la conservación de las aves a escala mundial (*Important Bird Area*, IBA).

Los investigadores citados han identificado un total de 20 áreas de importancia para las aves (IBA por sus siglas en inglés) y de alto valor para la conservación, las cuales cubren 3165 km² correspondiente al 15 % de la superficie del país. Dos de esos sitios cumplen con el criterio A; y, alberga, cada una de estas, tres especies de aves globalmente amenazadas. Entre las especies globalmente amenazadas presentes en El Salvador están la pava negra (*Penelopina nigra*) y el chipe caridorado (*Dendroica chrysoparia*), que se encuentran en hábitats similares de bosque de pino-encino. Las dos especies poseen poblaciones con más de 30 individuos en los dos IBA de los bosques de Montecristo y de la sierra de Alotepeque. El chipe caridorado (*Dendroica chrysoparia*), especie en peligro de El Salvador, está presente en dos IBA del país como invernante. Esta especie se reproduce en el centro de Texas, EE.UU., e inverna en los bosques de pino-encino de las tierras altas de Mesoamérica.

De las 20 IBA, cinco cumplen con el criterio A2 por albergar especies de aves que muestran un área de distribución restringida; y 19 IBA cumplen con el criterio A3 que aloja especies de aves restringidas a un bioma. Es decir, a excepción de una sola IBA, todas albergan especies restringidas a biomas, dado que la mayoría de los fragmentos remanentes de bosque seco en El Salvador contienen representantes de la comunidad de aves del bioma de la vertiente árida del Pacífico.

Según Komar e Ibarra, todas las IBA de El Salvador proporcionan hábitats para aves migratorias boreales, registrándose que, para la costa, los humedales de la bahía de Jiquilisco y el estero de Jaltepeque albergan el mayor número de especies migratorias con 146 especies, seguido por la laguna El Jocotal y volcán de San Miguel/laguna El Jocotal con 125 especies. Con relación a los sitios en tierras altas, carecen de hábitats para patos y limícolas.

5.3.2. Vida silvestre amenazada o en peligro de extinción

El número de especies registradas para todos los reinos en El Salvador es de 8485, de las cuales el 47 % corresponde al reino Plantae y 14 % a los vertebrados, siendo los reinos Plantae, Animalia y Fungi los mejor estudiados y para los cuales se ha registrado el mayor número de especies a la fecha.

De las 795 especies registradas en el país para los grupos de anfibios, reptiles, aves y mamíferos, 297 se encuentran amenazadas o en peligro de extinción, lo que representa el 37.4 % de los vertebrados. En la Tabla 22 se presenta un detalle de las especies amenazadas o en peligro de extinción, constatándose que casi la mitad de todas las especies de anfibios registradas están amenazadas o en peligro de extinción (47 %); una parte considerable de las especies de reptiles, aves y mamíferos se encuentran en la misma situación, con el 85, 31 y 39 % respectivamente.

Tabla 22.
Total de especies de fauna registradas y amenazadas

Grupo	Número de especies registradas	Número de especies amenazadas	Porcentaje de especies amenazadas (%)
Anfibios	32	15	47
Reptiles	59	50	85
Aves	564	178	31
Mamíferos	140	54	39
Total	795	297	202

Fuente: MARN, 2016.

Durante la preparación de la propuesta del Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PNODT) para El Salvador, se identificaron las zonas del territorio nacional que contenían la mayor riqueza en diversidad biológica y los espacios naturales prioritarios para el país. En este ejercicio se identificaron 15 unidades de conservación aplicando, además de la capacidad de proveer servicios ecosistémicos claves, otros criterios como la singularidad, el estado de preservación, la protección de agrosistemas o alternativas al desarrollo, la necesidad de restauración de hábitats degradados y la contribución a la mitigación de riesgos naturales.

Como se ha detallado anteriormente, el cambio climático es una amenaza creciente con diversas manifestaciones en El Salvador. Por un lado, se revelan a través de la variabilidad climática con alteraciones en los patrones de lluvia y en la frecuencia, duración, intensidad y ubicación de eventos climáticos extremos. Por el otro, a través de los cambios graduales pero inexorables en la temperatura promedio y el nivel del mar, principalmente. Como resultado de la variabilidad climática, los eventos extremos de lluvia han provocado procesos erosivos con pérdidas importantes de suelo y su biodiversidad, merma de fertilidad, sedimentación, alteración de cauces de ríos, afectación o destrucción de hábitats, desaparición o desplazamiento de especies de fauna, destrucción de flora, entre otros. Asimismo, se producen daños en agroecosistemas, contaminación de recursos hídricos y amenaza de salinización de acuíferos costeros.

En el mismo contexto de variabilidad climática, la frecuencia de días sin lluvias y la duración de las canículas también han aumentado, provocando que los períodos de sequía tengan cada vez mayor impacto sobre los agroecosistemas, la calidad del suelo, los recursos hídricos y las especies de fauna y flora, particularmente sensibles ante la alteración de sus hábitats. Los cambios de temperatura inciden a su vez sobre la disponibilidad del recurso hídrico por efecto de la evaporación y la evapotranspiración; elevan las temperaturas del mar y causan cambios significativos en las condiciones ambientales para distintos cultivos, además de dar paso a la propagación o aparición de plagas.

La información recolectada sobre las especies de flora y fauna amenazadas y en peligro de extinción como resultado de los procesos descritos más arriba, ha sido sistematizada en el marco de la construcción del Sistema de Información sobre Biodiversidad de El Salvador. Como resultado de este esfuerzo, hoy se cuenta con una base de datos sobre registros de las especies y sus distribuciones potenciales en el territorio nacional, lo que ha permitido identificar “puntos calientes” de mayor concentración de especies y objetos de conservación (Figura 95).

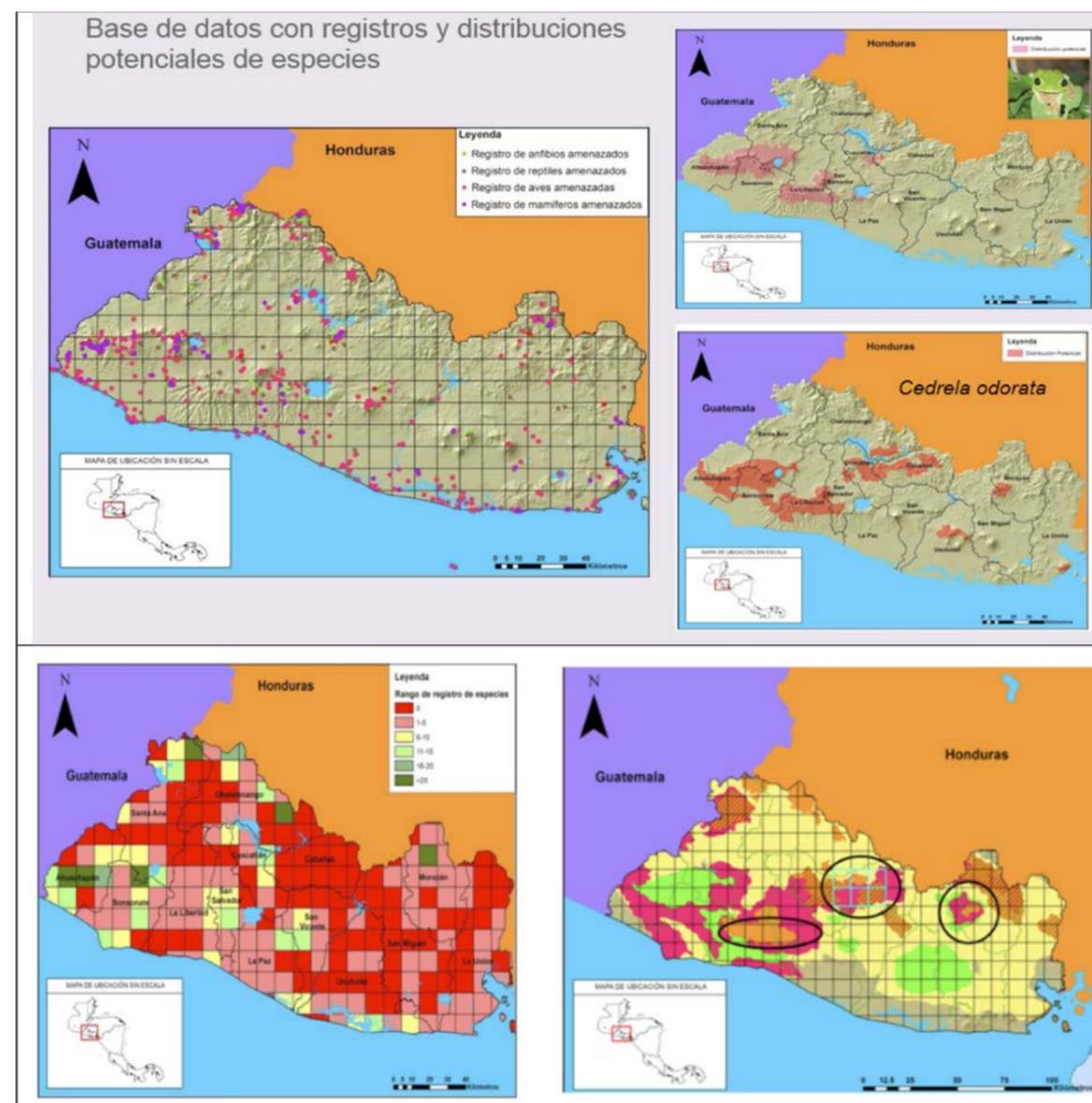


Figura 95. Generación y sistematización de información sobre biodiversidad
Fuente: MARN

Un ejemplo de la utilidad de esta herramienta lo ofrece el bosque de Cinquera²⁸, el cual forma parte de los bosques secos del Pacífico de Centroamérica, una región clasificada como críticamente amenazada debido a su estado de fragmentación. El bosque presenta una riqueza de fauna y flora silvestre con registros de 530 especies vegetales, entre ellas 175 arbóreas. Cuatro especies son consideradas símbolos de conservación por sus propietarios: un pez del género *Heterandria*, un árbol de ébano del género *Diospyrus*, un helecho de la especie *Olfersia cervina* y el Caracol Texano.

5.3.3. Estado del conocimiento de los recursos fitogenéticos de importancia para la agricultura y alimentación en El Salvador

A excepción de algunos estudios de pocas especies de aves, reptiles y del primate *Ateles geoffroyi*, los estudios de diversidad genética se restringen a identificar variedades de especies de plantas de interés en agricultura y alimentación. La Universidad de El Salvador (UES) ha realizado estudios de caracterización de germoplasma de Cacao y el Centro Nacional de Tecnología Agrícola y Forestal (CENTA) ha desarrollado estudios sistemáticos de mejoramiento genético, entre otros, con variedades de maíz, frijol, sorgo y yuca. El MARN ha desarrollado estudios de la distribución de especies de frutas nativas: jocotes (género *Spondias*); nances (género *Byrsonima*), anonas (género *Annona*), mamey (género *Mammea*), aguacate (género *Persea*), zapotes, mamey y nísperos (géneros *Manilkara* y *Pouteria*), guayabas y arrayanes (género *Psidium*), las cuales han mostrado una amplia distribución en el país.

El género *Persea* nativo de América se encuentra ampliamente distribuido a lo largo de baja California y Mesoamérica. Para El Salvador se reportan ocho especies de este género en forma silvestre y cultivada, según las bases de datos de los diferentes herbarios salvadoreños. La Familia *Sapotaceae* con gran importancia económica por la producción de madera, látex y aceites con varias aplicaciones y frutos comestibles, se reportan seis especies nativas diferentes en el país, cuatro de zapotes: *Pouteria campechiana*, *Pouteria glomerata*, *Pouteria sapota*, y *Pouteria viridis* y dos de nísperos del género *Manilkara*: *M. zapota* y *M. chicle* propias de los bosques del Parque Nacional El Imposible y en la cordillera de Jucuarán en el cerro Los Monos, crecen en el tipo de vegetación siempre verde, pero a escala de cultivos se han desarrollado cuatro variedades en el CENTA y son las variedades de nísperos: *Rodríguez*, *Caluco*, *Chipó* y *Mejía*. El chicle (originalmente de la palabra náhuatl *chictli*) es un polímero gomoso que se obtiene de la savia del *M. zapota* (antes llamado *Sapota zapotilla* o *Achras zapota*) originario de Mesoamérica. Por su sabor dulce y aromático, numerosos pueblos amerindios utilizaban la goma para mascar.

El banco de Germoplasma del CENTA mantiene una colección de 195 variedades criollas de frijol y 40 variedades criollas de maíz y, en mucho menor grado, de distintas variedades de cucurbitáceas y especies de interés medicinal e industrial, así como de algunos frutales.

El MARN recientemente realizó uno de los hallazgos más importantes en esta área, al encontrar en un área natural protegida una población de Teocintle (*Zea luxurians*), pariente silvestre del maíz, siendo un reservorio estratégico para la futura mejora de las variedades cultivadas. Esto evidencia que el país forma parte de la distribución centro de diversidad y forma parte del centro de origen.



Figura 96. Reciente hallazgo de pariente silvestre del maíz (*Zea luxurians*) en un área natural protegida
Fuente: MARN

El mantenimiento de la agrobiodiversidad por comunidades indígenas

Aunque la modalidad de conservación *ex situ* implementada por el CENTA es una estrategia invaluable de conservación de los recursos fitogenéticos, es importante reconocer que, en El Salvador, la mayor parte de los recursos fitogenéticos nativos de interés para la agricultura y alimentación (maíz, frijol, cucurbitáceas, chiles, entre otras.) está siendo conservada por comunidades indígenas y pequeños agricultores en sus parcelas y huertos. Estos mantienen e impulsan sistemas dinámicos de conservación y producción de semillas que incluyen actividades de selección, validación empírica, almacenamiento e intercambio. Utilizando saberes, innovaciones y prácticas tradicionales, las comunidades indígenas y algunos pequeños productores campesinos han desarrollado y cultivado variedades adaptadas a diferentes condiciones ecológicas, tipos de suelos, regímenes de lluvia, temperatura, altitud, que les permite responder y/o atender a las necesidades nutricionales y culturales, incidiendo en la seguridad alimentaria y en la salud comunitaria.

Teniendo en cuenta que los indígenas de El Salvador son depositarios de saberes, prácticas y conocimiento para la conservación y uso de recursos biológicos nativos, en estrecha coordinación y apoyo de los representantes de las organizaciones y comunidades indígenas e integrantes de la mesa indígena. El MARN ha realizado un inventario de los recursos genéticos que protegen y conservan las comunidades indígenas, con un enfoque en tres niveles: a) obtención de metadata a través de la identificación y mapeo de las variedades para establecer espacialmente los centros de diversidad del país e identificar, de manera preliminar, las prácticas tradicionales de uso y conservación; b) promover el establecimiento de un banco de germoplasma indígena, teniendo en cuenta el reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual; c) estudio y caracterización de recursos genéticos, con pruebas de campo y evaluación/validación de técnicas de producción y tecnologías para la adaptación al cambio climático.

²⁸ Cinquera es un municipio del departamento de Cabañas que en el año 2003 contaba con una población aproximada de 700 habitantes. Enclavado en ese municipio se encuentra el Bosque de Cinquera, una reserva natural con algo más de cinco mil hectáreas de superficie.

Municipios con recursos fitogenéticos

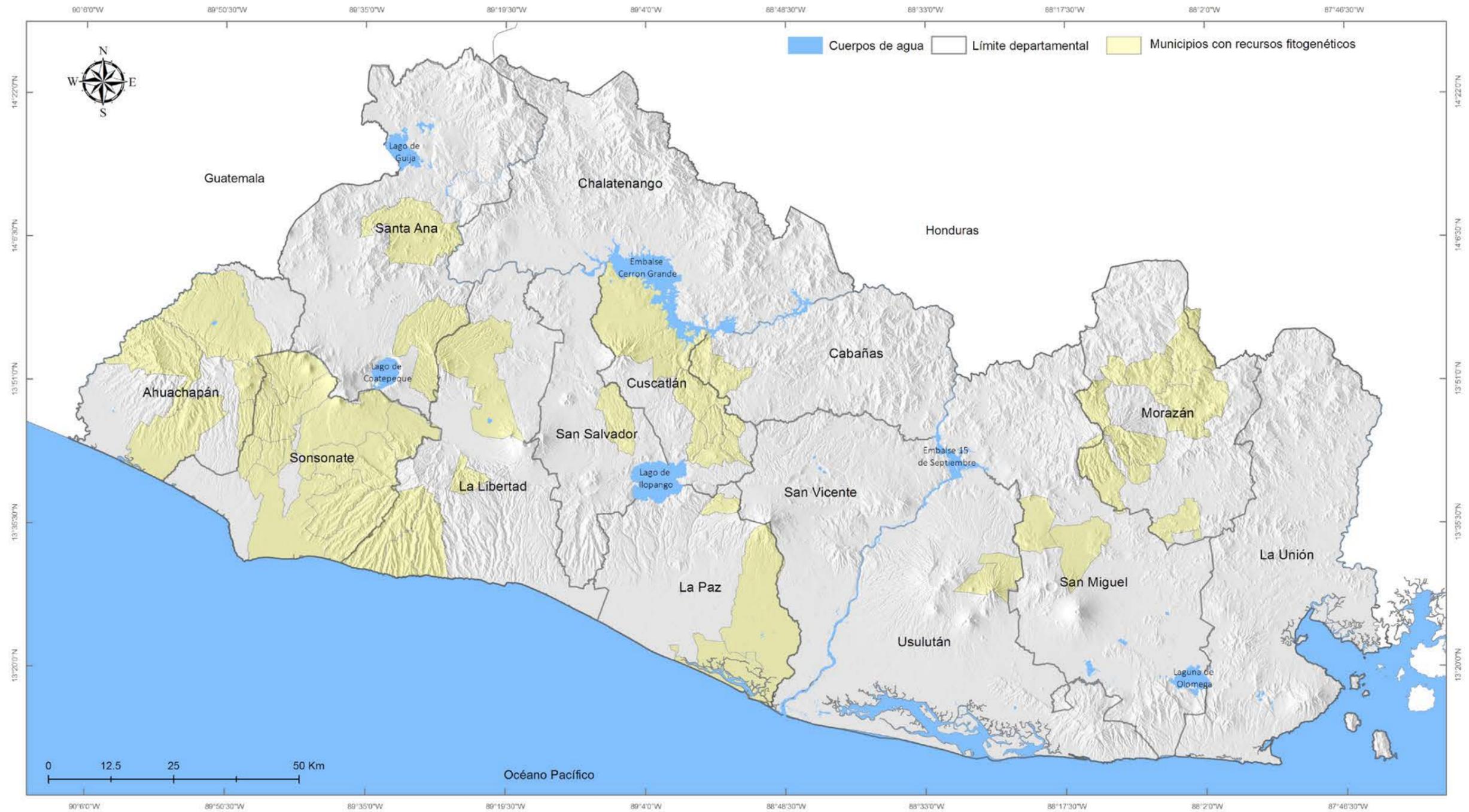


Figura 97. Municipios con recursos fitogenéticos de importancia para la agricultura y alimentación, y que son conservados por comunidades indígenas en El Salvador, variedades de maíz, cucurbitáceas y frutales nativos
Fuente: MARN

Los estudios iniciales han permitido verificar que las comunidades indígenas conservan recursos genéticos nativos en 52 municipios de El Salvador, solo en la zona occidental del país, preliminarmente se han identificado 21 variedades de maíz y 31 de frijol. Las actividades de conservación, producción e intercambio varían según comunidad. Por ejemplo, en Cacaoopera un 68 % de los agricultores indígenas, manifiesta mantener su semilla por más de 30 años, el 27 % la ha mantenido de 10 a 30 años y el 5 % cerca de los 10 años. Más del 54 % de las semillas que siembran las obtuvieron del propio padre, 33 % correspondió a semillas compradas, y 13 % se obtuvo como regalo de familiares y amigos. El 92 % de los casos, la semilla se consiguió en la propia comunidad y solo en el 8 % se consiguió en otra comunidad vecina, y se manifiesta que un 38 % de los agricultores intercambian sus semillas de forma regular, principalmente con familiares y amigos.

El cambio climático es cada vez más una amenaza creciente, con expresiones concretas en El Salvador. Por un lado, estas se manifiestan en la variabilidad climática con alteraciones en los patrones de lluvias y en la frecuencia, duración, intensidad y ubicación de eventos climáticos extremos. Por otra parte, están los cambios graduales pero inexorables en la temperatura promedio y el nivel del mar, principalmente.

Como resultado de la variabilidad climática, los eventos extremos de lluvia han provocado procesos erosivos con pérdidas importantes de suelo y su biodiversidad, pérdida de fertilidad, sedimentación, alteración de cauces de ríos, afectación o destrucción de hábitats, desaparición o desplazamiento de especies de fauna, destrucción de flora, entre otros. Asimismo, se producen daños en agroecosistemas, contaminación de recursos hídricos y amenaza de salinización de acuíferos costeros. Los primeros análisis y modelaje, escenarios climáticos, indican que aún en los escenarios menos pesimistas, los efectos del cambio climático tendrán impactos severos en los ecosistemas y la biodiversidad.

5.4. Impacto del cambio climático sobre la biodiversidad y los ecosistemas

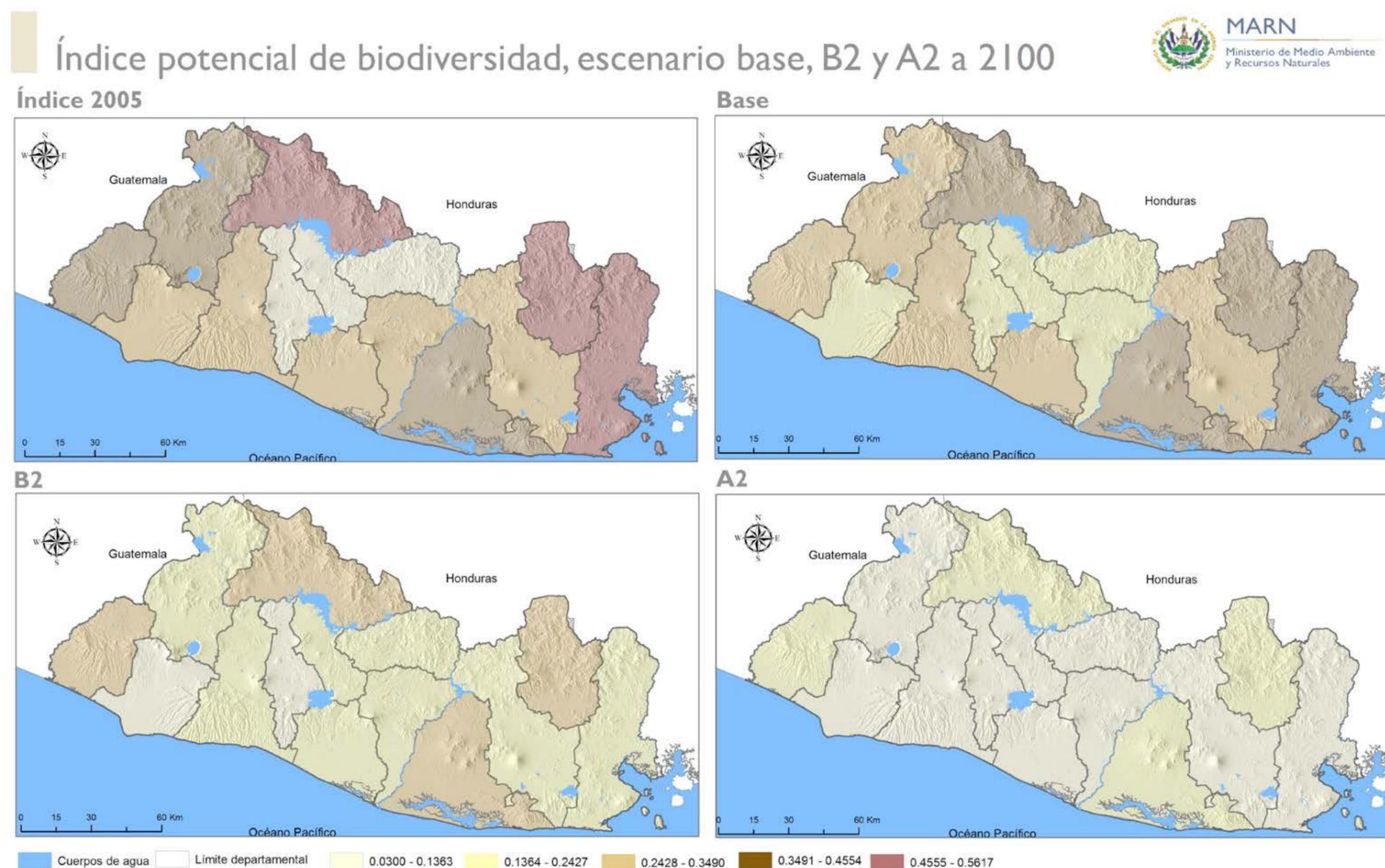


Figura 98. Índice potencial de biodiversidad, escenario base, B2 y A2 a 2100
Fuente: MARN

5.5. Estrategia Nacional de Biodiversidad 2013

Para la gestión integral de la biodiversidad, el país ha tomado en consideración el plan estratégico 2020 y las metas de Aichi del Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Estrategia Nacional de Biodiversidad y las estrategias temáticas existentes relacionadas con el inventario de biodiversidad; la gestión de las áreas naturales protegidas; el sistema de información sobre biodiversidad; protección de tortuga marinas; acceso a recursos genéticos y participación de los beneficios y seguridad de la biotecnología.

En el año 2013 se lanzó la nueva Estrategia Nacional de Biodiversidad, que identifica los aspectos críticos y necesarios para garantizar la conservación y uso sostenible de la biodiversidad salvadoreña y se articula alrededor de tres ejes fundamentales, con sus líneas prioritarias de acción, cinco temas críticos e igual número de requerimientos institucionales.

Los tres ejes fundamentales de la estrategia son: la integración estratégica de la biodiversidad en la economía; la restauración y conservación inclusiva de ecosistemas críticos; y la biodiversidad para la gente. Estos ejes son altamente interdependientes y complementarios, ya que en su implementación se busca aumentar los beneficios sociales, ambientales y económicos de la diversidad biológica y de los servicios ecosistémicos, a través de la restauración de los ecosistemas y realización de una gestión efectiva, eficiente e incluyente de la biodiversidad, que permita enfrentar adecuadamente las amenazas y detener la pérdida de biodiversidad en el país, y que garantice la conservación y uso sostenible de los ecosistemas. Así, la estrategia adopta como objetivo general: “orientar la protección, restauración y conservación de la biodiversidad, respaldando el desarrollo social y económico de El Salvador, a través del conocimiento, la valoración, la conservación y el uso sostenible de los ecosistemas y sus servicios”.

Bajo el tercer eje de la Estrategia Nacional de Biodiversidad se pretende lograr un aumento de la provisión de servicios ecosistémicos, su valoración social y económica, reconociendo que la población más pobre y vulnerable es la que también guarda una relación más directa de la biodiversidad, pues sus medios de vida dependen en gran medida de ella. Asimismo, bajo este eje se reconoce que, grupos que por mucho tiempo estuvieron excluidos como los pueblos indígenas, son también depositarios de saberes y prácticas de conservación y uso sostenible de recursos biológicos. Con ese enfoque en los más vulnerables y excluidos, bajo este eje se proponen tres líneas prioritarias de acción: rescate y promoción de prácticas tradicionales de conservación de recursos genéticos; reconocimiento de los derechos de aprovechamiento a los recursos biológicos, y opciones económicas locales basadas en la biodiversidad.

La Estrategia Nacional de Biodiversidad 2013 prioriza la investigación y gestión del conocimiento sobre la biodiversidad salvadoreña, tomando en cuenta que para una adecuada gestión de la biodiversidad se requiere una comprensión amplia e integral de la misma –a los niveles jerárquicos de ecosistemas, especies y genes– y un pleno entendimiento de la incidencia y relación que tienen las dinámicas y funciones de los ecosistemas con la economía y desarrollo del país, el bienestar de las comunidades locales y la sociedad en general. La Figura 99 muestra el cumplimiento de El Salvador del Plan estratégico 2011-2020 y metas Aichi del Convenio de Diversidad Biológica.

Objetivos estratégicos	Metas Aichi	Nivel de cumplimiento nacional
I. Abordar las causas subyacentes de la pérdida de diversidad biológica mediante la incorporación de la diversidad biológica en todos los ámbitos gubernamentales y de la sociedad	Meta 1: Concientizar sobre importancia de biodiversidad	Medio
	Meta 2: Integrar biodiversidad en planificación nacional	Medio
	Meta 3: Eliminación gradual de incentivos perjudiciales	Medio
	Meta 4: Promover producción y consumo sostenible	Medio
II. Reducir las presiones directas sobre la diversidad biológica y promover la utilización sostenible	Meta 5: Reducción de pérdida de los hábitats naturales	Medio/alto
	Meta 6: Cultivo sostenible de peces y plantas acuáticas	Medio
	Meta 7: Agricultura, acuicultura y silvicultura sostenible	Medio
	Meta 8: Evitar contaminación de ecosistemas	Medio/alto
	Meta 9: Control de especies exóticas invasoras	Medio
	Meta 10: Reducir presión sobre arrecifes de coral	Medio
III. Mejorar la situación de la diversidad biológica salvaguardando los ecosistemas, las especies y la diversidad genética	Meta 11: Alcanzar 17 % ANP terrestre y 10 % ANP acuática	Medio/alto
	Meta 12: Prevenir extinción de especies en peligro	Medio/alto
	Meta 13: Conservar la diversidad genética	Medio/alto
IV. Aumentar los beneficios de la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas para todos	Meta 14: Conservar funciones y servicios ecosistémicos	Medio/alto
	Meta 15: Restaurar al menos 15 % de tierras degradadas	Medio/alto
	Meta 16: Participar en Protocolo de Nagoya	Medio
V. Mejorar la aplicación a través de la planificación participativa, la gestión de los conocimientos y la creación de capacidad	Meta 17: Actualizar Estrategia y Plan de Acción	Alto
	Meta 18: Protección de conocimientos tradicionales	Medio/alto
	Meta 19: Generar conocimiento para toma de decisiones	Medio/alto
	Meta 20: Gestionar financiamiento para alcanzar metas	Medio/alto

Figura 99. Cumplimiento de El Salvador del plan estratégico 2011-2020 y metas Aichi del Convenio de Diversidad Biológica. Detener la pérdida de diversidad biológica, construir resiliencia ante cambio climático y provisión permanente de servicios ecosistémicos
Fuente: MARN

5.6. Principales apuestas en la gestión de la biodiversidad

5.6.1. Primera apuesta. Generación, sistematización y distribución de información sobre ecosistemas, especies y recursos genéticos

Una primera gran apuesta ha sido la generación, sistematización y distribución de información sobre los ecosistemas, especies y recursos genéticos en sus tres atributos, su composición, estructura y función de los mismos. Así, tomando como base distintos instrumentos de planificación previamente diseñados y adoptados, se han desarrollado avances

significativos sobre el inventario de la biodiversidad, incluyendo la determinación del estado de conservación de ecosistemas, especies y recursos genéticos, caracterización de amenazas y algunos estudios preliminares sobre el funcionamiento de los ecosistemas y su relación con las actividades productivas y bienestar de la sociedad. Cabe destacar el avance modesto pero importante en la caracterización y análisis de cómo la degradación ambiental, pérdida de servicios ecosistémicos, puede impactar sobre la estabilidad de las actividades productivas y bienestar de las comunidades y en el aumento de la vulnerabilidad de los territorios frente al cambio climático.

Aunque enfocado casi exclusivamente el inventario en el atributo de la composición, poco de las funciones, se ha tenido avances en inventario de especies y ecosistemas. Actualmente se cuenta con un mapa actualizado de ecosistemas naturales de El Salvador (MARN, 2000), que representa la línea base del estado de conservación de los principales activos naturales del país. Se realizó la identificación y caracterización de los sitios y canales que requieren restauración en los manglares de El Salvador, que incluye, además, una descripción del grado de perturbación en su funcionalidad y complejidad, y de la dinámica sobre la productividad de los ecosistemas; análisis de vacíos de protección de ecosistemas y hábitats claves, y racionalización del sistema nacional de áreas naturales protegidas. Lo anterior ha permitido la definición de prioridades de conservación, metas y tiempos, y la identificación de posibles estrategias para superar los vacíos de conservación encontrados; zonificación de los bosques salados con base a la estructura y composición del bosque, conectividad ecológica, grado de inundación de los canales y presencia de actividades humanas productivas e información relacionada con el deterioro de los ecosistemas y la pérdida de servicios ecosistémicos claves para los territorios, que los hacen altamente vulnerables ambiental y socialmente ante la amenaza climática.

5.6.2. Segunda apuesta. Integración estratégica de la biodiversidad en la economía y en las políticas y planes de desarrollo

Una segunda apuesta ha sido la integración estratégica de la biodiversidad en la economía y en las políticas y planes de desarrollo y de reducción de la pobreza, en consistencia con lo establecido en el Artículo 6 del Convenio sobre la Diversidad Biológica, el cual dispone que las Partes deben integrar la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales. De igual forma, se identificó la consistencia con las Metas de Aichi, que en ese mismo sentido establecen que, para el 2020, las Partes deberán haber integrado la biodiversidad en las políticas de desarrollo (Meta 2); las Partes habrán promovido planes para la producción y consumo sostenible (Meta 4); para el año 2020 las Partes habrán alcanzado una gestión sostenible de las áreas destinadas para agricultura, acuicultura y silvicultura (Meta 7) y buenas prácticas y promoción de pesca sostenible (Meta 6); y habrán controlado la contaminación y degradación de ecosistemas acuáticos (Meta 8).

Como se ha mencionado, la Estrategia Nacional de Biodiversidad destaca el estrecho vínculo que existe entre la biodiversidad y las actividades productivas –sectores de agricultura, pesca, turismo entre otros–, y le apuesta a la integración estratégica de la biodiversidad en las políticas planes y programas institucionales y al desarrollo de conciencia sobre la importancia de la biodiversidad en el mantenimiento de los medios de vida y el bienestar de la sociedad en general. Así, en esta fase, se adoptó un enfoque basado en las funciones de la biodiversidad y los ecosistemas, realzando su importancia para buscar la estabilidad de los paisajes ecológicos, la sustentabilidad de las

actividades productivas y el bienestar de la sociedad salvadoreña, para el desempeño de las actividades económicas del país, para la seguridad alimentaria y en particular, para el diseño e implementación de estrategias de construcción de resiliencia y adaptación a los efectos del cambio climático.

Como país se ha apostado a un trabajo sinérgico entre biodiversidad, cambio climático y lucha contra la degradación de las tierras, adoptando el enfoque innovador de “mitigación basada en la adaptación”. A pesar de los grandes esfuerzos y acciones estratégicas realizadas, y algunos avances en la integración de la biodiversidad en la economía, es todavía un asunto pendiente en la agenda ambiental y presenta un gran desafío. Aunque en la sociedad salvadoreña ya se ha logrado alcanzar una sensibilidad importante frente a los temas relacionados con la biodiversidad y ecosistemas, todavía no llega a otorgar un justo y adecuado valor y reconocimiento del papel clave que juega la biodiversidad para el bienestar social y económico del país, y que la sustentabilidad de las actividades productivas, en particular aquellas relacionadas con la agricultura, la pesca y el turismo.

Varios proyectos han buscado lograr la integración de la biodiversidad en sectores específicos. El proyecto “Mejor manejo y conservación de las cuencas hidrográficas críticas” financiado a El Salvador por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), buscaba destacar la importancia de la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas para la conservación de los recursos hídricos y la producción agrícola de seis subcuencas de los departamentos de Ahuachapán y Sonsonate. Un segundo proyecto “Incorporación de la gestión de la biodiversidad en las actividades de la pesca y turismo desarrolladas en los ecosistemas costero marinos de El Salvador”, financiado a El Salvador por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés), fue ejecutado por el MARN de mayo de 2011 a agosto de 2014, en coordinación con los ministerios de Agricultura y Ganadería (MAG) y de Turismo (MITUR). Un tercer proceso de gran relevancia, realizado en 2012, fue la Evaluación Ambiental Estratégica para el desarrollo de la franja costero marina, que tuvo como objetivo evaluar las distintas alternativas y ofrecer un conjunto de recomendaciones para asegurar que el desarrollo de la franja y el aprovechamiento sostenibles e inclusivo de los importantes activos ambientales, se logre sin comprometer el buen funcionamiento de los ecosistemas de la zona, garantizando la provisión de servicios ecosistémicos claves para el desarrollo de las actividades de pesca, agricultura y turismo.

Impacto de la degradación de ecosistemas, pérdida de cobertura arbórea y de servicios ecosistémicos claves sobre las actividades económicas de El Salvador

El deterioro y afectación funcional de los ecosistemas, con la pérdida de servicios ecosistémicos claves, han impactado directamente sobre las actividades económicas y productivas en El Salvador; aumentando su vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos, los cuales han causado pérdidas y daños significativos, incluyendo serios daños a la infraestructura estratégica y/o una disminución de la vida útil de esta. Así, la pérdida de cobertura y la degradación del suelo en zonas de ladera generalmente se asocian con un aumento de escorrentía y erosión de suelo, lo que conlleva a un incremento de las tasas de movimiento de sedimentos cuya deposición causa daños y/o afectan el funcionamiento de puertos, represas hidrológicas y sistemas de abastecimiento de agua. En El Salvador esta situación se agrava con la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos.

Zonas de movimiento de sedimentos

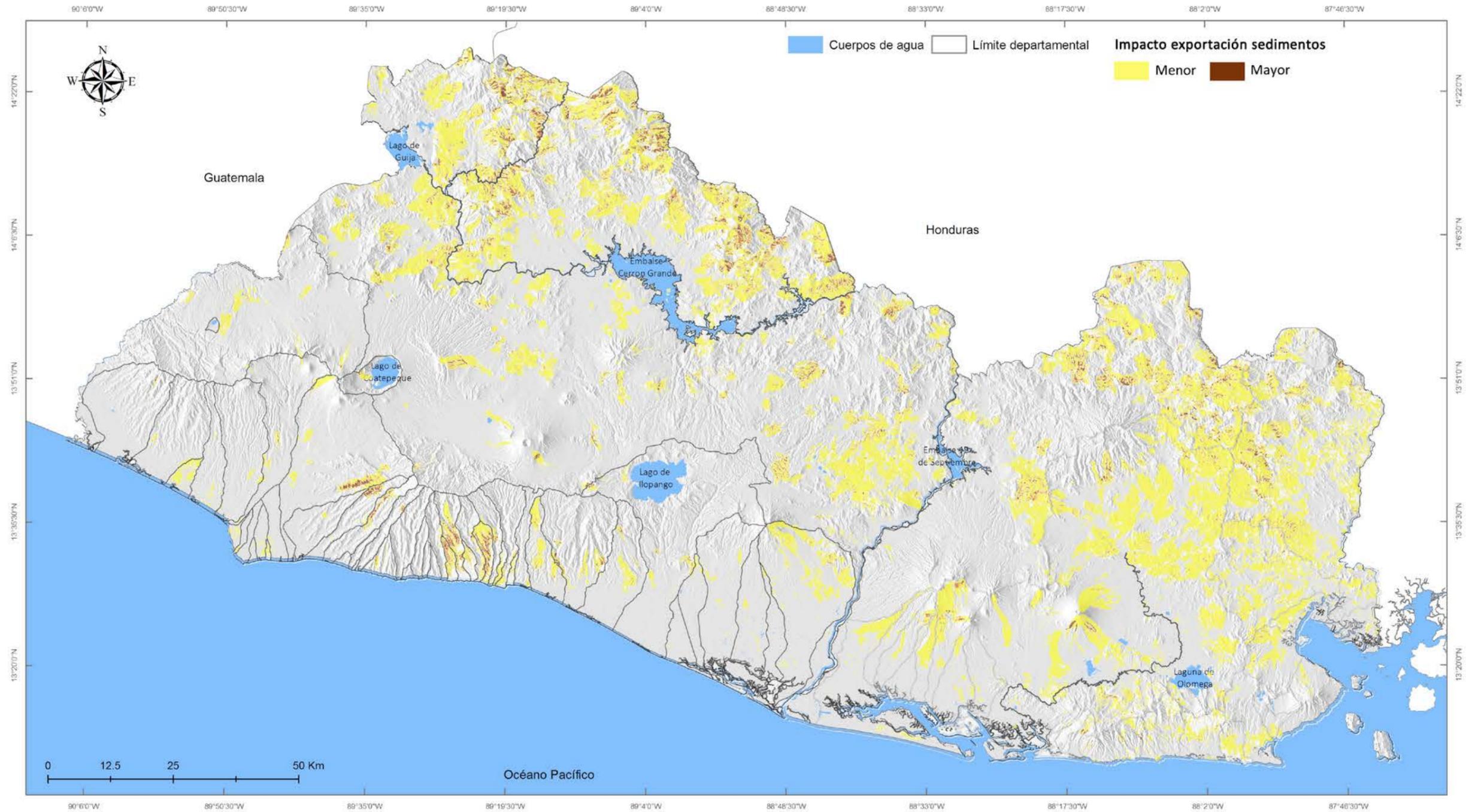


Figura 100. Zonas de movimiento de sedimentos
Fuente: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

Caso 1. Degradación ecosistémica de la cuenca del río Goascorán y su afectación al funcionamiento del puerto de La Unión

Un ejemplo que muestra como la degradación ambiental con la pérdida de servicios ecosistémicos claves impactan directamente sobre las actividades económicas y productivas en El Salvador, es el caso del deterioro y afectación funcional de los ecosistemas de la cuenca del río Goascorán y su impacto sobre la operatividad del puerto de La Unión.

La bahía de La Unión, en la unidad de conservación del golfo de Fonseca, al igual que otros sitios de la franja costero marina de El Salvador, cada vez más está siendo expuesta a eventos climáticos extremos provenientes del océano Pacífico. La vulnerabilidad asociada a las prácticas agrícolas y pecuarias insostenibles y al alto nivel de degradación del suelo tiene un creciente costo, ya que la zona experimenta un aumento en las inundaciones y los deslizamientos de tierra que provocan muertes, pérdidas de medios de vida, destrucción de infraestructura y vivienda y además de severa erosión en las partes altas y medias de las cuencas, que provocan la sedimentación y azolvamiento de esteros, embalses, y que afecta la productividad de los manglares y el funcionamiento, azolvamiento de los canales de navegación, y, vida útil de la infraestructura portuaria.

Según estimaciones, la tasa de erosión anual en las cuencas del Goascorán y Sirama que drenan a la bahía de La Unión, es de 52 toneladas por hectárea al año, aportando unos dos millones de metros cúbicos al año al canal de aproximación del puerto de La Unión. La Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (CEPA) ha estimado que remover los sedimentos y azolvamiento del canal de navegación del puerto de La Unión, implica un gasto de USD 30 millones cada tres años. La restauración ecosistémica, recuperando las capacidades de regulación del flujo hídrico en las cuencas del Goascorán y Sirama, traería beneficios significativos sobre el control de la erosión y control de la consecuente sedimentación del canal de navegación, permitiendo reducir significativamente los costos de dragado del canal de acceso del puerto. Si se asume conservadoramente un 70 % de efectividad de las acciones de restauración en 50 % de los terrenos, y una reducción consecuente en la tasa de erosión y sedimentación, se estima que los costos de dragado se reducirían a USD 4.5 millones los primeros tres años y, a partir del cuarto año, disminuirían USD 15 millones cada tres años.

Caso 2. Degradación ecosistémica y su afectación sobre sistemas de abastecimiento de agua al Área Metropolitana de San Salvador – El Sistema río Lempa y la planta Las Pavas

El fenómeno de la migración de las zonas rurales hacia zonas urbanas y el crecimiento urbanístico, se acentúa en mayor proporción en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) que alberga el 31.7 % de la población salvadoreña. La conformación de centros poblacionales densamente poblados, algunos de ellos industrializados como es el caso de los municipios de Apopa, Soyapango y Mejicanos presiona crecientemente los recursos naturales, en particular con el incremento de la demanda de agua potable. Esto ha obligado a buscar diversas fuentes y nuevos sistemas de abastecimiento para el AMSS, con la entrada en operación del sistema en la zona norte, seguido del sistema río Lempa-Las Pavas. Estos dos Sistemas junto a aquellos que tradicionalmente venían operando asociados al acuífero de San Salvador; en la actualidad, abastecen de agua potable al AMSS. Para el año 2015, se tiene registro que un 42 % del total del agua potable que recibió el AMSS fue producida por los sistemas tradicionales asociados al acuífero de San Salvador; un 25 % fue aportado por el sistema zona norte; y el sistema río Lempa- Las Pavas aportó un 33 % (PRISMA, 2017).

A diferencia de los otros sistemas que cuentan con varias fuentes de agua, el del río Lempa-Las Pavas depende de una única “boca toma” ubicada en el río Lempa, pero con un gran potencial de extracción individual de agua superficial. Después de más de veinte años de operaciones, el sistema río Lempa presenta algunos problemas que limitan su capacidad de producción de agua potable, particularmente en la planta Las Pavas, que está amenazada la capacidad de producción, la cual habría disminuido de 500,000 m³ por día a 225.6 mil m³ por día, lo que equivale al 55 %. Además de problemas asociados con los equipos de bombeo, la planta Las Pavas está siendo afectada por la enorme turbiedad del río Lempa que dificulta los trabajos de potabilización. En efecto, la planta Las Pavas es afectada por las diversas dinámicas de uso del suelo del territorio de influencia a la planta, con los procesos erosivos y de sedimentación que tienen incidencia directa en la boca toma de esa planta (PRISMA, 2017).

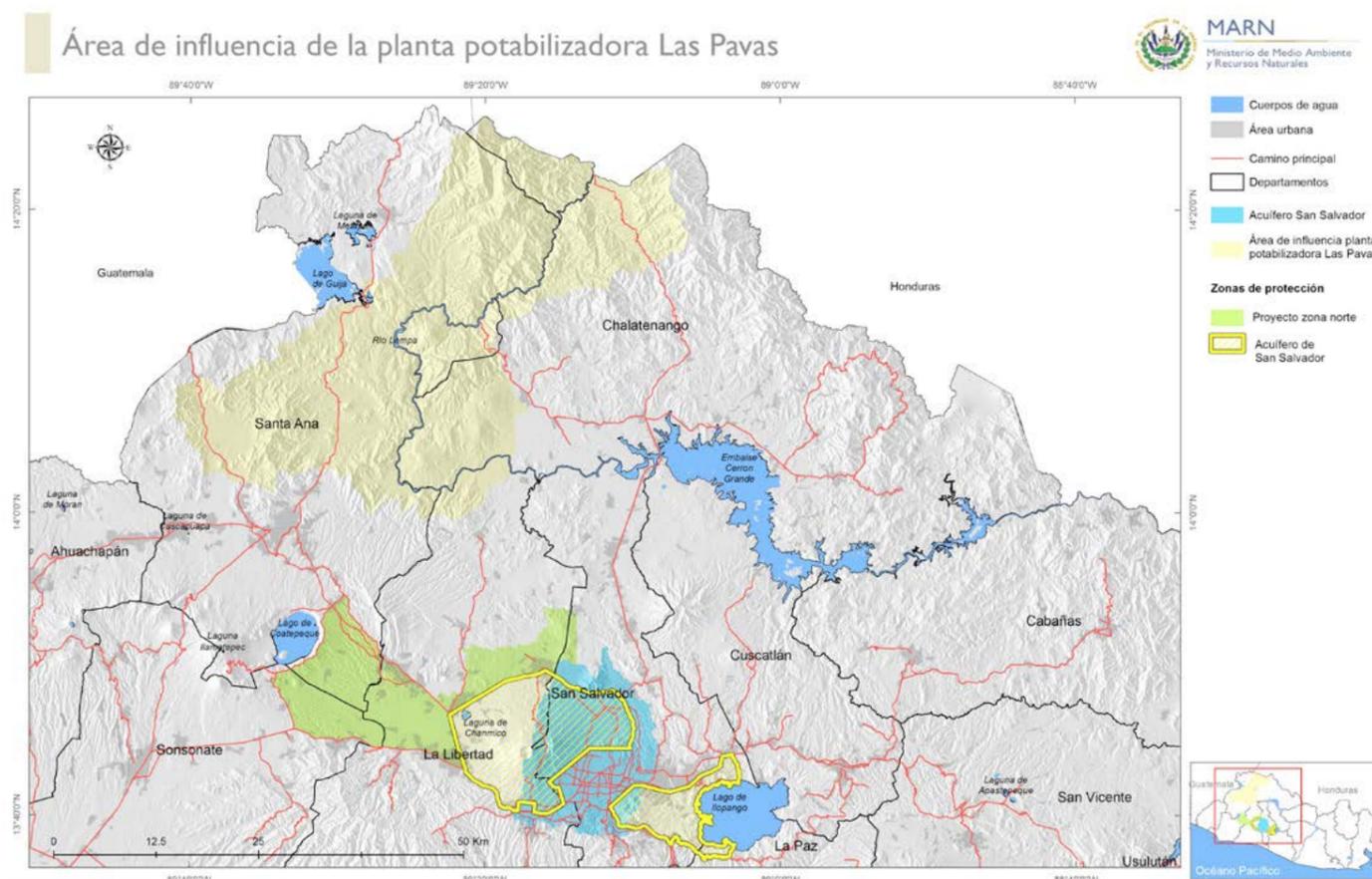


Figura 101. Área de influencia de la planta potabilizadora Las Pavas – Sistema río Lempa – Las Pavas
Fuente: PRISMA, 2017

5.6.3. Tercera apuesta. Consolidación del Sistema de Áreas Naturales Protegidas

El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas constituye un elemento estratégico dentro de los planes y programas de conservación y uso sustentable de la biodiversidad, al reconocer la importancia que juega este sistema en la conservación de los activos naturales de El Salvador y en la consecuente provisión de servicios ecosistémicos para el desarrollo sustentable del país. La estrategia implementada logra un reconocimiento del valor ambiental y social de las áreas protegidas y buscar la incorporación al sistema, áreas protegidas, en los planes de desarrollo territoriales, en su calidad de espacios naturales claves que garantizan la estabilidad y sustentabilidad de los territorios. En este proceso se promovió una estrategia de participación de la sociedad civil en la gestión de las áreas naturales

protegidas, estableciendo convenios con municipalidades, oenegés y otras organizaciones para el comanejo de las mismas. Las organizaciones comanejadoras han desempeñado un papel importante y clave en el manejo y conservación en las áreas, lo cual ha representado una contribución relevante en el proceso de fortalecimiento y consolidación del Sistema de Áreas Naturales Protegidas.

El Salvador ha apostado al establecimiento y consolidación del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, y ha impulsado el reconocimiento internacional de sus espacios naturales más relevantes, consiguiendo la designación de tres reservas de biósfera, y siete sitios Ramsar, que junto a las 162 áreas naturales protegidas cubren una superficie total de 520,352.53 hectáreas que equivalen al 24.83 % del territorio nacional. Es decir, el país cuenta con cerca del 25 % del territorio nacional bajo mecanismos de protección y conservación.

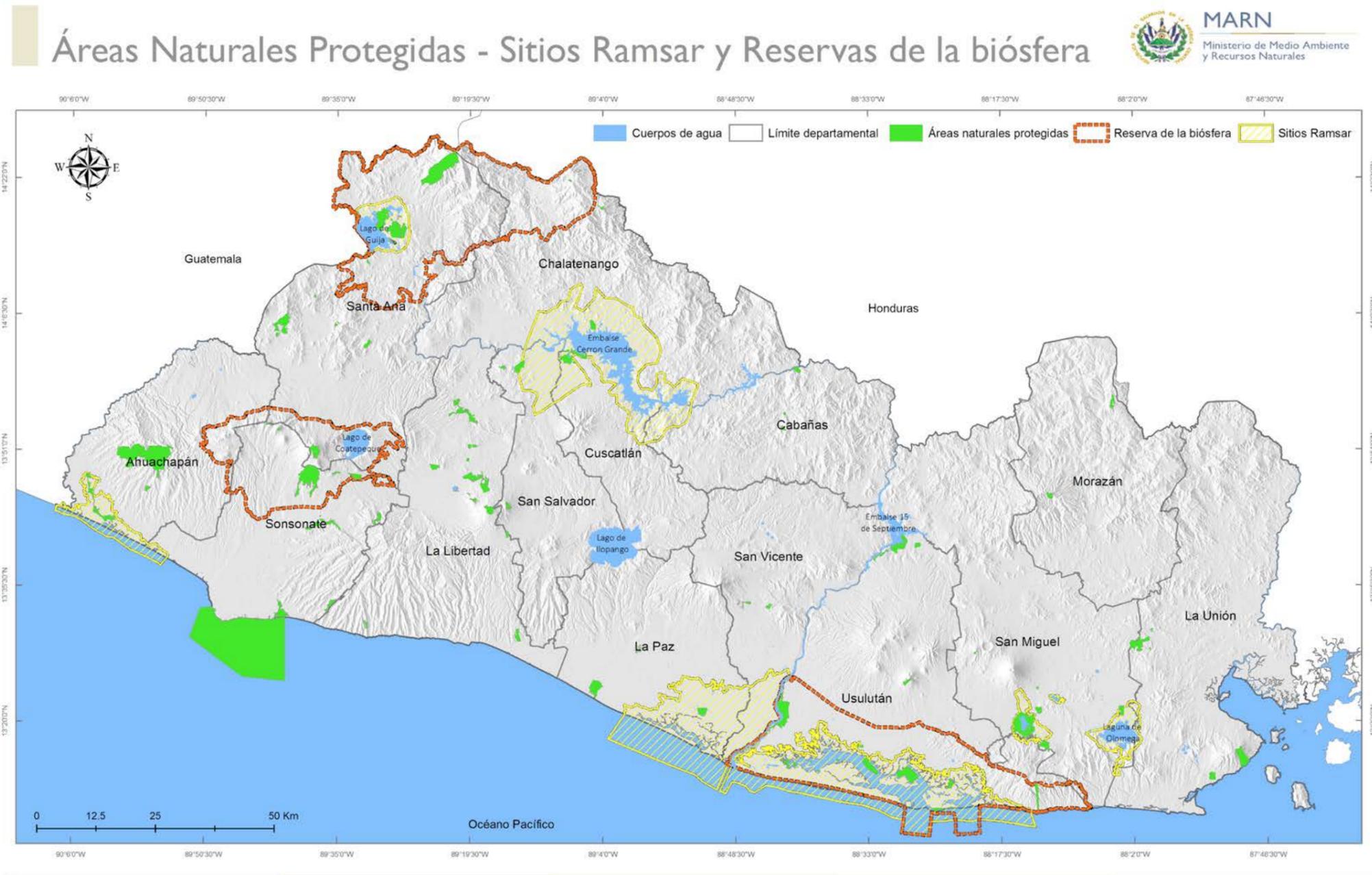


Figura 102. Áreas naturales protegidas, sitios Ramsar y reservas de biósfera
Fuente: MARN

Bajo el nuevo modelo de gestión de estos espacios se promueve el desarrollo de iniciativas específicas e innovadoras de protección, recuperación y utilización sustentable de los ecosistemas y hábitats, que apunten a la consolidación del Sistema de Áreas Naturales Protegidas y, permitan integrar la gestión de las áreas en las dinámicas territoriales, a través de una valoración de los servicios ecosistémicos y la participación efectiva de la sociedad civil y los gobiernos locales en las tareas de conservación. Esto incluye también el fortalecimiento de las actividades de conservación y uso sustentable de los ecosistemas costero-marinos. El trabajo de consolidación del sistema ha sido acompañado con un proceso de delimitación y demarcación de las áreas naturales protegidas y los ecosistemas de manglar, particularmente en el caso de estos últimos, en la zona occidental del país y en bahía de Jiquilisco. El MARN desarrolló un proceso de delimitación y demarcación en bahía de Jiquilisco con un total de 472.45 kilómetros lineales (231.08 km²), de los manglares y las áreas de Nancuchiname, Chaguantique.

Tabla 23

Dinámica de estado de conservación – protección de ecosistemas prioritarios

Áreas naturales protegidas		Reservas de biósfera		Sitios Ramsar	
1996 -2008	2009 - 2017	1998 - 2008	2009 - 2017	1998 - 2008	2009 - 2017
39 ANP declaradas	123 ANP declaradas	Apaneca- Ilamatepec 59,056 ha (18/09/07)	Trifinio Fraternidad 108,021 ha (29/06/11)	Laguna El Jocotal 1571 ha (22/01/99)	Laguna de Olomega 7557 ha (02/02/10)
32,300 hectáreas	14,889.53 hectáreas	Xiriualtique – Jiquilisco 101,607 ha (18/09/07)		Complejo bahía de Jiquilisco 63,500 ha (31/10/05)	Complejo Güija 10,180 ha (16/12/10)
				Humedal embalse Cerrón Grande 60,698 ha (22/11/05)	Complejo Jaltepeque 49,454 ha (02/02/11)
					Barra de Santiago 11,519 ha (16/01/14)
162 ANP		160,663 ha	108,021 ha	125,769 ha	78,710 ha
47,189.55 hectáreas		268,684 hectáreas		204,479 hectáreas	

Nota: ANP: Área Naturale Protegida; ha: hectáreas

Con la administración integrada de las 162 áreas naturales protegidas en 15 áreas de conservación, junto a los 7 sitios Ramsar y las 3 reservas de biósfera, se busca garantizar, entre otros, el mantenimiento de la alta diversidad de especies y sus hábitats, la protección y conservación de los ecosistemas más notables, así como los procesos ecológicos que los conforman. De igual forma, favorecer el mantenimiento del paisaje rural con usos sostenibles que faciliten las funciones de amortiguación y conexión entre los sistemas naturales; promover mecanismos y criterios para asegurar una actividad socioeconómica sostenible. También se busca ordenar la actividad urbanística y promover la conservación de los elementos históricos y culturales tradicionales y su adecuación a las características del paisaje; ordenar y canalizar la demanda de actividades recreativas y educativas en el medio natural sin poner en peligro su conservación; integrar las actividades humanas desarrolladas en el territorio con los objetivos de conservación definidos.

Desde el 2015 se realizan esfuerzos por la conformación de comités locales para los sitios Ramsar, así como los comités gestores para las reservas de biósfera y también los comités asesores locales para las áreas de conservación, consolidando la gobernanza ambiental en torno a la protección y conservación del país.



Figura 103. Juramentación del Comité Nacional Ramsar y del Comité Ambiental Local (COAL)

Fuente: MARN

La consolidación del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas ha incluido un fortalecimiento de las capacidades institucionales y normativa. Luego de la emisión de la Ley de áreas naturales protegidas el 8 de febrero de 2005, se establece la Gerencia de Áreas Naturales y Corredor Biológico, se emiten la Política Nacional y la Estrategia Nacional de Áreas Naturales Protegidas; así como, la Estrategia Nacional para la Gestión Participativa de las Áreas Naturales Protegidas. En el año 2014 se establece la Unidad de Guardarecursos y la Unidad de Defensa del Patrimonio Natural. Hasta la fecha se cuenta con 46 planes de manejo oficiales para 101 áreas protegidas, y 7 planes de manejo para igual número de sitios Ramsar. Las tres reservas de biósfera disponen, cada una, con su plan de gestión y con los respectivos comités gestores, constituidos por representantes de instituciones públicas y privadas, los gobiernos municipales, y representantes de comunidades y actores locales. Los comités gestores cuentan con planes operativos que se implementan adecuadamente en coordinación con el MARN.

Caso Parque Nacional Montecristo: restauración de ecosistemas, reducción de riesgos y conservación de la diversidad biológica

Degradación Ambiental: vulnerabilidad social y ambiental

La deforestación y el cambio de uso del suelo con la pérdida de cobertura vegetal de la cuenca del río San José que experimentó en la primera mitad del Siglo XX, conllevó a un aumento de la vulnerabilidad ambiental de la ciudad de Metapán, sufriendo grandes inundaciones frecuentemente, con importantes daños sociales y económicos. Entre las inundaciones más significativas se registran las ocurridas en los años 1934 y 1959.

Respuesta: la restauración de ecosistemas y paisajes

Con el objetivo principal de realizar un proceso integral de restauración de los ecosistemas y recuperar sus funciones ecológicas, y así, enfrentar la inestabilidad de las partes altas de la cuenca del río San José, el Gobierno de El Salvador adquirió, en 1971, la hacienda San José Ingenio que contaba con una superficie de 1991 hectáreas de las cuales 1075 habían sido transformadas para actividades agropecuarias, 47 presentaban cárcavas y apenas 869 hectáreas mantenían remanentes de bosques primarios, en su mayor parte de bosque nebuloso y bosque de Pino Roble.

El programa de restauración y rehabilitación ecológica tuvo los siguientes cuatro componentes: a) componente de control de torrentes: la construcción de estructuras de ingeniería civil para el control de torrentes, incluidos muros y diques de mampostería, muros gavionados, muros secos, canales de desviación y estructuras para la protección de caminos; b) componente de restauración de ecosistemas: trabajos de reforestación y revegetación de los antiguos potreros; c) componente social: diseño e implementación de medidas socioeconómicas y participación de las comunidades; d) componente de protección y conservación de ecosistemas existentes: actividades de conservación y manejo de los bosques primarios.

Impacto: beneficios sociales, económicos y ambientales

La implementación de este programa, los trabajos y la gestión adecuada de la zona, ha permitido que ahora se cuente con el Parque Nacional Montecristo, una de las áreas naturales protegidas más importantes de El Salvador. Con 1997 hectáreas, la zona alberga una riqueza biológica excepcional, de alto valor nacional, regional y mundial, situada en el Trifinio, uno de los seis puntos más importantes para la conservación de la diversidad biológica de Mesoamérica, reconocido por la Unesco como Reserva de Biósfera Trinacional Trifinio Fraternidad. El Parque Nacional Montecristo alberga, además, una alta diversidad de especies vegetales altamente especializadas, como helechos arborescentes, orquídeas, musgos y árboles adaptados a estas condiciones, siendo una de las muestras mejor conservadas de este tipo de bosque en el país.

Con el Parque Nacional Montecristo y los ecosistemas de Trifinio se protege y conserva la cuenca alta del río Lempa, con fuerte impacto sobre la provisión de agua para distintos usos a escala nacional. En el ámbito local, la restauración de la cuenca del río San José que atraviesa el Parque Nacional Montecristo es de especial importancia pues ha permitido reducir escorrentía y aumentar la capacidad de infiltración y recarga hídrica, reduciendo significativamente el riesgo a inundaciones y aumentando la oferta hídrica con incidencia clave en la sostenibilidad de la economía y desarrollo local.

La zona de recarga hídrica de la cuenca del río San José se encuentra en el Parque Nacional Montecristo que, con cerca de 30 afloramientos, contribuyen al cauce principal que, en su cabecera, se le denomina “Quebrada El Sesteadero”, y permite el abastecimiento de agua a la ciudad de Metapán para sostener las actividades productivas de la zona, particularmente, las agrícolas y ganaderas.

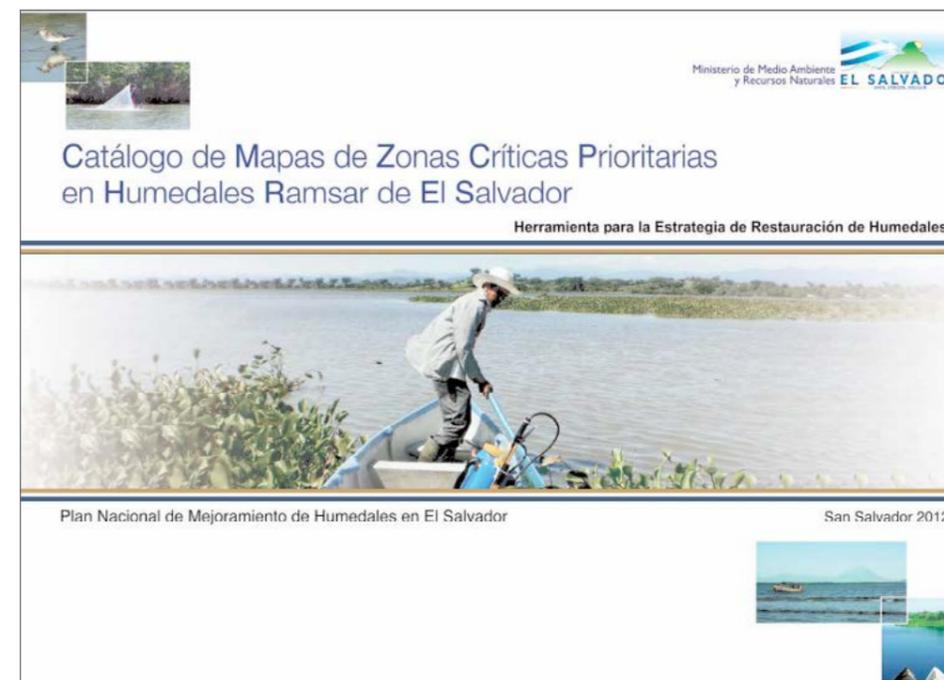


Figura 104. Catálogo de zonas críticas de humedales Ramsar
Fuente: MARN

5.6.4. Cuarta apuesta. La rehabilitación de especies amenazadas y la restauración de ecosistemas y paisajes

• **Restauración de ecosistemas y paisajes**

Uno de los grandes desafíos que debe enfrentar la sociedad salvadoreña es la reducción de la alta vulnerabilidad que muestra el país ante la amenaza climática, proponiendo acciones y medidas para volver más resilientes los territorios, blindar las actividades productivas, a fin de lograr una economía más sustentable. La restauración de los ecosistemas y tierras degradadas se presenta como una medida urgente y necesaria para revertir el alto grado de deterioro del medio ambiente, mantener la biodiversidad y recuperar los servicios ecosistémicos críticos para asegurar la provisión de agua, reducción de los riesgos a desastres y la adaptación al cambio climático.

En ese ámbito, en El Salvador se está implementando el Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes como uno de los instrumentos claves de la Política Nacional del Medio Ambiente y del Plan Quinquenal de Desarrollo – planificación del Gobierno de El Salvador para el periodo 2014 – 2019.

Gestión integral de humedales: Plan Nacional para el Mejoramiento de los Humedales en El Salvador

Actualmente El Salvador cuenta con la designación internacional de un total de siete sitios Ramsar que cubren 204,479 hectáreas y para garantizar un manejo adecuado de estos humedales, el MARN diseñó y está implementando el Plan nacional para el mejoramiento de los humedales en El Salvador, construido bajo un amplio proceso participativo, involucrando a los actores locales más relevantes en cada humedal. Este instrumento se constituye en una hoja de ruta para la restauración y conservación inclusiva de estos ecosistemas, bajo un enfoque holístico abordando como principales componentes: el manejo integral de los desechos sólidos y aguas residuales, la investigación, la gobernanza y la educación ambiental; la gestión de la vida silvestre, el manejo de información y la gestión del financiamiento.

Además, cada sitio Ramsar cuenta con su respectivo plan de manejo que permite una gestión específica, manteniendo la coordinación y consistencia con la política nacional. De igual forma, cada humedal dispone de una evaluación del estado de conservación y una caracterización de las principales amenazas, incluyendo, entre otros, una identificación de las zonas críticas de contaminación y la determinación de los niveles de algunos contaminantes como plomo, mercurio, cadmio y boro en el humedal. Toda esta información y data ha sido plasmada en el catálogo de zonas críticas de humedales Ramsar del país.

Con una meta de restauración de un millón de hectáreas al 2030, el programa de restauración se organiza en cuatro ejes estratégicos:

- 1) La restauración, reforestación y conservación inclusiva de ecosistemas críticos: bosques de galería, zonas de recarga acuífera, laderas, ecosistemas boscosos y manglares;
- 2) La restauración de suelos degradados, a través de la arborización de los sistemas agrícolas, la adopción de sistemas agroforestales resilientes y el desarrollo de una agricultura sostenible y resiliente al cambio climático y amigable con la biodiversidad;
- 3) El desarrollo sinérgico de la infraestructura física y la infraestructura natural.
- 4) La gobernanza para la restauración de ecosistemas que fortalezca procesos locales a través de la participación y acuerdos normativos (convenios, normativa, entre otros).

El Programa de restauración adopta un modelo de intervención a la escala de paisaje, con un abordaje de restauración integral del territorio, priorizando la recuperación de las funciones ecosistémicas a través de la intervención de zonas críticas, como las áreas de recarga hídrica, los bosques de galería y ecosistemas riparios, las áreas susceptibles a deslizamientos, los sitios de conectividad ecológica. Se apuesta al establecimiento de paisajes multifuncionales sustentables y resilientes al cambio climático, recuperando su complejidad estructural y diversidad funcional, con la coexistencia e interdependencia de los distintos tipos de uso del suelo, ecosistemas y agroecosistemas.

• **Gobernanza en la restauración**

El Gobierno de El Salvador estableció el Gabinete de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad como plataforma de incidencia política y coordinación interministerial de alto nivel que permitirá atender y darle seguimiento, de mejor manera, a la agenda nacional de cambio climático y gestión de riesgos, y buscar sinergias en las acciones de reducción de la vulnerabilidad social y ambiental y de construcción de resiliencia y adaptación.

El gabinete coordina la implementación del Plan Nacional de Cambio Climático e impulsa el Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes. Bajo la coordinación del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el gabinete es integrado por las autoridades de los ministerios claves como: Agricultura y Ganadería, Relaciones Exteriores, Turismo, Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, Gobernación y Desarrollo Territorial, las secretarías para asuntos de Vulnerabilidad y la Técnica y de Planificación de la Presidencia, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, entre otras instancias. El gabinete se apoya en el Consejo Nacional de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad (CONASAV), coordinando entre las diferentes instituciones y actores sociales, con el objetivo de garantizar la plena participación y acompañamiento.

Con el fin de crear y establecer un escenario óptimo para la restauración, el programa adopta una estrategia de implementación altamente participativa, involucrando a todos los actores relevantes de los territorios a intervenir. Desde la identificación de las áreas prioritarias para la restauración, hasta la planificación y ejecución de acciones de restauración, así como en el mantenimiento de los ecosistemas y paisajes restaurados.

Plantatón

El CONASAV es una instancia consultiva, de diálogo y concertación integrada por una diversidad de actores para la búsqueda de acuerdos y compromisos nacionales en torno a las prioridades de desarrollo del país en materia de sustentabilidad ambiental y vulnerabilidad. Su composición es amplia, plural y permanente y está dotado de autonomía para el cumplimiento de sus objetivos y atribuciones.

Para impulsar acciones de país hacia la sustentabilidad ambiental, el CONASAV plantea la creación de mesas temáticas, una de ellas, la de Restauración de ecosistemas constituida con más de 60 representantes, quienes han trabajado en un esfuerzo inicial de reforestación nacional tomando como base el Plan Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes que impulsa el MARN.

Como resultado de un trabajo multisectorial orientado a la restauración y conservación de los recursos naturales de El Salvador, la Mesa de Restauración del CONASAV, propone realizar una movilización masiva de reforestación a escala nacional a través de la primera Plantatón en El Salvador.

La Plantatón 2017, es el primer proyecto de reforestación de interés nacional que surge en el marco del CONASAV como un plan de país a través del cual se busca la sensibilización y la movilización voluntaria de la población de forma masiva hacia el rescate de los principales mantos acuíferos.

La Plantatón 2017 superó la meta inicial de plantar un millón de árboles en hectáreas degradadas en más de 100 lugares del país y sobrepasó los 13,790,352 árboles plantados, de los cuales 12,412,791 fueron de café y 1,377,561 fueron frutales y forestales.

La meta para el siguiente año es de 5 millones en más de 300 lugares degradados.

• **Identificación de los sitios prioritarios para la restauración**

En 2008, se evidenció que el país muestra una falta de cobertura arbórea en un 42 % del total de las áreas propensas a deslizamientos y en un 67 % de los márgenes de los principales ríos (pérdida de bosques de galería o riparios). De igual forma, se observa una falta de cobertura arbórea en un 64 % de las principales zonas de recarga hídrica. Estos datos son preocupantes principalmente porque el país mantiene una alta tasa de deforestación anual. En el caso de los bosques salados se estima que del 15 al 20 % está intervenido y requiere algún tipo de intervención o restauración.

A partir de información y data del mapa de cobertura arbórea y uso de suelo, actualizado con la utilización de imágenes RapidEye 2011 (MARN/UICN/PRCC/USAID), se obtuvieron los mapas de prioridades de restauración que definen la factibilidad social, económica y ecológica y el alcance total de la oportunidad de restauración en el país, las cuales se focalizan particularmente en los agroecosistemas. Para establecer las necesidades de restauración a escala nacional se utilizó la Metodología de Evaluación de las Oportunidades de Restauración (ROAM por sus siglas en inglés) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Para este análisis se utilizaron los siguientes seis criterios: conservación de suelo y agricultura; conservación de vida silvestre; protección de aguas superficiales y subterráneas y adaptación a la sequía; adaptación: tormentas e inundaciones; provisión de leña; y regulación del clima en centros urbanos.

Agua superficial, agua subterránea y adaptación a la sequía	• La restauración mejora la disponibilidad de agua superficial y subterránea para el consumo humano, para riego, uso industrial y de las hidroeléctricas. Los paisajes restaurados reducen la vulnerabilidad ante eventos extremos asociados a la sequía.
Manejo y conservación de suelos y producción de alimentos	• La restauración permite recuperar la fertilidad del suelo y disminuir la erosión.
Adaptación a eventos extremos y protección contra inundaciones y tormentas	• Los paisajes restaurados reducen la vulnerabilidad ante eventos extremos (inundaciones, tormentas huracanes).
Biodiversidad	• La restauración de ecosistemas críticos contribuye a la conservación y conectividad de la biodiversidad.
Regulación del clima para centros urbanos	• La restauración mejora las condiciones micro climáticas de los centros urbanos.
Leña	• La restauración aumenta la disponibilidad de leña por medio de bosques energéticos y sistemas agroforestales.

Figura 105. Criterios para la definición de áreas de oportunidad de restauración
Fuente: Fortaleciendo la Estrategia Nacional de Restauración, UICN y MARN, 2017

Agua superficial y subterránea y adaptación a sequía

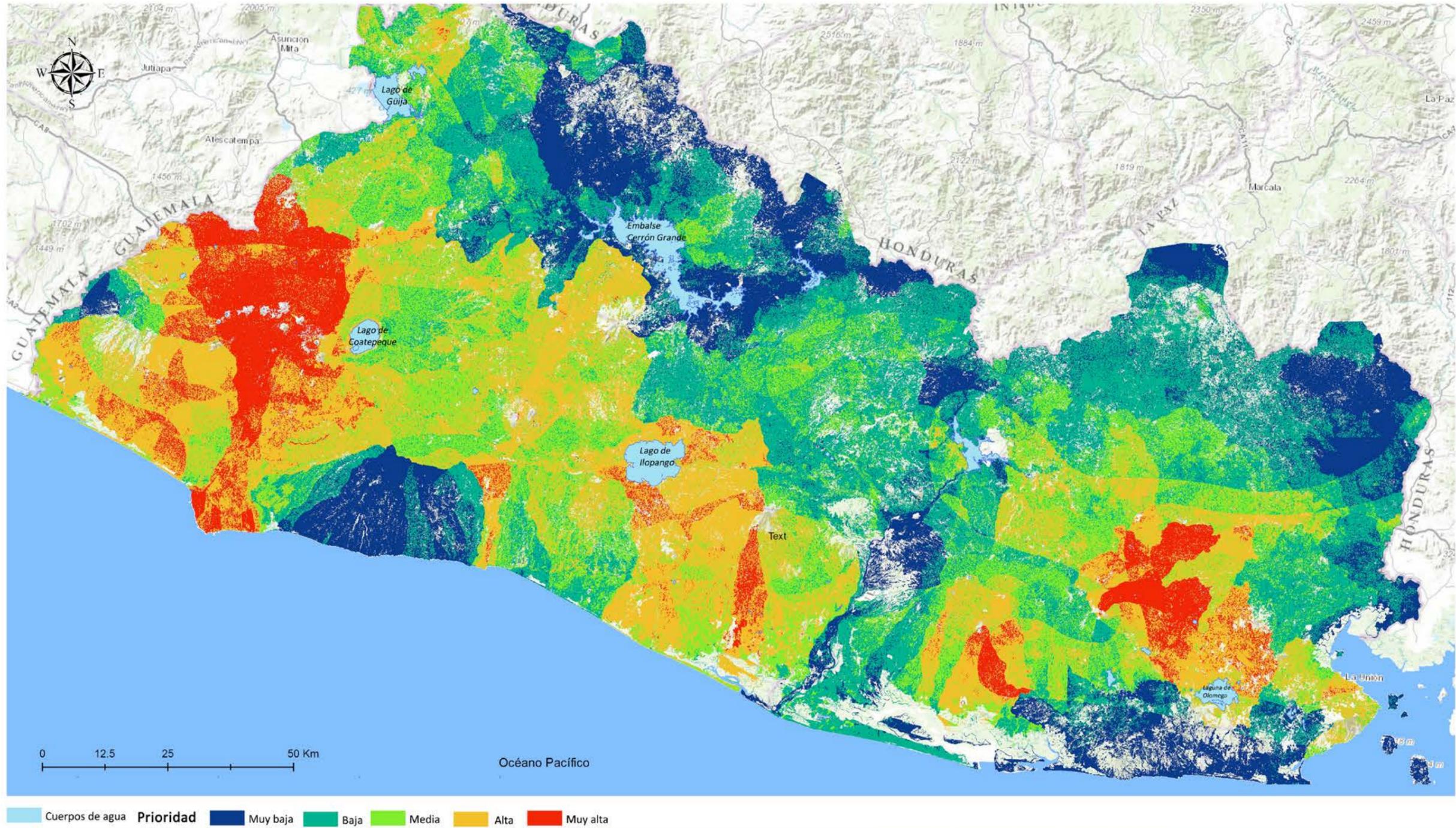


Figura 106. Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: agua superficial y subterránea y adaptación a la sequía
Fuente: análisis espacial para Identificar oportunidades de restauración en paisajes rurales. UICN, 2015

Conservación de suelo y agricultura

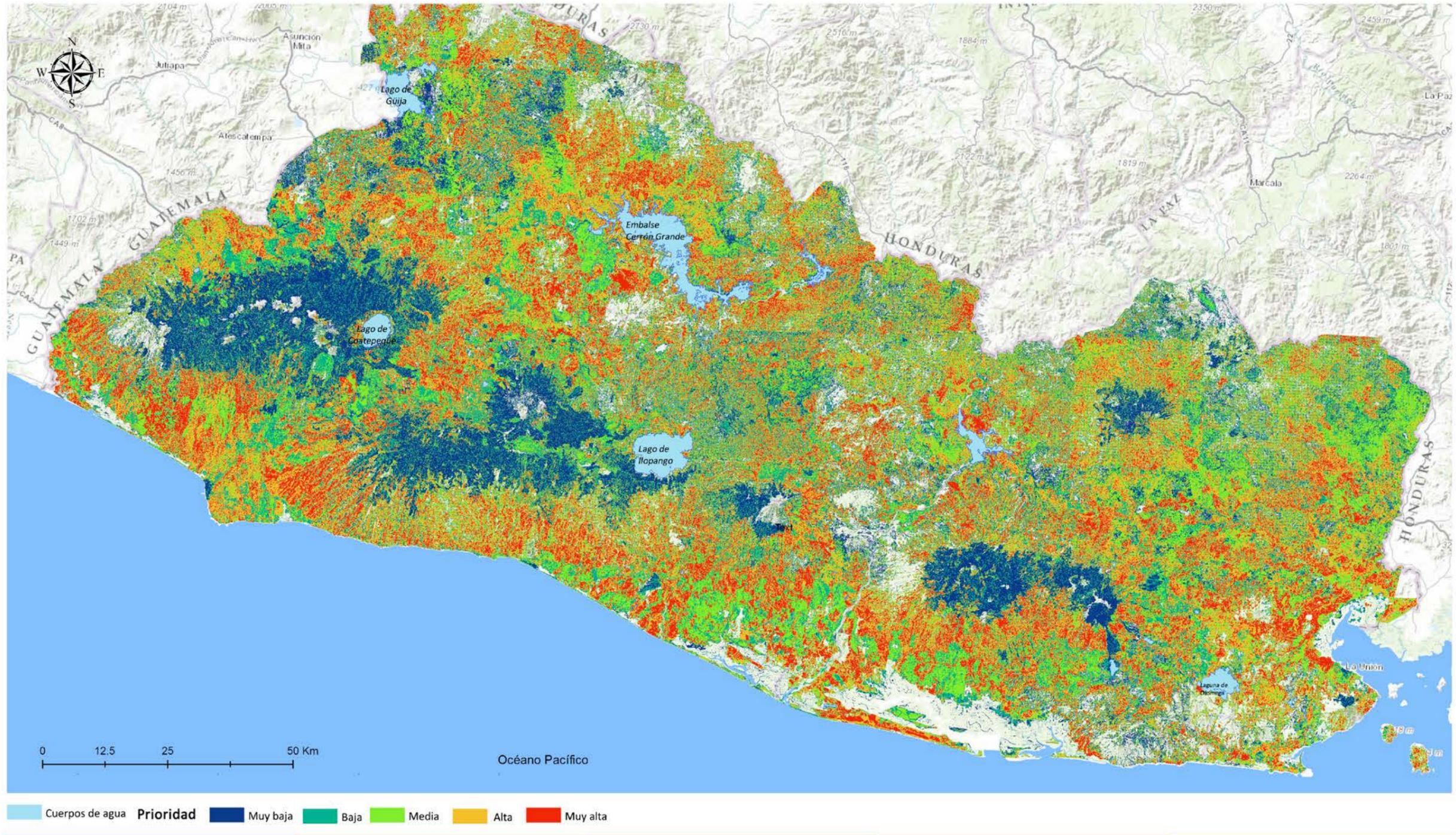


Figura 107. Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: Conservación de suelo y agricultura
 Fuente: Análisis espacial para Identificar oportunidades de restauración en paisajes rurales. UICN, 2015

Adaptación: tormentas e inundaciones

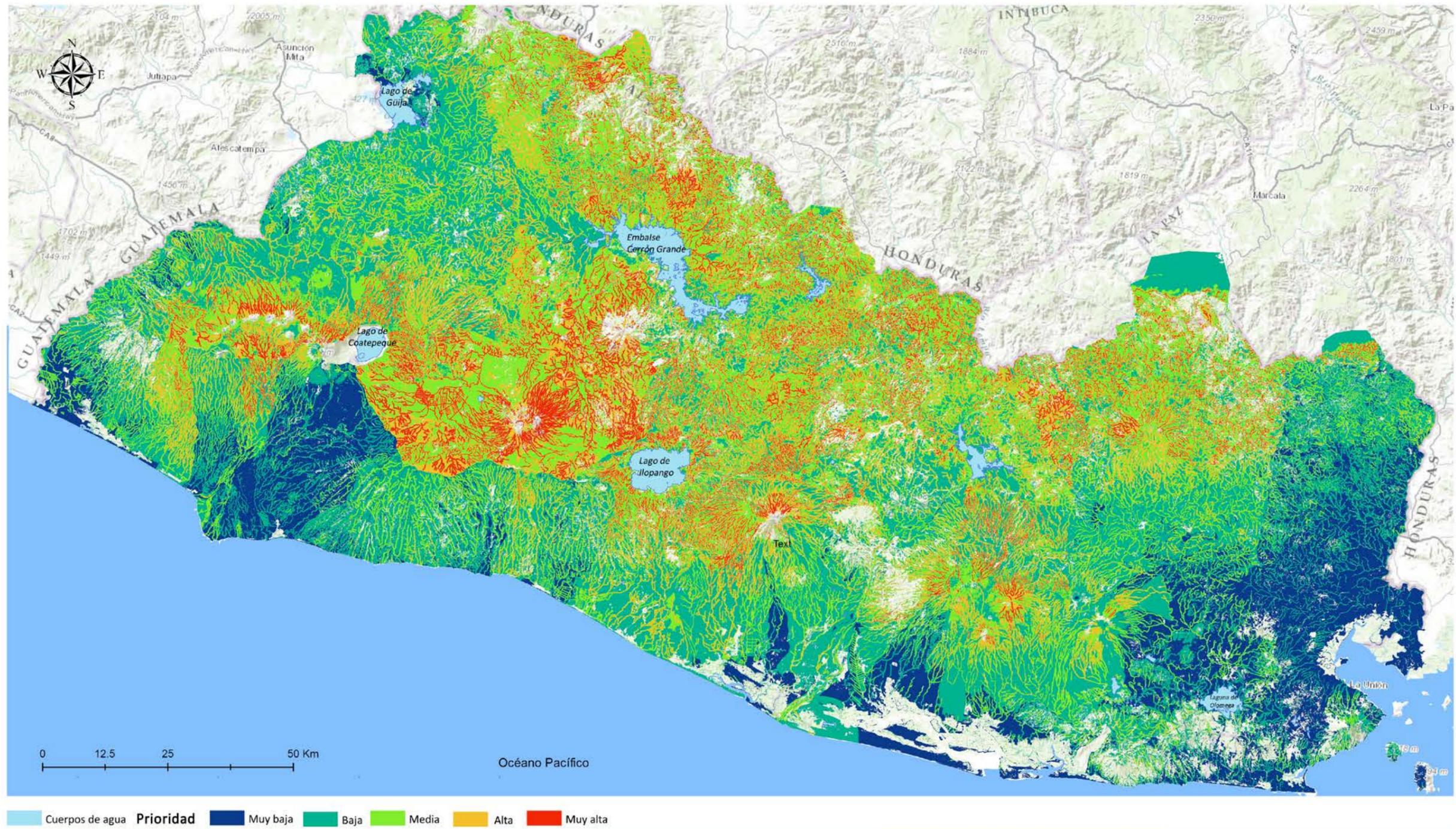


Figura 108. Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: Adaptación – tormentas e inundaciones
Fuente: Análisis espacial para Identificar oportunidades de restauración en paisajes rurales. UICN, 2015

Conservación de la vida silvestre

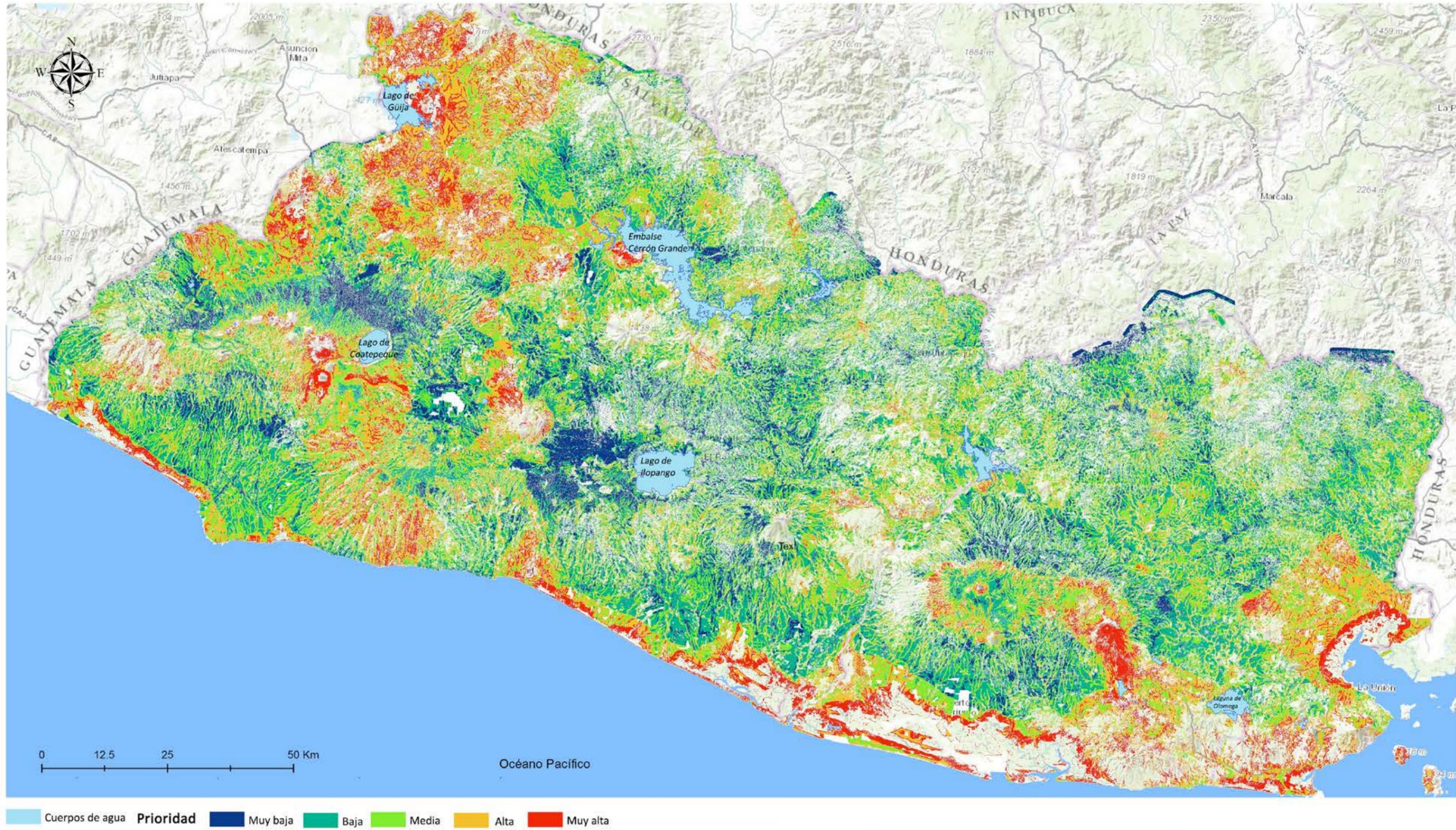


Figura 109. Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: Conservación de la vida silvestre
Fuente: Análisis espacial para Identificar oportunidades de restauración en paisajes rurales. UICN, 2015

Regulación clima en centros urbanos

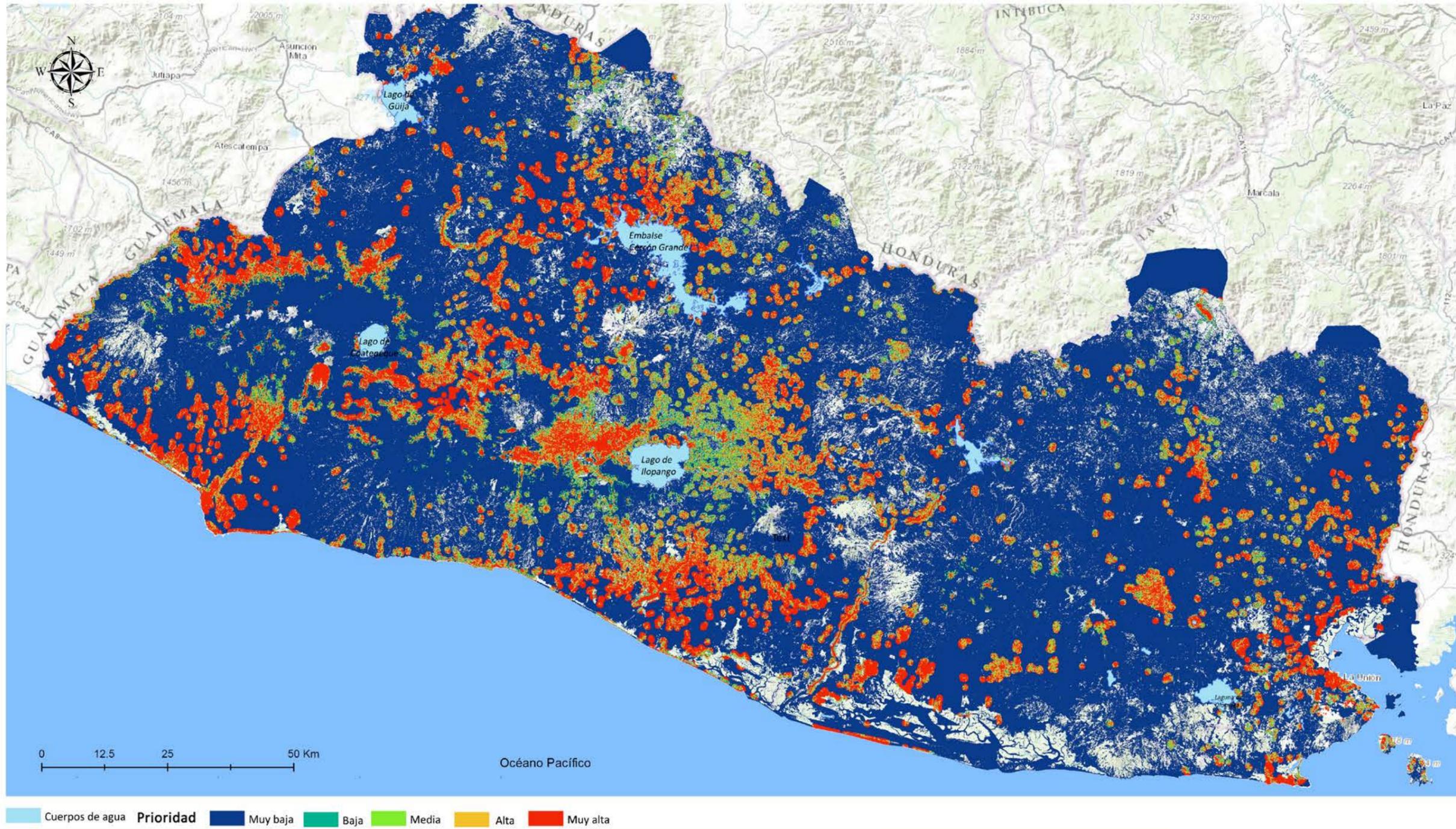


Figura 110. Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: Regulación del clima en centros urbanos
Fuente: Análisis espacial para identificar oportunidades de restauración en paisajes rurales. UICN, 2015

Provisión de leña



MARN
Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Naturales

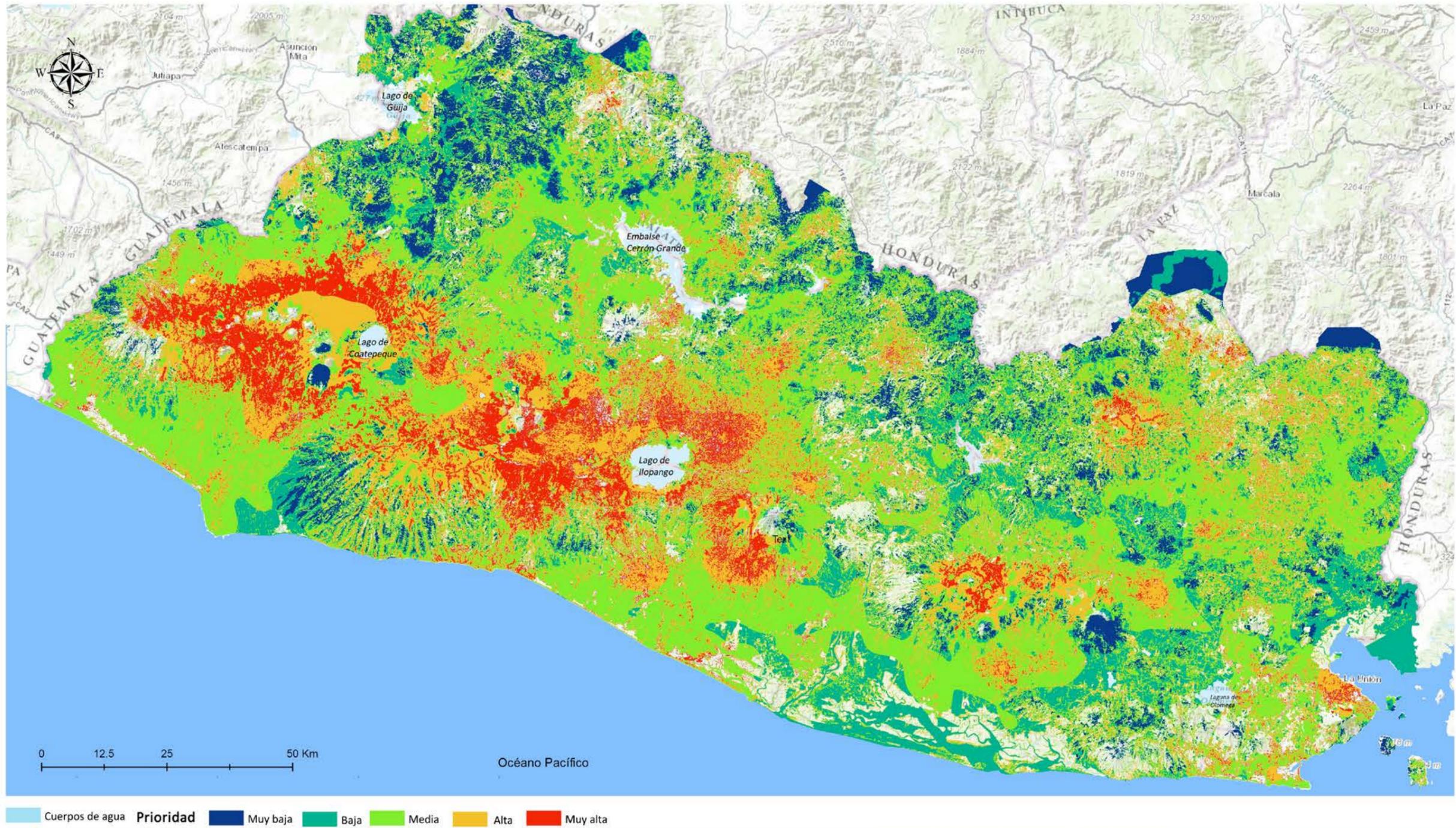


Figura 111. Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: Provisión de leña
Fuente: Análisis espacial para identificar oportunidades de restauración en paisajes rurales. UICN, 2015



Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales (todos los criterios, prioridades alta a muy alta)

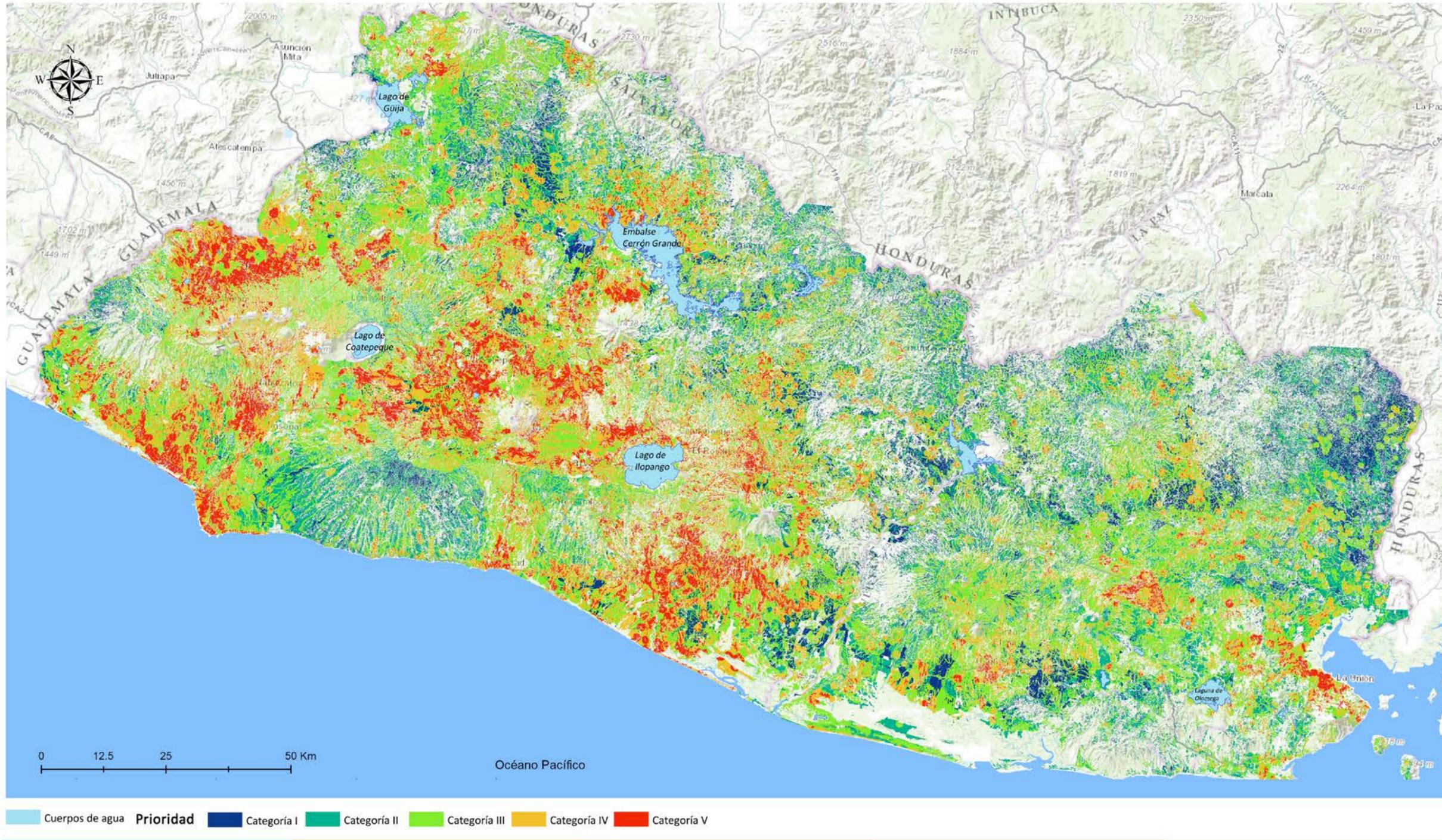


Figura 112. Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Todos los Criterios, prioridades alta y muy alta
Fuente: Análisis espacial para identificar oportunidades de restauración en paisajes rurales. UICN, 2015



Prioridades alta y muy alta de restauración del paisaje productivo

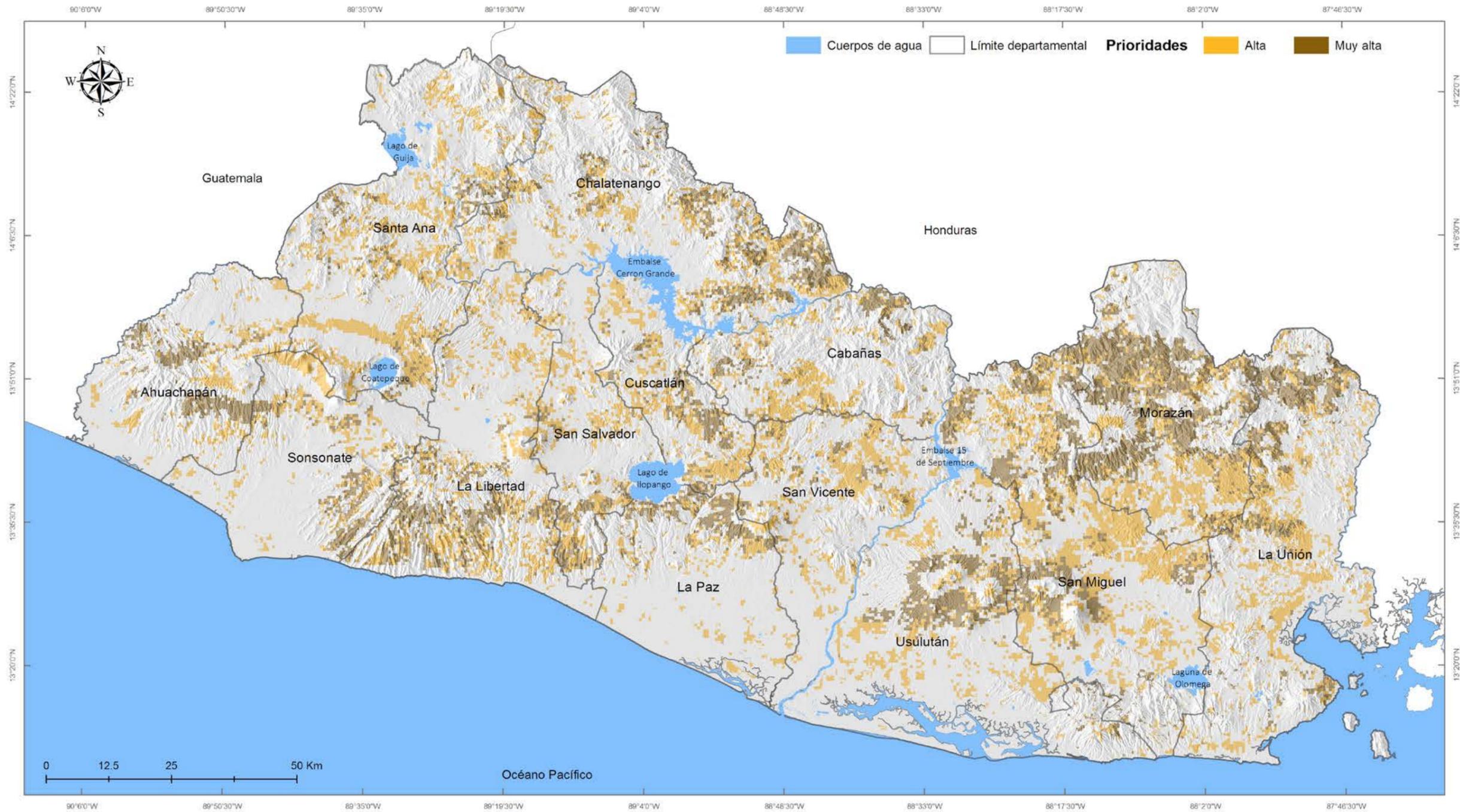


Figura 113. Prioridades alta y muy alta de restauración del paisaje productivo
Fuente: Análisis espacial para identificar oportunidades de restauración en paisajes rurales. UICN, 2015

A partir de los diferentes usos actuales del suelo se identificaron las posibles transiciones, que permitan recuperar la funcionalidad de los ecosistemas y agroecosistemas, así como los bienes y servicios ambientales relevantes. Así se han identificado las áreas potenciales para cada tipo de transición –uso actual del suelo hacia sistemas sostenibles y más resilientes–, identificando para las 11 transiciones propuestas, un total de 1,001,405 hectáreas.

Tabla 24. Áreas potenciales de restauración según tipo de transición

Transiciones – Uso de suelo propuesto		Uso de suelo actual	Área potencial (ha)
1.	Sistemas agroforestales con grano básico	Grano básico	359.208
2.	Sistema silvopastoril	Pasto natural	195.590
3.	Sistema agrosilvopastoril	Mosaico de cultivos y pasto	84.536
4.	Sistemas agroforestales de cacao (1)	Mosaico de cultivos, pastos y vegetación < 900 m.s.n.m.	82.716
5.	Zafra verde en caña de azúcar	Caña de azúcar convencional	77.441
6.	Sistemas agroforestales de cacao (2)	Café < 900 m.s.n.m.	66.369
7.	Renovación de café de bajo	Café < 800 m.s.n.m.	47.615
8.	Renovación de café de mediana altura	Café 800-1200 m.s.n.m.	41.000
9.	Renovación de café de altura	Café > 1200 m.s.n.m.	26.000
10.	Recuperación del bosque de galería	Mosaico de cultivos, pastos y vegetación	5.653
		Caña de azúcar	4.298
		Mosaico de cultivo y pasto	3.821
		Pasto natural	3.158
		Grano básico	2.000
11.	Restauración del manglar	Manglar degradado	2.000
Total			1.001.405

Nota: msnm: metros sobre el nivel del mar

Fuente: Análisis Económico de las categorías de intervención para la restauración de paisajes productivos en El Salvador.

UICN-ORMACC, 2017

• Costos y beneficios de la restauración y análisis financiero

Se ha realizado una evaluación financiera y económica a un plazo de 20 años de los diferentes tipos actuales de uso del suelo, así como del uso recomendado bajo criterio de restauración y sustentabilidad –propuestas de transiciones de uso de suelo–, a través de un cálculo de la rentabilidad y análisis de los ingresos (beneficios monetarios) y los beneficios ambientales y sociales generados (cobeneficios) entre usos del suelo. Adicionalmente se calculó el Valor Actual Neto (VAN) marginal y beneficio incremental mediante la determinación de la diferencia entre el beneficio neto de cada transición –diferencia entre el beneficio neto del uso del suelo sugerido y el beneficio neto del uso actual del suelo–.

El análisis anterior permitió demostrar que el programa nacional de restauración cumple con las condiciones costo-beneficio, evidenciando que los mayores valores marginales son reflejados en las transiciones de café < 900 m.s.n.m. hacia sistemas agroforestales de cacao; la transición de café > 1200 msnm hacia una renovación de café de altura; y la transición de pasto natural a sistema silvopastoril, siendo el menos rentable –beneficios monetarios– la reforestación en bosque de galería debido a que no está asociada a un uso productivo del suelo, aunque se centra en una conservación y protección del ecosistema crítico para el mantenimiento de caudal de los ríos, control de la erosión y otros beneficios ambientales altamente significativos.

Tabla 25. Costos y beneficios uso actual del suelo y de las transiciones.

Valor actual neto del uso de suelo restaurado (USD/hectárea)				
Tipo de transición		VAN (USD/ha) – Beneficios netos		
		Uso del suelo actual	Uso del suelo PREP	Valor marginal
1.	Cultivo de granos básicos a sistema agroforestal con granos básicos	4130	4438	308
2.	Pasto natural a sistema silvopastoril	7553	18,269	10,716
3.	Mosaico de cultivos y pasto a sistema agrosilvopastoril	4638	12.124	7486
4.	Mosaico de cultivos, pastos y vegetación < 900 m.s.n.m. a sistemas agroforestales de cacao (1)	3100	15.473	12,373
5.	Caña de azúcar (con práctica de quema) hacia zafra verde	3222	4067	845
6.	Café < 900 m.s.n.m. a sistemas agroforestales de cacao (2)	1206	14.767	13,561
7.	Café < 800 m.s.n.m. hacia una renovación de café de bajo	1096	2894	1798
8.	Café 800-1200 m.s.n.m. hacia una renovación de café de mediana altura	1372	6003	4631
9.	Café > 1200 m.s.n.m. hacia una renovación de café de altura	2275	13076	10,801
10.	Cultivos y uso en promedio (1, 2, 3, 4 y 5) hacia bosque de galería	4329	-5166	-9495
11.	Manglar degradado hacia una restauración del manglar	-	4061	4061

Nota: (Valor actual con r=10%)

Fuente: UICN, 2017

• Planificación de la restauración en los territorios

Específicamente, para la implementación de acciones de control de la deforestación y las actividades de restauración en los paisajes priorizados, se han construido colectivamente los planes locales de desarrollo ambiental sostenible (PLDS), mediante un análisis participativo de las dinámicas de degradación ambiental e identificación de vulnerabilidades, priorizando los sitios a restaurar, las técnicas de restauración correspondientes, y estableciendo las alianzas y acuerdos institucionales para su implementación y el monitoreo de las acciones y sus impactos. Así, en ese ámbito se cuenta con ocho planes que cubren igual número de áreas de conservación. El financiamiento inicial de la implementación de los planes es apoyado, entre otros, por el Fondo de la Iniciativa para las Américas de El Salvador (FIAES) que, en conjunto con los actores locales y la coordinación del MARN, seleccionan las acciones clave a implementar en el territorio.

• Avances en la implementación del Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes

Restauración inclusiva de manglares

La pérdida de la vegetación de playa y la degradación de manglares tiene impactos negativos en la zona costero marina, entre otros conlleva, a una alteración del hábitat de especies marinas y de los sitios clave para la anidación de tortugas marinas y de otras especies migratorias, provocando una caída de las poblaciones de peces, moluscos y crustáceos que sirven de alimento y medios de vida a comunidades costeras; para la pesca artesanal e industrial. De igual forma, disminuye la capacidad de esos ecosistemas para prevenir erosión, inundaciones y marejadas, lo que vuelve urgente y relevante su restauración y conservación.

Se han obtenido avances significativos en acciones de restauración de manglares, aplicando la técnica de Restauración Ecológica del Manglar (REM) a fin de recuperar los patrones hidrológicos normales que controla la distribución, establecimiento y crecimiento exitoso de las distintas especies de manglar. El MARN, en coordinación con actores locales, ha ejecutado distintas actividades de restauración en los sitios críticos de los manglares de la bahía de Jiquilisco, estero de Jaltepeque y de Barra de Santiago.



Figura 114. Restauración Ecológica del Manglar en coordinación con actores locales
Fuente: MARN

Implementación del programa nacional de restauración

Para la implementación adecuada del programa nacional de restauración se identificaron cinco áreas prioritarias, paisajes, que suman el área total a restaurar en el país. Utilizando los planes locales de desarrollo ambiental sostenible; así como otros proyectos en territorio, orientados a la restauración de alrededor de 126 mil hectáreas restauradas hasta diciembre de 2017.

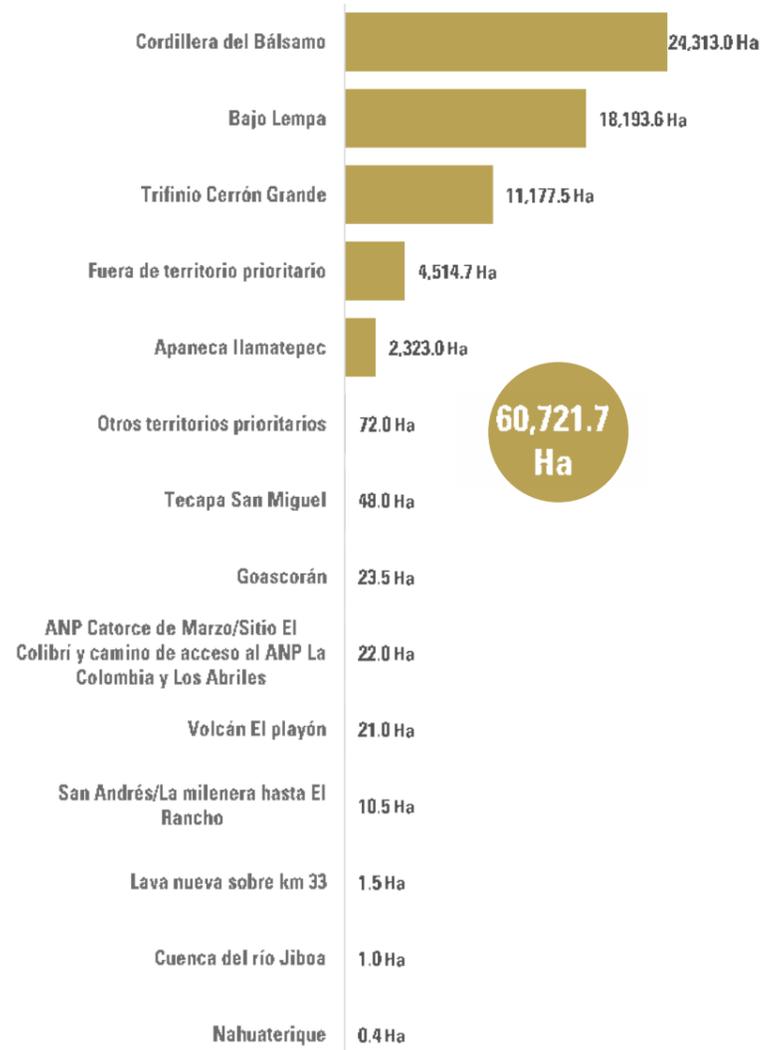
El financiamiento de estas acciones de restauración ha sido con fondos nacionales disponibles, inversión local y financiamiento proveniente de proyectos de cooperación regional. Se estableció un sistema de monitoreo para dar seguimiento y contabilizar las acciones de restauración, que permite identificar los sitios específicos, la información sobre las técnicas utilizadas y el tipo de restauración o transición realizada, así como los impactos ambientales locales logrados para cada lugar (Figura 114). La Figura 115 muestra cifras sobre restauración de paisajes de 2014 - 2017.



Figura 115. Sistema de monitoreo de acciones de restauración
Fuente: MARN, 2018

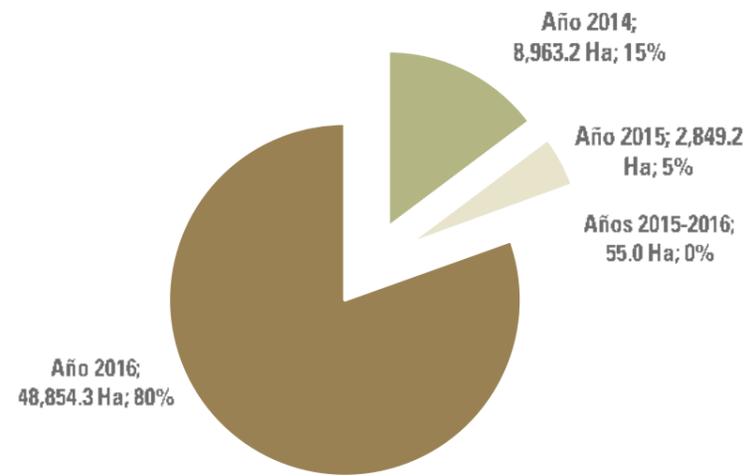
Cifras sobre restauración de paisajes, años 2014-2016

a) Cantidad de hectáreas (Ha) restauradas a 2016

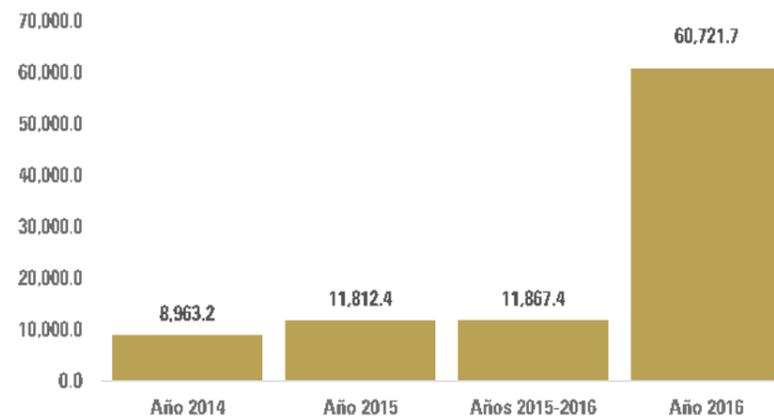


60,721.7 Ha

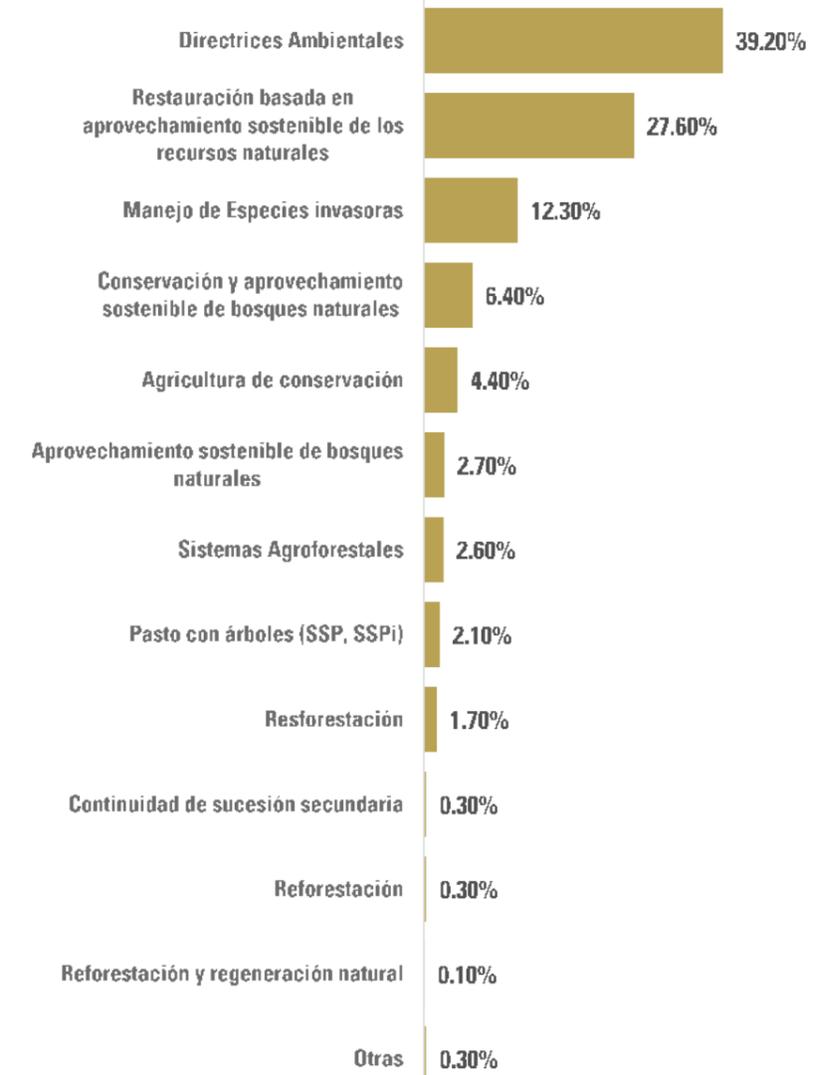
b) Cantidad de hectáreas (Ha) restauradas a 2016, según año



c) Cantidad de Ha restauradas acumuladas, 2014-2016



d) Técnicas de restauración aplicadas desde 2014 a 2016



Anuario estadístico 2016

Figura 116. Cifras sobre restauración de paisajes 2014-2016

Fuente: Anuario Estadístico 2016. MARN, 2017

En diciembre de 2017, con la cooperación de UICN se presentó el Plan de Acción de restauración de ecosistemas y paisajes 2018 - 2022, el cual contiene cinco componentes a implementar: gobernanza; prácticas de restauración; investigación y gestión del conocimiento; mecanismos económicos y financieros; y monitoreo. Se establece una meta para el quinquenio de 400,000 hectáreas a restaurar.



Figura 117. Plan de Acción de restauración de ecosistemas y paisajes de El Salvador 2018 - 2022
Fuente: MARN, UICN 2017

• Rehabilitación de especies amenazadas y en peligro de extinción

Aunque convencionalmente a escala mundial se reconocen cinco categorías de riesgo de extinción de las especies, según su estado de conservación—, bajo la Ley de conservación de vida silvestre se establecen solo dos categorías: especie en peligro de extinción y especie amenazada de extinción. Ambas categorías se basan en el tamaño de la población de cada especie, así como en el número de población aislada de esta, considerando que el número total de individuos fértiles es crítico para mantener su existencia. Cuando estos números disminuyen por debajo de ese tamaño, tamaño efectivo de población, la especie presenta una alta probabilidad de desaparecer irremediablemente.

Las acciones desarrolladas en conservación biológica buscan alcanzar el denominado tamaño mínimo poblacional viable para las especies, acompañado del control y atención de las amenazas que enfrentan cada una de las mismas, particularmente la rehabilitación de los hábitats en el marco de la implementación del Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes.

La Ley de conservación de vida silvestre entiende por especie en peligro de extinción a todas aquellas cuya población ha sido reducida a un nivel crítico o cuyo hábitat ha sido reducido tan drásticamente, que se considera que está en inmediato peligro de desaparecer o ser exterminada en el territorio nacional y, por lo tanto, requiere de medidas estrictas de protección o restauración. Especie amenazada de extinción se refiere a toda aquella que, si bien no está en peligro de extinción a corto plazo, observa una notable continua baja en el tamaño y rango de distribución de sus poblaciones, debido a sobreexplotación, destrucción amplia del hábitat u otras modificaciones ambientales drásticas.

La estrategia seguida por El Salvador para mejorar el estado de conservación de las especies y cambiar su grado de amenaza, ha incluido una intervención complementaria en diferentes aspectos: 1) la restauración y mejora en la conservación del hábitat; 2) la rehabilitación de las poblaciones a través de varias medidas que incluyen iniciativas de incremento de tamaños poblacionales y protección de nidos; 3) mejora en la regulación; 4) establecimiento del sistema de información y monitoreo de las especies amenazadas y en peligro de extinción. Utilizando especies sombrilla como el pajuil, tigrillo, lora nuca amarilla, mono araña, cocodrilo, entre otros; así como la restauración de su hábitat, ha permitido incidir de forma simultánea en varias especies amenazadas, y de igual forma, mejorar el estado de conservación de grupos funcionales de especies.

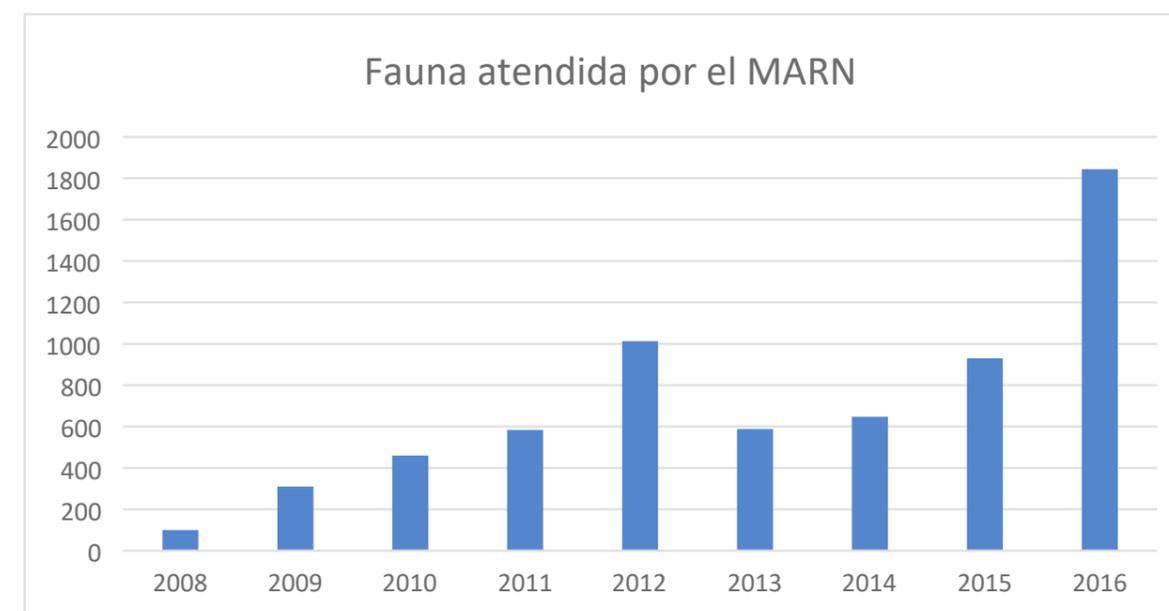


Figura 118. Fauna atendida por el MARN
Fuente: MARN

Rehabilitación de poblaciones de especies de tortugas marinas en El Salvador

Cuatro de las siete especies de tortugas marinas del mundo anidan en El Salvador. Así en las playas del país anidan la tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*), tortuga baule (*Dermochelys coriácea*), tortuga prieta (*Chelonia mydas*) y tortuga golfinia (*Lepidochelys olivacea*). Las tortugas golfinas son más abundantes, seguidas de la prieta, Carey y baule. En el país, las cuatro especies están incluidas en el listado oficial de especies amenazadas y en peligro de extinción. Y mundialmente, la UICN categoriza, a la Carey y baule, como en peligro crítico de extinción; la prieta, como en peligro de extinción y la golfinia como vulnerables.

Las amenazas principales a la anidación de tortugas marinas en las playas salvadoreñas son: la recolección de huevos de los nidos de las tortugas marinas; la alteración de las playas y bloqueo físico en el acceso a los sitios de anidación; contaminación; perturbación física, luminosa y maltrato de tortugas en los sitios de anidación; depredación y daño a nidos por animales domésticos. Siendo la amenaza más importante, en la mayoría de las playas del país, la recolección de huevos para su comercialización.

El área de conservación Jiquilisco, formada por llanuras de inundación en la planicie costera central, contiene ecosistemas boscosos, agroecosistemas, dunas, zonas ecotónicas, dunas y la mayor área de manglares del país. Las 20,000 hectáreas de manglar representan un ecosistema costero único en la región del Pacífico centroamericano, ya que por su estructura fragmentada conforma una laguna costera con influencia de agua dulce y marina, que libera nutrientes hacia el mar, sustentando la productividad primaria de la zona marina e incide significativamente en la cadena trófica de especies comerciales y no comerciales, y por ende en pesca artesanal e industrial.

Los islotes de la parte occidental albergan la única colonia para Centroamérica del rayador americano y las poblaciones más numerosas de algunas especies de aves. Los pastos marinos, únicos en lo nacional, sirven de forraje a peces, moluscos, crustáceos y la tortuga prieta y carey. La bahía de Jiquilisco es el sitio de anidación de mayor importancia del Pacífico Oriental registrando un 40 % del total de anidaciones para la tortuga carey, y en las playas de El Salvador se registra el 70 % de ese total. La alta relevancia ecológica de la bahía de Jiquilisco le ha valido doble reconocimiento internacional con las declaratorias de sitio Ramsar en 2005, y de Reserva de Biósfera en 2007.

El número de nidos de tortugas marinas varía de año a año, reportándose entre 9000 y 21,000 nidos a lo largo de la costa salvadoreña, 321 kilómetros de longitud. Durante décadas prácticamente eran recolectados todos los huevos los cuales se utilizaban para consumo y comercio, y apenas una pequeña parte en proyectos de conservación.

Al final de la década de los noventa se establecían modestamente metas de liberación de 60,000 neonatos. El país ha experimentado una mejora en la vigilancia e inspección continua, por parte del Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA), a fin de verificar el uso adecuado de los dispositivos excluidores de tortugas marinas (TED, por sus siglas en inglés) por parte de las embarcaciones que operan en la costa salvadoreña. A partir de noviembre de 2008, el país cuenta con una veda total y permanente del aprovechamiento de tortugas marinas y sus partes, particularmente sus huevos (acuerdo conjunto del MARN, Acuerdo 74 y del MAG Acuerdo 343). Ambos ministerios realizaron la emisión de regulaciones específicas y necesarias para la debida aplicación y cumplimiento de la veda. El MARN, en coordinación con The Nature Conservancy, realizó un análisis de vacíos de la biodiversidad marino costera de El Salvador e identificaron las playas de anidación para proceder a su debida protección, mediante las directrices ambientales y zonificación del territorio.

Bajo un enfoque de restauración y conservación inclusiva se ha implementado, con bastante éxito, un plan de conservación de tortugas marinas que ha permitido que, durante 10 años, de forma sostenida, se impulsen proyectos comunitarios para el establecimiento de corrales de incubación y la liberación de neonatos, manteniendo promedios de liberación de un millón de neonatos por año (Figura 120).

Además del involucramiento de las comunidades locales, se movilizaron cientos de personas voluntarias, para participar en las acciones de conservación. Como especies carismáticas, la protección de las tortugas marinas ya no es en sí mismo solo un objeto de conservación, sino un medio, debido a que las iniciativas locales ahora buscan cambiar las relaciones con su entorno, ordenar el territorio, adoptar mejores prácticas y crear alternativas económicas y mejores condiciones para un desarrollo local.

Las principales playas donde se han establecido corrales de incubación, y se desarrollan los proyectos de conservación son: Bola de Monte, Barra de Santiago, Garita Palmera, Metalío, Área Natural Protegida Complejo Los Cóbano, Playa El Amor, El Majahual, San Blas, San Diego, Los Pinos (caserío La Cangrejera), El Pimental, Costa del Sol, El Zapote, Isla Tasajera, Ceiba Doblada, Corral de Mulas.



Figura 119. Liberación de tortugas marinas como parte de las acciones para su protección y conservación
Fuente: AES



Liberación de neonatos de tortugas marinas

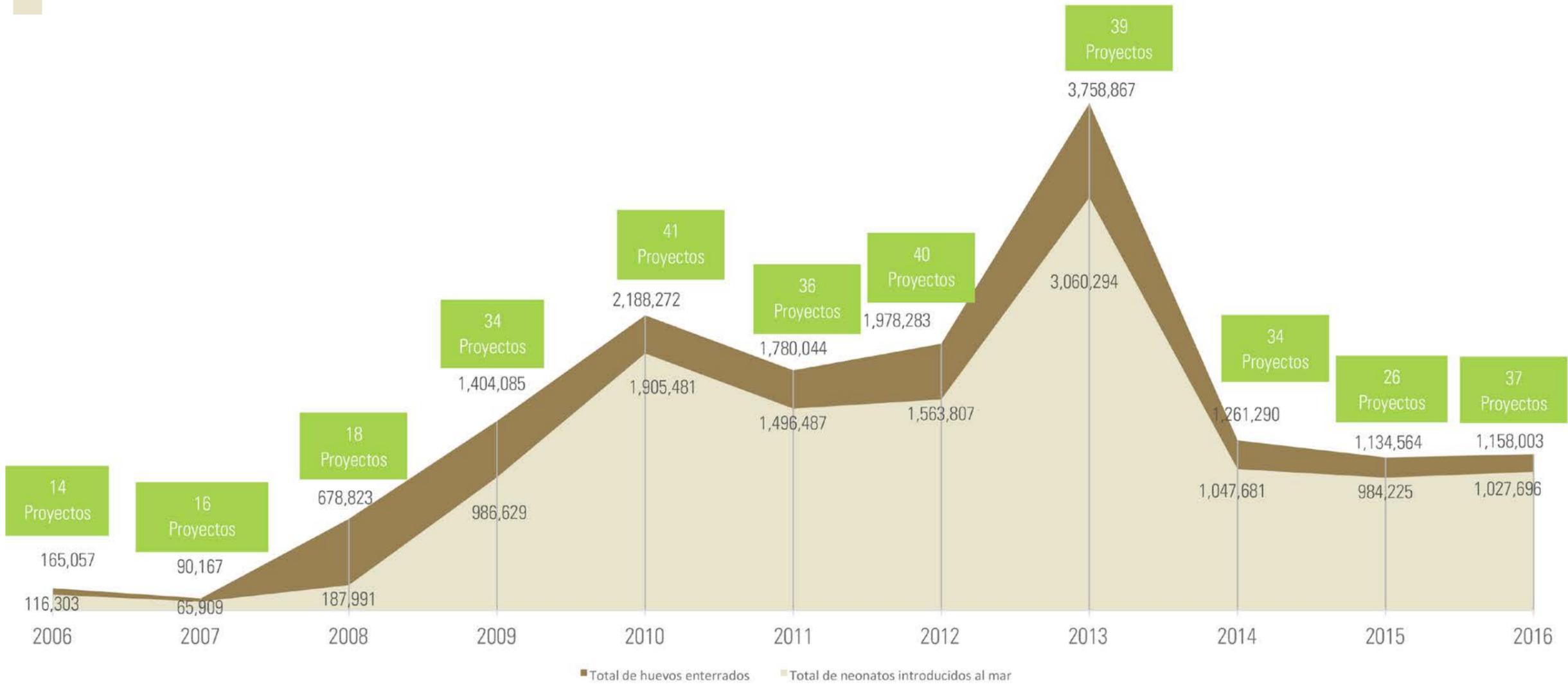


Figura 120. Cifras de neonatos de tortugas marinas, años 2006-2016
Fuente: Anuario Estadístico 2016. MARN, 2017



Regulación de la pesca y rehabilitación de la población de camarones peneidos en El Salvador

El número de embarcaciones camaroneras y los enormes esfuerzos de pesca, realizados al final de los años noventa, llevaron a un estado de amenaza a las especies de camarones peneidos en la costa salvadoreña. Esto motivó a que las autoridades competentes adopten distintas medidas de control, como la revisión del tamaño de la flota de pesca industrial y revisar el número de licencias para desarrollar la actividad y los procedimientos técnicos de otorgamiento de las mismas, así como, establecer acciones y medidas para recuperar las poblaciones y los hábitats de las especies.

A principio de los noventa, la pesca industrial del camarón marino mostró un incremento sostenido de los volúmenes de captura, tendencia que se mantuvo hasta 1996 y, en el año 1997 ya mostró un descenso significativo. En 1998 la región y el sector de pesca y acuicultura sufrió los efectos del huracán Mitch que impactó severamente sobre los ecosistemas costero marinos y sobre las granjas camaroneras de Honduras y Nicaragua en el golfo de Fonseca, liberando camarones de cultivo hacia el mar, los cuales fueron capturados por las embarcaciones, y el sector mostró un incremento de los volúmenes de captura de forma irregular.

Se tiene registro de que en el país, para los años 1995 y 1997, operaban 80 y 85 embarcaciones camaroneras, respectivamente. Ya para el año 1999 se contaban con 87 embarcaciones y 125 licencias. Ese mismo año, el 12 de junio, se emite la Resolución 99 para suspender temporalmente el otorgamiento de licencias de pesca tecnificada para la extracción de camarón, camaroncillo y su fauna de acompañamiento. El 12 de noviembre de 1998 se emite la Resolución 100 en la cual se reduce y fija un número de licencias, quedando en 90 el número máximo de licencias/embarcaciones utilizadas para la pesca tecnificada de camarón, camaroncillo y su fauna de acompañamiento.

En el año 2000 se contaba con 90 licencias y mismo número de embarcaciones operando. Es a partir del 2002 que se aplica una nueva política de gestión y se inicia la implementación de vedas para recuperación de las poblaciones de peneidos, y mejora en la protección, restauración y conservación de los manglares. Para el 2017, se registran 53 licencias y entre 30 y 35 embarcaciones operando.

Establecimiento de planes locales de aprovechamiento sostenible

La sobreexplotación de los recursos biológicos y las inadecuadas prácticas de pesca y recolecta, han llevado a una severa disminución de la población de las especies pesqueras en la zona costera del país, conduciendo, en algunos casos, a una extinción local. Como parte de una estrategia de recuperación poblacional de especies relacionadas con medios de vida, el MARN ha acompañado procesos de organización y autorregulación con las comunidades que aprovechan los recursos de los manglares y que se dedican al marisqueo de bivalvos y cangrejos en las zonas de bahía de La Unión, estero de Jaltepeque, Barra de Santiago y en la parte occidental de bahía de Jiquilisco. Estos procesos se fundamentan en estudios e investigaciones previas sobre el estado de conservación de los recursos, incluyendo los datos sobre las características poblacionales y morfométricas, los cuales fueron realizados con la participación de los actores locales (puncheros y curileros); un inventario de las prácticas y artes de recolecta y pesca utilizadas por las comunidades; un inventario de los curileros y puncheros, especificando las especies aprovechadas por cada uno de ellos.

En este proceso es de suma importancia la toma de acuerdos comunitarios sobre el uso y aprovechamiento de los recursos, fundamentados en principios de sostenibilidad. Estos acuerdos, plasmados en los planes locales de aprovechamiento sostenible, abordan la autorregulación espaciotemporal de las actividades a fin de lograr metas establecidas de protección, manejo y aprovechamiento, definiendo las tallas permitidas y números máximos permisibles, y adoptando directrices de zonificación y en algunas ocasiones, periodos de veda. Estos procesos han permitido, recuperar las poblaciones de especies aprovechables, y a la vez, impulsar de forma más efectiva, las acciones locales tendientes al uso y aprovechamiento sostenible de estos recursos y al mantenimiento de los medios de vida de las comunidades locales de la zona.

Hasta la fecha ya se cuentan con 14 planes locales en funcionamiento o en fase final de construcción en los siguientes sitios: bahía de Jiquilisco (Cucho de Monte; puerto Ávalos; isla de Méndez; Corral de Mulas; Puerto Parada, y sector occidental de bahía), en el estero de Jaltepeque (La Pita y Sur de Tecoluca; Tasajera, La Colorada, San José de la Montaña); Barra de Santiago (Jujutla); Garita Palmera (San Francisco Menéndez); Metalío/Acajutla; y Pasaquina (Barrancones).

Mejora en la regulación del aprovechamiento y manejo de la fauna silvestre

La emisión, en mayo de 2009, del Reglamento especial para regular el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres según la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), permitió un ordenamiento y mejora en la coordinación del MARN, como autoridad científica para vida silvestre y el MAG como institución responsable de la administración de CITES para El Salvador.

El reglamento estableció claramente los roles y responsabilidades de ambas instituciones, así como el rol de observancia, en el marco de sus competencias, a la Fiscalía General de la República, la Policía Nacional Civil y la Dirección General de Aduanas. Esto ha permitido un avance significativo en la aplicación de la Ley de vida silvestre y de las disposiciones de la Convención CITES.

Se ha mejorado las actividades de protección y conservación de la vida silvestre, avanzado en el inventario y monitoreo de algunos grupos. Los dos ministerios (MARN y MAG), elaboraron instructivos y establecieron procedimientos para regular, en sus competencias, los diferentes usos de la vida silvestre en el caso del MARN, y comercio en caso del MAG. Se desarrollaron campañas importantes de educación y concienciación sobre el impacto del comercio y la tenencia de vida silvestre sobre las poblaciones naturales.

Para la rehabilitación de especímenes de fauna, destacar el fortalecimiento de capacidades institucionales y de recursos humanos que ha tenido el MARN, en particular el Centro de rescate de las oficinas de La Cañada en La Unión, e instalaciones para atender y rehabilitar especímenes de fauna en sus oficinas centrales.



6

Conservación y uso del suelo



La tierra ha sido siempre un recurso escaso en El Salvador. El acceso a la tierra y los esfuerzos por encontrar usos alternativos para ella han configurado el entramado de la historia social, económica y política del país. El desarrollo del modelo económico de agroexportación, sobre la base de un proceso de acelerada concentración de la tierra y depauperación del campesinado, generó una dinámica de expulsión de la población rural hacia las zonas urbanas y/o hacia el exterior, que ha determinado la dinámica sociodemográfica del país y la distribución y los usos del territorio hasta la fecha. Un proceso que se corresponde, vis a vis, con la manera clásica en que las relaciones de producción e intercambio capitalistas se despliegan sobre el territorio a partir de la aniquilación de formas de vida basadas en el trabajo no asalariado y la producción para el autoconsumo.

Desde el punto de vista ambiental, es importante distinguir conceptualmente en el análisis de dos aspectos constituyentes del fenómeno: el suelo como espacio sobre el cual se desarrollan los procesos de ocupación humana, como puede ser la urbanización y las actividades productivas; y el suelo como recurso propiamente ambiental, que en cuanto tal es un componente básico de los ecosistemas. Desde luego, los dos aspectos están inextricablemente entrelazados, pero es importante distinguirlos analíticamente con el fin de aplicar correctamente el esquema de Presión-Estado-Respuesta al análisis del suelo.

Desde el punto de vista del suelo como espacio, las mayores presiones antrópicas han estado relacionadas con dos dinámicas principales. Por una parte, con el proceso de urbanización y la distribución de las actividades económicas y la población sobre el territorio; por la otra, con la demanda de tierras para actividades agropecuarias. Dinámicas, ambas, que se han desarrollado en un contexto general de alta vulnerabilidad del territorio debido a procesos geodinámicos como el vulcanismo y la tectónica, así como las amenazas crecientes del cambio climático.

Desde el punto de vista del suelo como recurso, la intensa explotación a la que ha sido sometido el territorio salvadoreño ha provocado que los ecosistemas naturales (bosques continentales y salados) hayan experimentado una reducción considerable, al grado que la cobertura boscosa (excluyendo las plantaciones de café) apenas abarca el 10 % de la superficie del país (MINEC, 2011), con efectos devastadores sobre la degradación del suelo y la capacidad de regulación hídrica de los suelos y magnificado también los impactos del cambio climático.

La infiltración en el suelo y la acumulación del agua subterránea es clave para la regulación hídrica. Si el suelo no es capaz de infiltrar agua, se afectan los acuíferos que alimentan el caudal base de los ríos en época seca y se incrementan las escorrentías, aumentando las inundaciones y la erosión. A consecuencia del cambio climático esta situación se agrava con la ocurrencia, cada vez más mayor, de lluvias intensas y temporales, pero también durante épocas de sequía, cuando la lluvia es menor y las comunidades deben sobrevivir a partir del uso del agua almacenada (MARN, 2013e).

En el caso del suelo urbano, las presiones que ejercen los procesos de urbanización sobre las zonas de recarga contribuyen a la impermeabilización de las mismas, lo que reduce la infiltración y por ende la reducción de las aguas subterráneas, factor que, sumado a la sobreexplotación de acuíferos, impacta la oferta y disponibilidad de agua, contribuyendo a exacerbar la inseguridad hídrica del país (MARN, 2014b).

La distinción espacio-recurso es igualmente útil para evaluar el estado de los suelos por efecto de las presiones antrópicas ejercidas sobre ellos. Desde el punto de vista del estado del suelo como espacio, este capítulo se centra en el análisis de la ocupación y los usos del suelo para producción agropecuaria y desarrollo urbano, la estructura de

la tenencia de la tierra y el marco normativo del ordenamiento territorial. Desde el punto de vista del suelo como recurso, el énfasis se pone sobre la conversión de las zonas boscosas del país en zonas de producción agropecuaria mediante la roturación de terrenos poco aptos para el cultivo, aunado al abuso de agroquímicos y otras prácticas no sustentables, que en conjunto han causado fuerte erosión y pérdida de suelo fértil, contaminación del suelo y agua, acidificación de los suelos, pérdida de biodiversidad y grandes alteraciones del paisaje.

Adicionalmente, el cambio climático está provocando una variabilidad creciente del clima que se expresa en alteraciones radicales en los regímenes de lluvia en tiempo y espacio, generando excesos y disminución de la misma en el territorio y desatando deslizamientos, cárcavas, inundaciones y sequías. Las lluvias de gran intensidad se están volviendo más frecuentes, la distribución espacial y temporal de las precipitaciones es mucho más irregular, y ha aumentado el número de sistemas ciclónicos originados en ambos océanos, que inciden sobre el territorio y se suman a las presiones antrópicas sobre el suelo.

Dado que el escenario nacional de degradación ambiental y usos inadecuados del suelo ha sido resultado, en gran medida, de la ausencia de un marco adecuado de planificación territorial, la respuesta institucional a tal situación ha priorizado políticas de ordenamiento del territorio, entre las cuales destacan la aprobación de la Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (LODT) y las iniciativas de zonificación ambiental impulsadas por el MARN orientadas a promover un desarrollo urbano y rural equilibrado y sustentable. Estas respuestas atañen más al carácter del suelo como espacio.

Las respuestas institucionales, sin embargo, incluyen también políticas encaminadas al tratamiento del suelo como recurso, como muchas de las incluidas en la Estrategia Nacional de Biodiversidad y otras políticas de recuperación del suelo integradas en el Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP), así como en varias de las políticas del MARN y MAG encaminadas a impulsar la transición de la agricultura convencional a una agricultura sustentable sobre la base de la expansión masiva de la agroforestería y la zonificación agroecológica del país, para adecuar los tipos de cultivos a las nuevas condiciones que impone el cambio climático.

6.1. Estado del conocimiento y conservación del suelo en El Salvador

En El Salvador se cuenta con un mapa pedológico elaborado por el proyecto CENTA-FAO-LADERA en 1998 que, corresponde a una actualización del mapa previamente elaborado por la Universidad de El Salvador. El mapa presenta la distribución por grupo de suelo, de acuerdo al sistema de clasificación de suelos de la FAO, donde se identifican los siguientes tipos: fluvisoles o aluviales, andosoles o andisoles, latosoles arcillosos rojizos, latosoles arcillosos ácidos, grumosoles, litosoles, regosoles y halomórficos. Muestra y describe las características y propiedades de las clases taxonómicas de suelo, analizando su evolución y las condiciones responsables de su formación como forma de comprender los procesos edafogénicos.

Suelos

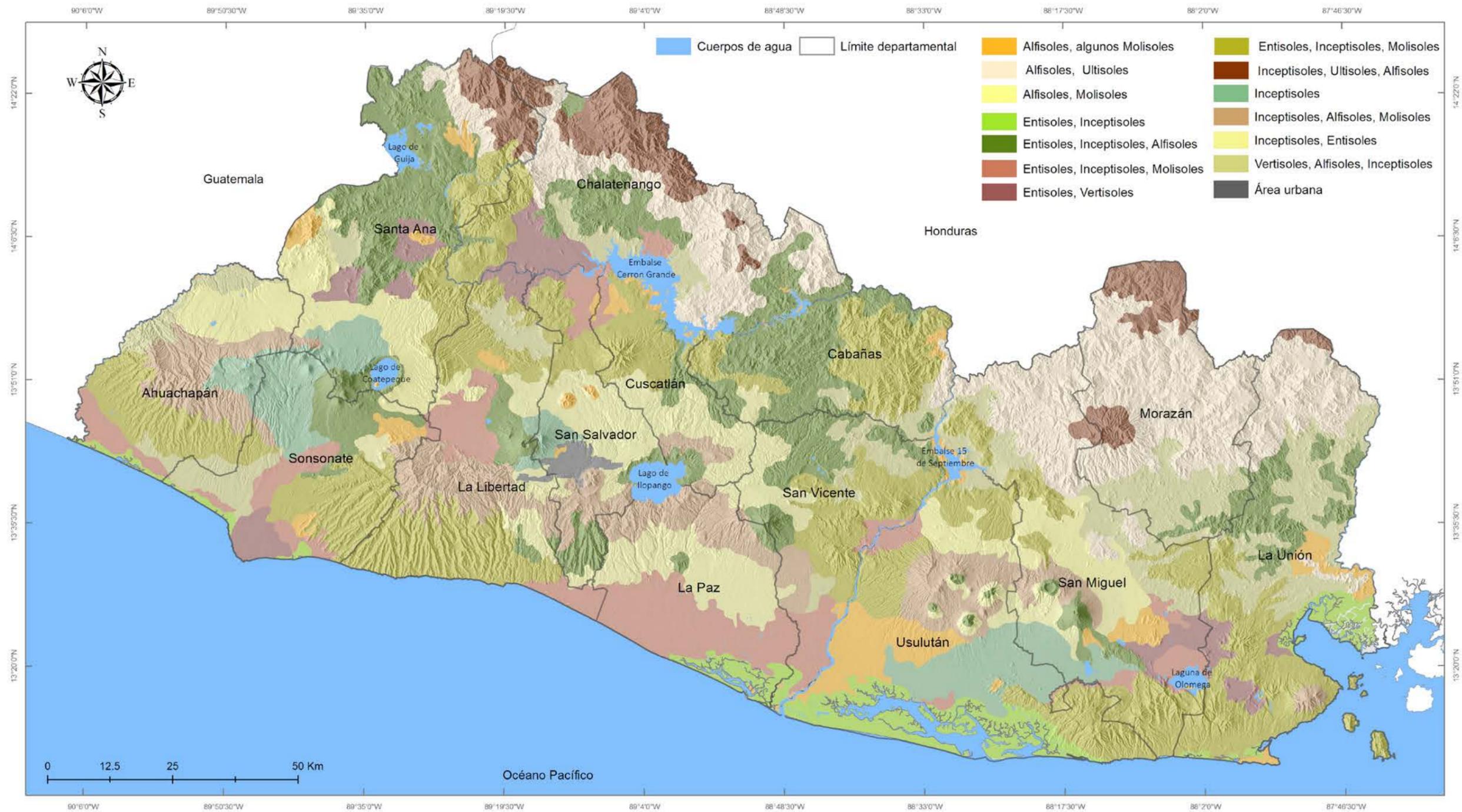


Figura 121. Mapa Pedológico de El Salvador
Fuente: Proyecto CENTA-FAO-LADERA, 1998

Basándose en el mapa pedológico e información relevante, se ha adaptado y elaborado el mapa edafológico de El Salvador, con el cual se ha logrado profundizar en la descripción de las características y propiedades del suelo, analizando su evolución y las condiciones responsables de su formación.

Clasificación agrológica

El territorio de El Salvador ha sido clasificado en función de su capacidad productiva mediante las ocho clases agrológicas definidas en la metodología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés). La base ha sido la interpretación de los efectos combinados del clima, la topografía y las características del suelo, sus limitaciones de uso, su fertilidad, sus requerimientos de manejo y sus riesgos de erosión.

El estudio agrológico o de capacidad de uso de la tierra es en realidad un estudio interpretativo del comportamiento productivo que se espera de un suelo, deducido a partir de la influencia que ejerce cada uno de los factores introducidos en el análisis. La clasificación empleada en el análisis agrológico de El Salvador, es el denominado Sistema Americano (USDA)²⁹, modificado con objeto de adaptarlo a las necesidades propias del país. Dado que no se trata del sistema de clasificación estándar, presenta ciertas particularidades en la definición de las clases y subclases empleadas. Las clases agrológicas utilizadas definen diferentes niveles de aptitud productiva y de riesgo de deterioro del suelo en un gradiente de mayor a menor potencial, siendo las tierras incluidas en la Clase I las que mejores características presentan para una actividad agropecuaria intensiva y, por el contrario, las tierras incluidas en la Clase VIII aquellas de menor potencial.

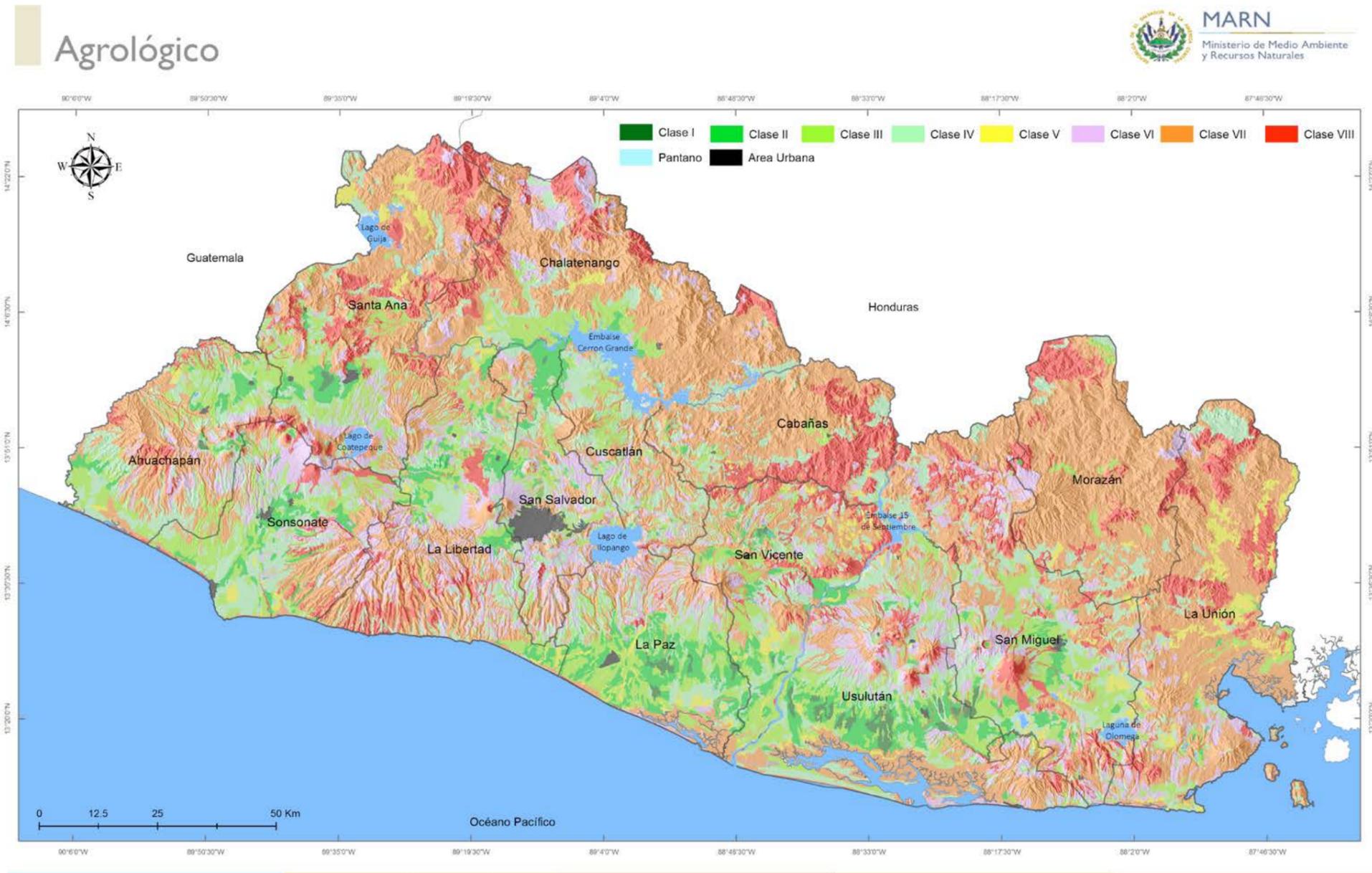


Figura 122. Agrológico de El Salvador
Fuente: MARN

²⁹ Elaborado por el Soil Conservation Service de USA según el sistema propuesto por Klingebiel y Montgomery (1961).

En el mapa se muestra que prácticamente la mitad de la superficie útil del territorio salvadoreño pertenece a las clases agrológicas VII y VIII, con apenas aptitudes productivas desde el punto de vista agrícola. Estas clases se concentran en los principales relieves del territorio: la Cadena Fronteriza, la Cadena Interior y la Cadena Costera, y especialmente en la franja norte del país. Del 50 % restante, dominan las clases III y IV de aptitudes agropecuarias medias. Las clases I y II, las de mayor calidad por su capacidad productiva, están mucho menos representadas, con tan solo un 6 % de la superficie del país. Las distribuciones espaciales de estas clases están estrechamente relacionadas; observándose, en general, que las tierras de mayor potencial están rodeadas sucesivamente por tierra de menor capacidad. En el conjunto del territorio nacional, las clases I y II se extienden sobre la mayor parte de la planicie costera y una fracción relativamente minoritaria de la Fosa Central.

6.2. Cartografía digital de suelos

En el marco del proyecto impulsado por la FAO en 2017, Sistema de Información de Suelos de Latinoamérica y El Caribe (SISLAC), se generó cartografía digital de suelos preliminar, a partir de datos cuantitativos de propiedades de suelos, las cuales fueron procesadas mediante metodologías y uso de software (libre) principalmente R y Saga Gis. Se utilizó una imagen de satélite LandSat 7 ETM, con 30 m de resolución pixelar y 7 bandas multiespectral con resolución temporal enero-abril 2015. Se construyó una base de datos de los perfiles de suelos nacional.

Mediante un trabajo coordinado y participación de expertos en sistemas de información geográfico y en suelos del MARN, CENTA y de la Universidad de El Salvador (UES), con asesoría del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), se elaboraron los mapas de atributos de suelos: profundidad total, profundidad efectiva, carbono orgánico, pH, arena, limo, arcilla, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico. Estas características representan un indicador general de la distribución de las propiedades del suelo en el país.

Estos mapas fueron elaborados a través de la generación de covariables y el cruce de estas los con perfiles de suelos del país. Se ha conseguido la generación e intersección de horizontes artificiales, propiedades del suelo y covariables ambientales, apoyado con un análisis exploratorio de datos, y la generación de modelo de tendencia global por propiedad y profundidad.

Para la elaboración de estos mapas se utilizaron los datos e información de 33 perfiles de suelos de la base de datos de perfiles de suelo nacional, que en la actualidad cuenta con información de 219 perfiles. Adicionalmente existe la base de datos que contiene la información de los cuadrantes del levantamiento general de suelos de El Salvador (Escala 1:50,000) realizado entre 1959 y 1990, la base de datos cuenta con un componente gráfico (mapa) y el componente descriptivo (fisiografía, tipo de suelos, drenaje, área, clasificación taxonómica a nivel de series, autores, entre otros.). La base de datos fue construida en dos fases; una fase inicial realizada por el proyecto CENTA-FAO "Agricultura sostenible en zonas de ladera" en 1997, y una segunda fase continuada por CENTA que corresponden a los trabajos desarrollados en los años 2000, 2001 y 2002.

Para la elaboración de los mapas de atributos de suelos se siguió una metodología y procesos paso a paso; iniciando con la generación de covariables ambientales, el cruce de estas con los perfiles de suelos, la generación de horizontes artificiales e intersección de los mismos con las propiedades del suelo. Luego se realizó un análisis exploratorio de datos, y la generación de modelo de tendencia global por propiedad y profundidad, seguido de la aplicación de Kriging de los residuos por propiedad y profundidad. Como fue descrito anteriormente, la cartografía generada fue: mapas de profundidad, profundidad efectiva, profundidad total, de Carbono orgánico, de pH, de arena, Limo, Arcilla, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico.

Es importante considerar que estos mapas fueron elaborados a partir de una muestra de información cuantitativa sobre atributos de suelos, por lo que deben considerarse como un indicador general de la distribución de las propiedades del suelo en el país.



Figura 123. Muestra de tipos de suelo en El Salvador
Fuente: MARN

Profundidad del suelo

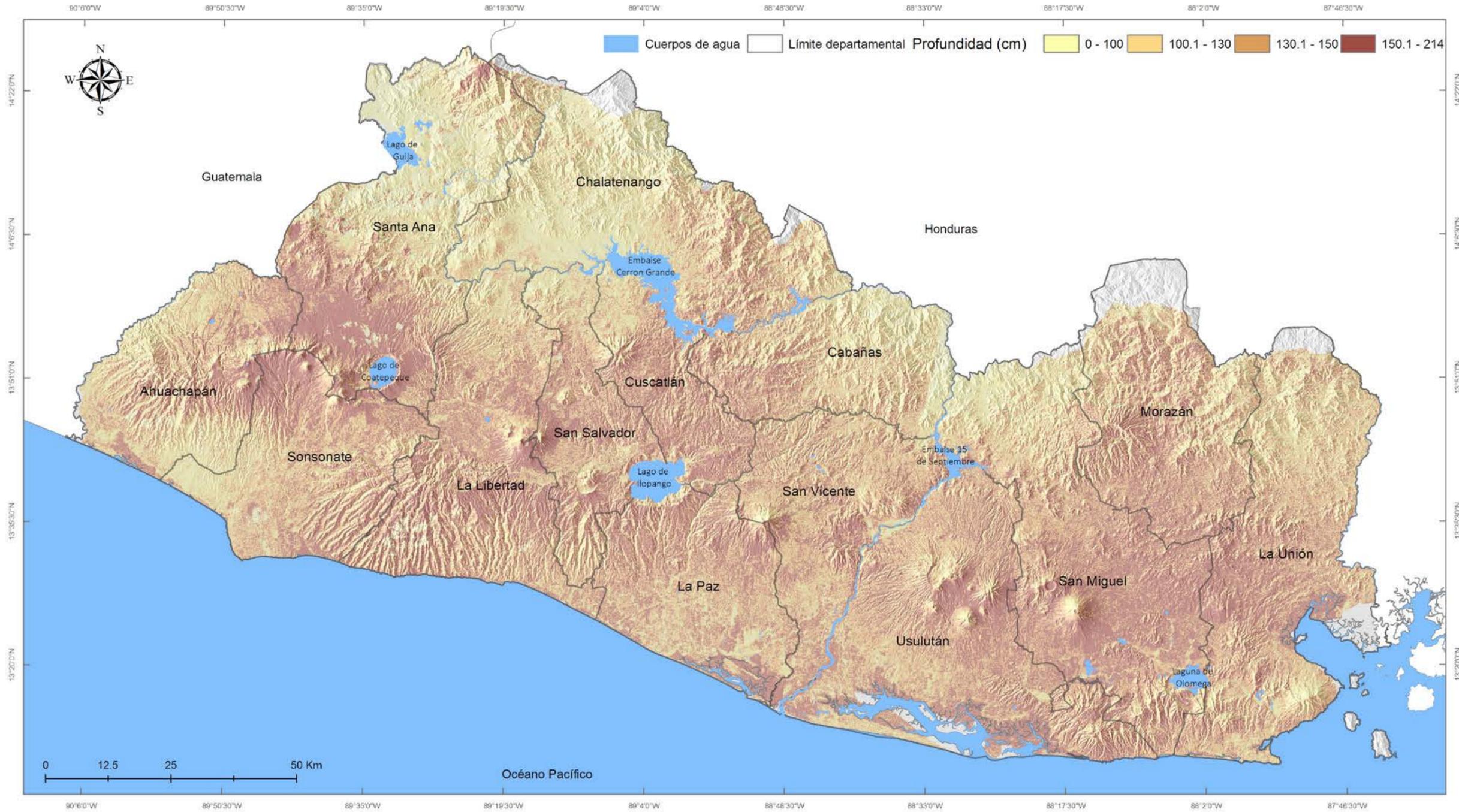


Figura 124. Profundidad del suelo
Fuente: Sistema de Información de suelos de Latinoamérica y el Caribe, MARN-CENTA, 2015



MARN
Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Naturales

Carbono orgánico del suelo (profundidad de 5 a 15 cm)

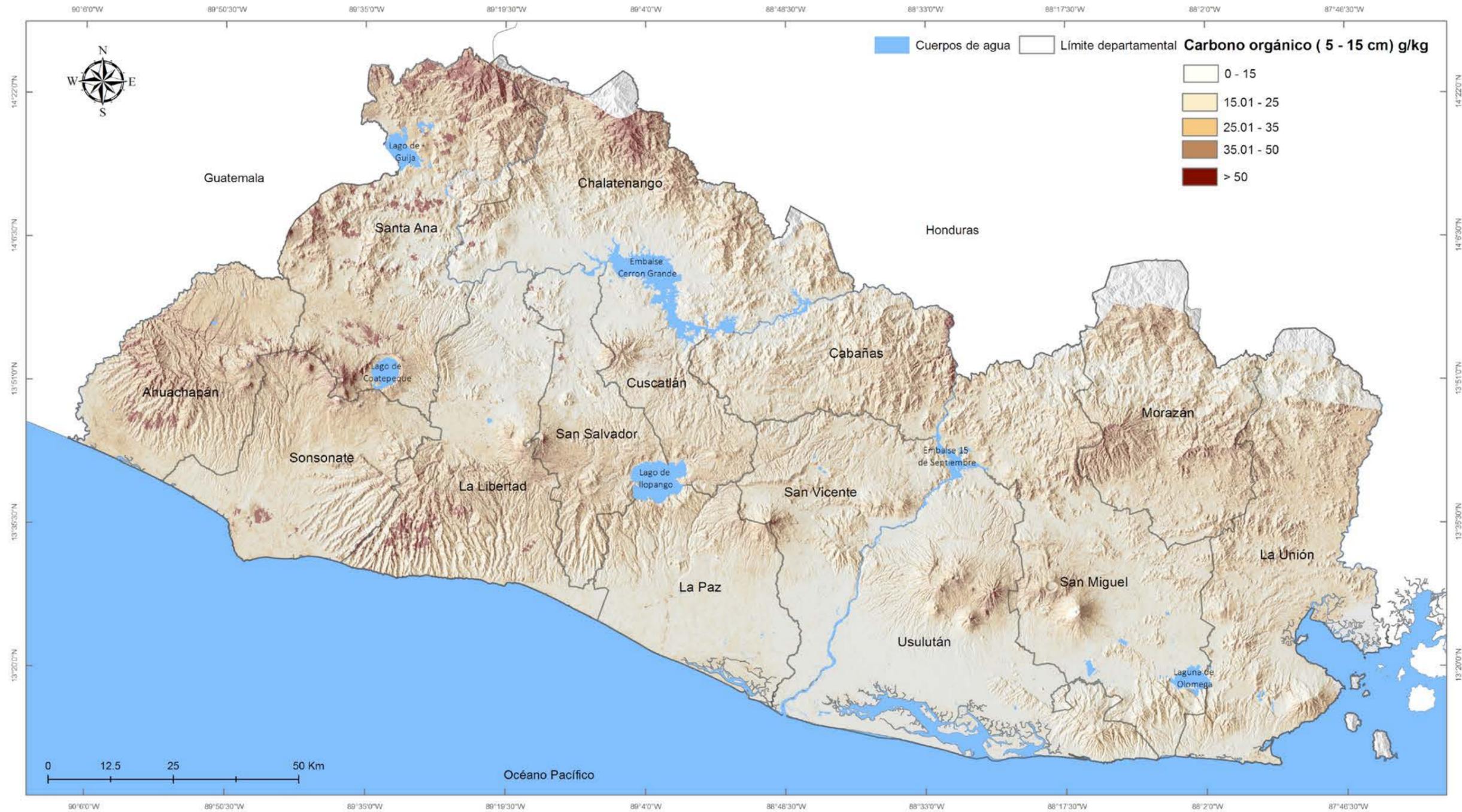


Figura 125. Carbono orgánico del suelo (profundidad de 5 a 15 cm)
Fuente: Sistema de Información de Suelos de Latinoamérica y el Caribe, MARN-CENTA, 2015



Capacidad de intercambio catiónico del suelo (profundidad de 5 a 15 cm)

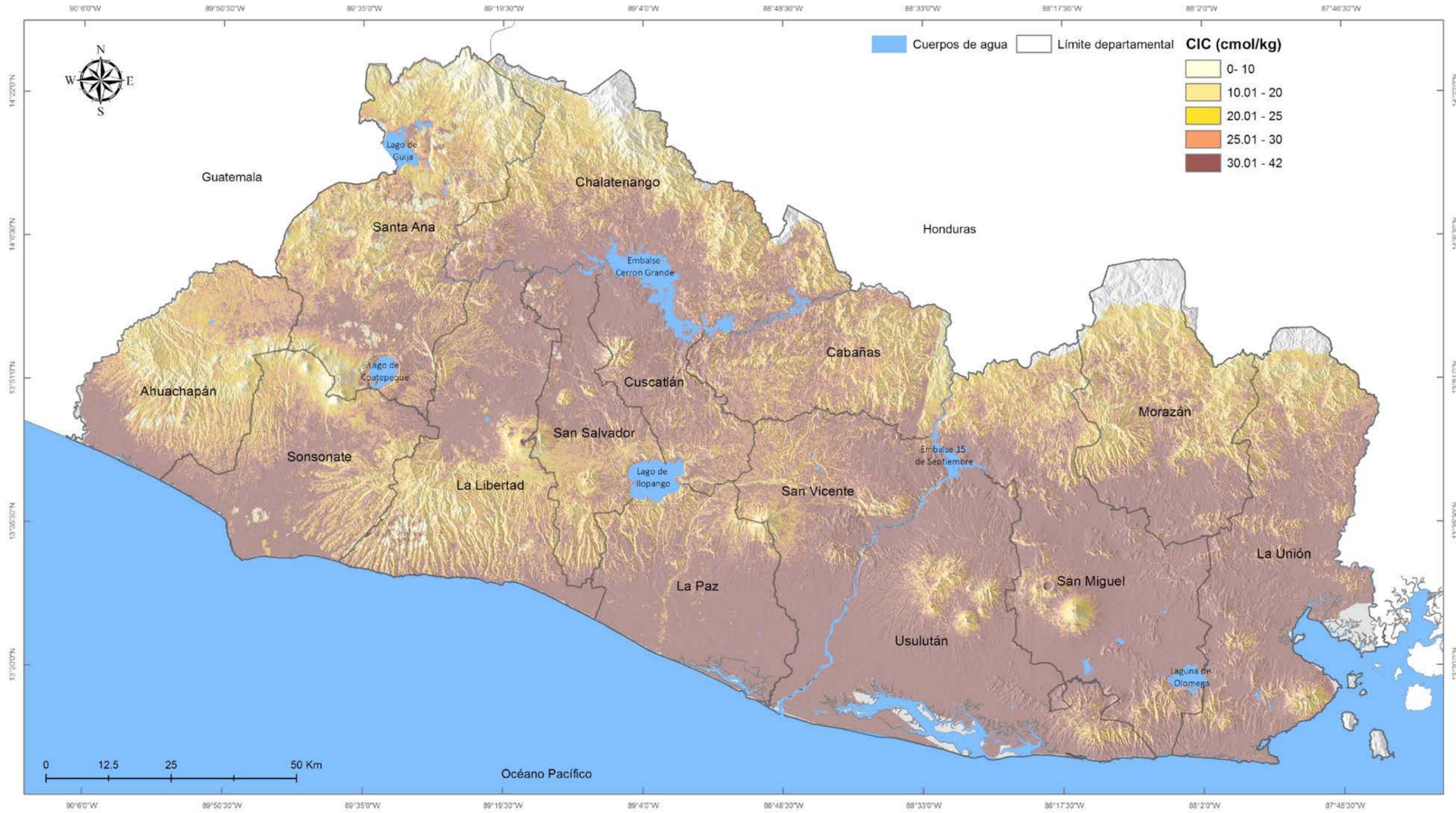


Figura 126. Intercambio catiónico del suelo
Fuente: Sistema de Información de suelos de Latinoamérica y el Caribe, MARN-CENTA, 2015

pH del suelo (profundidad de 5 a 15 cm)



Figura 127. pH del suelo
Fuente: Sistema de Información de Suelos de Latinoamérica y el Caribe, MARN-CENTA, 2015

Profundidad efectiva del suelo

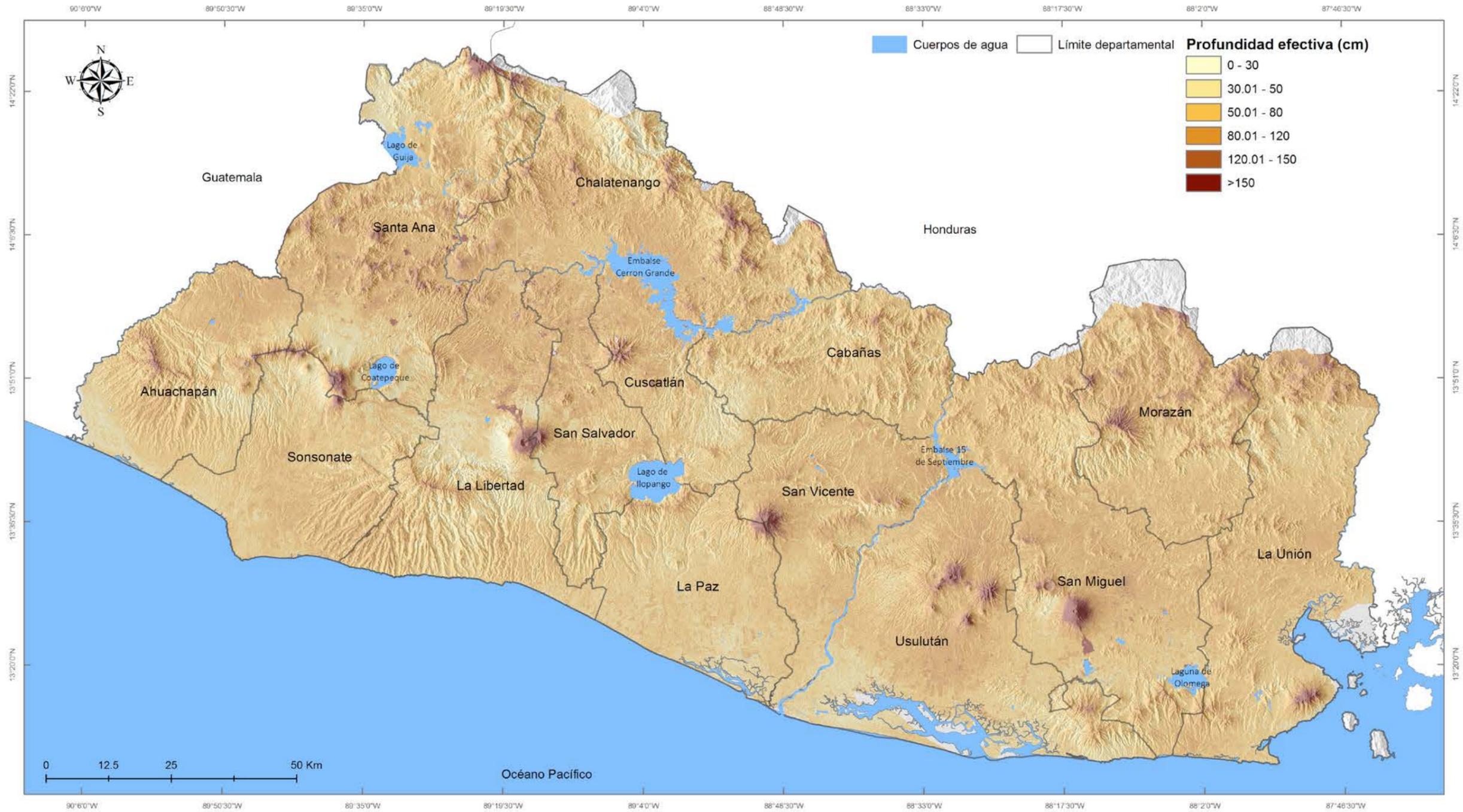


Figura 128. Profundidad efectiva del suelo
Fuente: Sistema de Información de suelos de Latinoamérica y el Caribe, MARN-CENTA, 2015

Las metodologías de mapeo digital de suelos se han potenciado, con apoyo de *Catholic Relief Services* (CRS), a través del fortalecimiento de capacidades para la generación de cartografía digital temática, funcional para la toma de decisiones. En el proceso de fortalecimiento de capacidades aún en desarrollo, participan expertos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de El Salvador, expertos en sistemas de información geográfica de CENTA y MAG-DGFCR y representantes de MARN.

El mapa nacional de carbono orgánico del suelo (COS) de la República de El Salvador fue construido a partir de tres fuentes de información: (1) datos sobre perfiles de campo obtenidos en tres campañas de levantamiento de suelos, (2) información temática sobre geología, clima, uso del suelo y vegetación y (3) mediante el procesamiento de imágenes de satélite y modelos de elevación del terreno.

El proceso para generar el mapa orgánico del suelo está basado en ocho etapas clave: (1) la integración del sistema de información, (2) el tratamiento (filtro, completitud, homologación) de los datos de campo, (3) la interpretación detallada de cada covariable de estudio para encontrar las funciones de información más precisas y congruentes, (4) el análisis de correlación para cada uno de los factores ambientales y procesos de suelos observados en los sitios de estudio, (5) la generación de un primer mapa de calibración, basado en criterios de diagnóstico observables, medibles y relacionados con el contenido de carbono, (6) la generación del modelo de predicción espacial más ajustado a los umbrales del mapa de calibración y representado un kilómetro de resolución, (7) la generación del mapa de errores individuales e incertidumbre acumulada y (8) el inicio del proceso de propagación de datos de almacenes de carbono hacia píxeles de mayor resolución (100 a 30 m) a partir de las funciones matemáticas evaluadas en las anteriores etapas.

Los valores de profundidad fueron obtenidos a partir del conocimiento de la función entre la inclinación de la pendiente y la profundidad de los diferentes calificadores de suelos encontrados en la superficie de El Salvador. Los valores de carbono resultan de la relación entre la densidad de cada estrato de cobertura vegetal y la cantidad de carbono medido en las muestras de campo. Los valores sobre densidad aparente fueron estimados indirectamente a partir del nemograma publicado en el Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo (Siebe C, Stahr Karl), el cual considera la estimación semicuantitativa de la densidad aparente del suelo a partir de variables con fuerte relación lógica tales como (1) clase textural dominante y contenido de arcilla de la muestra de suelo, (2) forma, tamaño y desarrollo de la estructura, (3) grado de compactación reflejado en la consistencia en seco y en húmedo, (4) grado de adhesividad y plasticidad del terrón e (5) intensidad del carbono orgánico (en términos porcentuales). No existen valores de pedregosidad desde campo por lo que fueron estimados indirectamente mediante interpretación satelital y análisis de datos geológicos y de relieve.

El mapa de calibración de COS tiene como objetivo analizar la calidad y congruencia de los datos de campo y las covariables disponibles. El modelo de predicción espacial, por su parte, tiene el objetivo de actualizar con mayor rapidez los indicadores sobre almacenes e incertidumbres de nuevos datos de campo o mejores coberturas temáticas disponibles a partir del mejor ajuste respecto al mapa de calibración.

En el caso de El Salvador fueron implementados cinco modelos predictivos usando el paquete caret de R: 1) máquinas de soporte vectorial, 2) bosques aleatorios 3) regresión parcial de mínimos cuadrados, 4) vecinos cercanos basados en kernels ponderados y 5) *regression-kriging* basado en regresión lineal múltiple. Las covariables empleadas están disponibles a iniciativa de *ISRIC-World Soil Information worldgrids.org*. Los mapas de calibración y predicción de COS son evaluados actualmente por un comité de expertos en suelos de El Salvador, apoyados técnicamente por la coordinación del Pilar 4 de la Alianza Mundial de Suelos de la FAO, la Universidad de Delaware y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México.

Se plantean cuatro criterios para cuantificar el nivel de error en un conjunto de datos:

- Detalle.** Es el nivel de desagregación de los datos de campo. Por ejemplo, la fuente de información denominada perfiles-1960 contiene datos de carbono disponibles a nivel de cada espesor de capa u horizonte de suelo, en cambio, la fuente Centa-2010 contiene datos de carbono únicamente para un estrato fijo de profundidad.
- Densificación.** Es el número de observaciones en campo. Este criterio está relacionado con la distribución espacial de los datos en la superficie de El Salvador. Este valor está bastante relacionado con la inversa de la varianza de los valores de carbono orgánico de suelo, sugerido por el Servicio Forestal de Estados Unidos para la estimación de incertidumbres por levantamientos a diferente escala de trabajo.
- Dispersión.** Grado de homogeneidad o heterogeneidad de los datos a partir de los Coeficientes de variación (C_v), obtenido a partir del cociente entre la desviación típica y la media de carbono orgánico para cada grupo o calificador principal de suelo. Este parámetro se ha empleado debido a que no existen valores de origen negativo y porque, además, los valores de los promedios no son iguales o cercanos a cero.
- Representatividad.** Evaluación por experiencia de la congruencia entre la información obtenida en campo y la información de carbono propagada al interior de los polígonos de suelo.



Figura 129. Evidencia del deterioro del suelo en San Ildefonso
Fuente: MARN

6.3. Reservas de carbono en el suelo y la biomasa arbórea

Mancomunidad La Montañona, proyecto ABES

La cuantificación precisa y económica de reservas de carbono en la biomasa arbórea y en el suelo, es esencial para incluir a los productores agrícolas en las estrategias para la mitigación al cambio climático. En el estudio desarrollado en la Mancomunidad La Montañona, se estimó el carbono almacenado en la biomasa arbórea y en el suelo en varias clases de cobertura.

Los bosques almacenan más carbono que otras clases, pero el carbono almacenado en los bosques es bajo comparado con otros estudios hechos en esta región, indicando que la mayoría de bosques, en esta área de estudio, están degradados y/o están compuestos de regeneración secundaria. Los objetivos específicos del estudio se basaron principalmente en desarrollar una línea base para monitorear la degradación y modelar resultados de potenciales usos de la tierra, proveer información a los interesados en el proyecto, autoridades y tomadores de decisión para lograr metas múltiples y productivas, y continuar mejorando métodos, para cuantificar y monitorear indicadores de la salud de ecosistemas en paisajes de fincas heterogéneas de pequeños agricultores.

Las reservas de carbono almacenadas en el suelo superficial se estimaron usando el método de masa acumulada y se calcularon como Mg C ha⁻¹ por 1000 Mg ha⁻¹ de suelo, lo que equivale a cerca de los 20 cm del suelo (Gifford and Roderick, 2003).

Las reservas de carbono en el suelo superficial variaron de 2.9 a 54.4 Mg ha⁻¹ con un valor promedio de 11.8 Mg ha⁻¹. Los resultados en el suelo superficial indican que los valores más altos son predichos para la región noroeste de la zona de estudio, cerca de Llano Grande y La Montañona, un área observada, bastante productiva y de manejo intensivo. Se identificó una fuerte relación entre carbono en el suelo superficial y la elevación, con las reservas de carbono más grandes en las elevaciones más altas.

El estudio de macro fauna edáfica realizado recientemente por investigadores de la Universidad de El Salvador y el Dr. Steve Fonte, en el marco del Proyecto ABES-CIAT, en parcelas agrícolas de la Mancomunidad La Montañona indican que, la macro fauna edáfica es sensible a los cambios de materia orgánica, el porcentaje de humedad, el pH, fertilidad del suelo, las prácticas agrícolas realizadas por el hombre y el uso de fertilizantes y plaguicidas. Estos grupos presentan hábitos alimenticios que puedan ser: herbívoros, detritívoros, depredadores (carnívoros) y fungívoros.

El estudio concluye que las poblaciones de la macro fauna edáfica son variables dependiendo de una serie de factores relacionados con la naturaleza y propiedades del suelo, así como del historial de su manejo. El estrato más profundo de muestreo (10 – 30 cm) tiene menor riqueza de grupos de organismos y menor abundancia, que la superficie y los primeros 10 cm de profundidad del suelo, y la mayor riqueza y abundancia de organismos ocurre en el estrato entre los primeros 10 cm de profundidad del suelo. Algunos organismos como las hormigas y las termitas, con frecuencia, suelen ser predominantes en términos de su abundancia debido a que son organismos sociales.

6.4. Problemática de la degradación del suelo en El Salvador

En el país, las prácticas no sustentables de uso del suelo, utilizadas en la agricultura convencional, caracterizadas por la sobrelabranza, quemas de rastrojos, el uso excesivo de los agroquímicos -como los pesticidas, herbicidas y fertilizantes químicos-, y el sobrepastoreo, afectan a las comunidades de organismos del suelo y, consecuentemente, su calidad y productividad, amenazando la producción de alimentos y la seguridad alimentaria.

El cambio climático se manifiesta con un aumento de la temperatura, la variación de las precipitaciones y la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos, aumenta la presión y degradación de los suelos. El alto grado de degradación del suelo incrementa la vulnerabilidad de la agricultura frente a la variabilidad climática y ocurrencia de eventos extremos hidrometeorológicos.

En general, los procesos de degradación del suelo son severos. Anualmente se pierde, por erosión, 59 millones de toneladas métricas de suelo fértil del territorio nacional. Un 40 % del suelo salvadoreño presenta una erodabilidad elevada, especialmente en las zonas más quebradas, incluyendo la cordillera Fronteriza del norte del país, y las principales cadenas montañosas. En una menor proporción (del orden de 10 %) existen suelos de muy alta y alta erodabilidad, que constituyen las zonas de transición entre las áreas con mayor riesgo y aquellas que presentan menor riesgo de erosión (MINEC, 2011).

La degradación de los suelos, caracterizada por la disminución de la calidad y reducción de los bienes y servicios de los ecosistemas, es una limitación importante para lograr el aumento requerido de la producción agrícola. Los servicios ambientales, que proveen los suelos, no solo son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas naturales, sino que constituyen un recurso importante para el manejo sustentable de los sistemas agrícolas.

Además, la alta biodiversidad del suelo proporciona a los ecosistemas no solo una mayor resistencia contra las perturbaciones y el estrés, sino que también mejora la capacidad de los ecosistemas para suprimir enfermedades. Para enfrentar esta problemática se propone una nueva forma de agricultura, amigable con la biodiversidad, que promueva un aumento significativo de la cobertura vegetal permanente e incorpore prácticas de conservación de suelo, aumento de materia orgánica del suelo y el uso reducido de agroquímicos.

De acuerdo con el Censo Agropecuario (GOES, 2008 y 2010), existen más de 325 mil productores de granos básicos en El Salvador que trabajan parcelas que oscilan entre 0.7 y 3 hectáreas. Un 52.4 % de esos agricultores desarrollan la actividad agrícola en parcelas de tamaño promedio de 0.7 hectáreas, y obtienen una producción promedio de maíz de 1427 kg/ha. Aunque esa producción permite satisfacer las necesidades de alimentación del grupo familiar, la cual para el área rural del país equivale a 1300 kg de maíz por año, ese rendimiento es significativamente menor a la producción promedio nacional, estimada en 2575 kg/ha. Igualmente es significativamente menor a la producción promedio estimada para las tres regiones geográficas del país, 3048 kg/ha para la región occidental; 2980 kg/ha para la región central y 1894 kg/ha para la región oriental (MAG, 2015). Esto permite constatar que en El Salvador la producción de maíz representa una actividad de pequeña escala, con bajos rendimientos y escasa utilización de tecnología (Tobar, 2012).

El territorio salvadoreño, especialmente en la zona costera, está experimentando un cambio abrupto de uso de suelo. Algunas zonas de amortiguamiento están siendo sustituidas por caña de azúcar. De acuerdo al mapa de uso de suelo 2010 UES-MAG, el área representada por cultivo de caña se cuantificó en 654.6 km² (8 %). Es importante mencionar que el cultivo de caña requiere cantidades significativas de agua, por lo que, en muchos casos, la dinámica utilizada es tapar los cauces de ríos y derivarlos hacia los cañales, afectando el caudal ecológico en tramos del río y limitando que el flujo de agua llegue hasta las zonas de manglar. Esta situación es común en la zona costera como en el caso de Ahuachapán sur. En la Figura 130 se evidencia la falta de agua en el manglar de Garita Palmera, lo cual genera procesos de degradación de suelos, ausencia de agua y mayor concentración de sales.



Figura 130. Manglar de Garita Palmera
Fuente: MARN

La materia orgánica desempeña una función en la estructura del suelo y en su estabilidad. La adición de residuos de cosechas, estiércol y materia orgánica, es muy importante para mejorar la formación de agregados del suelo. Las ventajas de la incorporación de rastrojos y residuos de cosechas al suelo son varias: retiene humedad, evita la erosión, aumenta el contenido de materia orgánica, controla malezas, sustenta el micro y macro fauna del suelo.

Particular importancia debe darse al estudio y monitoreo de la biodiversidad del suelo, debido a su alta relevancia y relación con la fertilidad del suelo, producción agrícola y con la agricultura resiliente, así como a las interacciones ecológicas que se dan dentro de los agroecosistemas que son tan importantes en el control biológico de plagas.

En 2016, el Laboratorio de suelos del CENTA ha realizado estudios preliminares, evaluando la materia orgánica y acidez/alcalinidad del suelo en 810 productores de siete departamentos: La Libertad, Ahuachapán, Sonsonate, La Paz, San Vicente, Usulután y San Miguel. Los resultados obtenidos en las parcelas de esos productores mostraron que un 33 % tenían valores altos de materia orgánica (valores mayores a 4), 53 % con valores medios (entre 2.1 y 4), y solo 14 % con valores bajos (valores menores a 2). Los resultados obtenidos de análisis de pH del suelo mostraron que 69 % de los terrenos tenían valores entre 5.6 a 6.5 pH; 24 % con valores menores a 5.5; y, 7 % con valores mayores 6.5.

6.5. Uso del suelo y estado del ordenamiento ambiental del territorio nacional

6.5.1. Dinámica de asentamientos humanos y desarrollo urbano

EL proceso de urbanización en El Salvador ha ejercido, comprensiblemente, fuertes presiones sobre el uso del suelo. El AMSS cuenta con un territorio aproximado de 600 km², de los cuales se tienen datos estimados del consumo de suelo en diversos años. Partiendo del año 1594, el territorio de San Salvador había consumido un área de 0.24 km²; 321 años después, en 1915, se habían consumido 2.94 km² de territorio, lo que da un promedio de consumo de suelo de 0.01 km² por año.

De 1938 a 1977 (en un periodo de 39 años) ese promedio de suelo consumido se incrementó considerablemente, según el dato anterior a 1.26 km² por año, lo que representó el inicio de un acelerado consumo de suelo natural y agrícola, provocado principalmente por los procesos de industrialización de la economía nacional, lo que estimuló las grandes migraciones de población hacia la capital de San Salvador y sus municipios aledaños.

Para los años 2007 y 2008, el AMSS consumió 159.7 km², siendo el promedio de suelo consumido por año desde 1977, de 3.24 km² por año. Esta dinámica de consumo excesivo de suelo queda evidenciada territorialmente al observar la mancha urbana o *Urban Sprawl*, que se dibuja como mancha de aceite, expandida en aquellas áreas donde las condiciones topográficas del territorio lo permiten e incluso en áreas no adecuadas para el asentamiento de personas (OPAMSS, 2016)

En los últimos 31 años, el AMSS ha consumido más territorio, cerca de tres veces más de lo que se consumió en un periodo de 383 años (de 1594 a 1977), en los cuales el territorio mismo ha delimitado una mayor expansión, debido a la configuración geográfica y a los grandes elementos físicos que condicionan un grado de crecimiento, aun mayor, como son el volcán de San Salvador al norponiente, la cordillera del Bálamo al sur, el cerro San Jacinto en la parte sur-central; el lago de Ilopango al sursuroriente, y los mismos drenajes que de una u otra manera condicionan el proceso de expansión (OPAMSS, 2016)

Crecimiento del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)

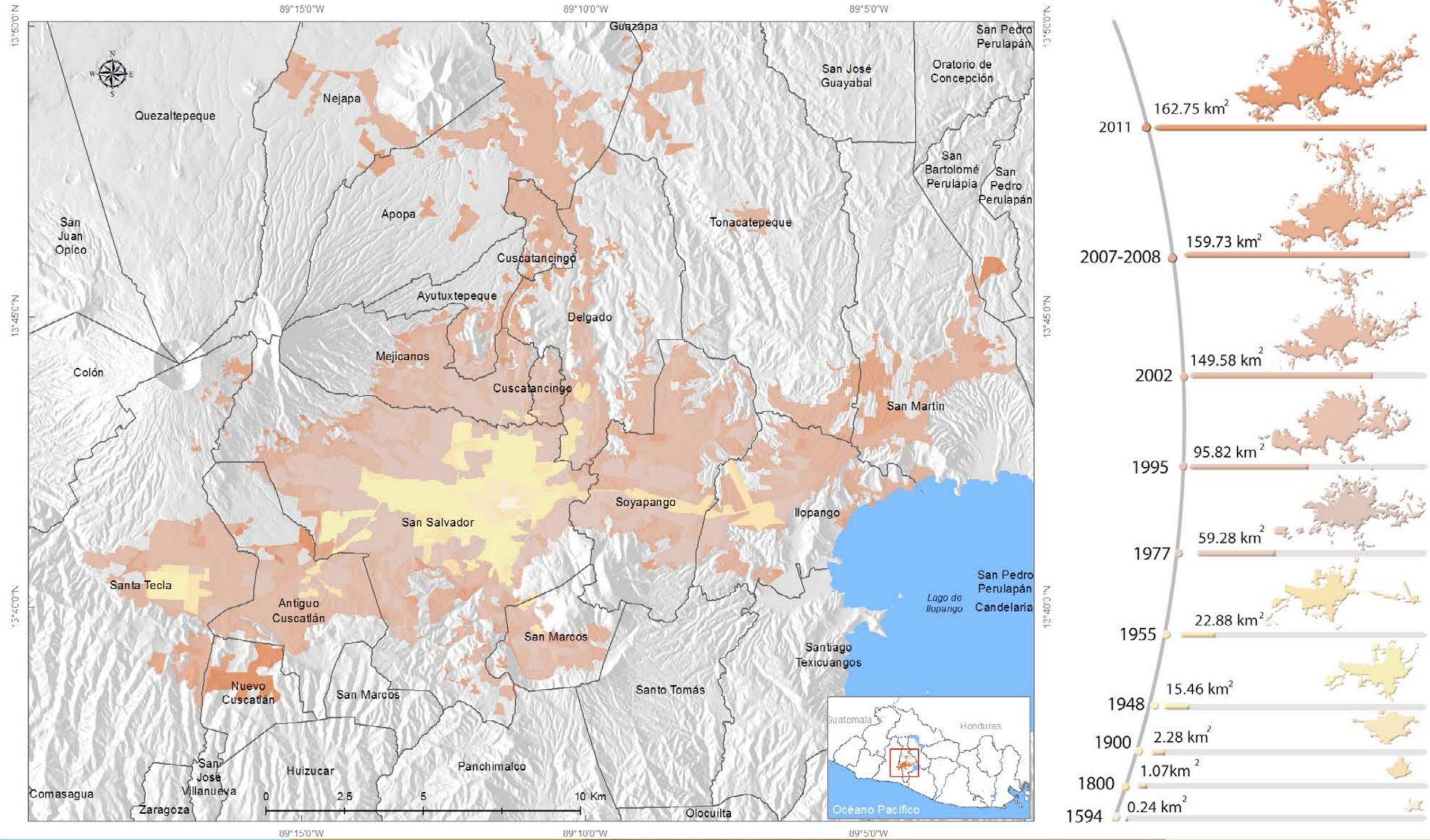


Figura 131. Evolución de la mancha urbana en el Área Metropolitana de San Salvador
Fuente: MARN

En 2002, el Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PNODT) proyectaba que, hacia el año 2015, la población total del país alcanzaría entre 9 y 9.5 millones de habitantes, lo cual supondría un incremento de la densidad media de 340 hab./km² a 465 hab./km². El PNODT estimaba también que el crecimiento demográfico se concentraría en las ciudades, cuya población aumentaría alrededor del 80 % en 15 años, y que la conurbación de San Salvador, aun creciendo por debajo de la media nacional, se aproximaría a los tres millones de habitantes. Este crecimiento demandaría entre 10,000 y 20,000 hectáreas de nuevos suelos urbanos, debidamente ordenados y equipados. Pero si el proceso se realizaba en lotificaciones dispersas, con bajo grado de consolidación, la ocupación podría abarcar entre 100,000 y 150,000 hectáreas, lo que se traduciría en baja calidad de la vivienda media y alto impacto ambiental, entornos altamente congestionados e ingobernabilidad territorial (MARN-VMVDU, 2004).

Otras proyecciones del PNODT anticipaban que entre 2001 y 2015 el número de vehículos ligeros en la red vial aumentaría en 3.5 veces, de modo que las principales vías nacionales llegarían a congestionarse si no se desarrollaba y mejoraba la infraestructura y los sistemas de transporte requeridos. El PNODT también preveía que se duplicaría la generación de desechos sólidos y las necesidades de depuración de aguas residuales, de modo que, a la situación prevaleciente, altamente deficitaria en materia de saneamiento y seguridad ambiental, se sumaría un incremento notable de residuos y desechos que deberían ser tratados para garantizar la seguridad sanitaria de la población y la calidad de los recursos naturales, en particular del suelo y el agua.

El PNODT auguraba que la dinámica demográfica y socioeconómica del país presionaría extraordinariamente sobre el territorio y sus recursos, exacerbando una situación que presentaba, ya de sí, un alto nivel de degradación y fragilidad.

Si bien las previsiones del PNODT fueron del todo incorrectas en lo que se refiere al crecimiento poblacional, el diagnóstico logró identificar correctamente la relevancia de los desafíos que el país enfrentaría de cara al logro de un desarrollo sostenible y, particularmente, los graves problemas asociados con el proceso de urbanización desordenada que se ha venido dando a lo largo de las décadas recientes.

El diagnóstico del PNODT es coincidente con el reporte del Banco Mundial (2012) sobre el cambio en el uso de la tierra asociado con la urbanización en la primera década de este siglo (2001-2010). De acuerdo con ese reporte, la expansión urbana se produjo con mayor velocidad fuera de la capital del país³⁰. El acelerado proceso de expansión metropolitana también se ha visto acompañado por un crecimiento demográfico aún más acelerado de Santa Ana y San Miguel, la segunda y tercera ciudades más importantes del país. En Santa Ana, se registró un crecimiento poblacional del 120 %, lo que también significó una ampliación de la superficie urbana desde aproximadamente 17 km² en el año 2001 a más de 37 km² en el 2010. En el caso de San Miguel, el crecimiento demográfico fue de alrededor del 60 %, lo que determinó una expansión del área urbana de 24 km² a más de 38 km², durante el mismo lapso.

La mayor parte de la expansión del AMSS durante 2001 y 2010, a pesar de que afectó áreas expuestas a riesgos, especialmente en el sur, y de que se produjo en tierras zonificadas para el desarrollo agrícola, especialmente en el noreste, se produjo en términos generales de conformidad con el Plan Maestro. Para 2010, casi el 14 % de la superficie edificada de San Salvador se encontraba en áreas no zonificadas para uso urbano. De este porcentaje, un

4 % se encontraba en la zona de protección máxima y otro 4 % en la zona de desarrollo agrícola. El 5 % restante se encontraba en áreas periféricas no zonificadas.

El reporte del Banco Mundial evaluó también la medida en que la expansión espacial urbana se produjo sobre tierras agrícolas viables. Gran parte de esta expansión urbana en la década analizada tuvo lugar en tierras con un buen potencial agrícola (suelos de clase I y II). De hecho, el declive gradual de la renta del suelo agrícola aunado al incremento de la demanda por suelo urbano, elevó el costo de oportunidad de abandonar tierras agrícolas dedicadas al cultivo, sobre todo, en las zonas cercanas a las principales ciudades del país. Una parte de la expansión urbana en San Salvador y Santa Ana se produjo a expensas de los bosques, lo cual reviste especial gravedad desde el punto de vista ambiental dado los servicios que estos proveen para mitigar los riesgos de desastres.

Aproximadamente seis km² del crecimiento urbano de San Salvador se dio sobre tierras agrícolas relativamente buenas (clase II). Esto representa alrededor de una quinta parte (18 %) de la expansión de la ciudad. Casi tres kilómetros cuadrados (alrededor del 10 %) de la expansión que se produjo en los dos municipios satélites del AMSS, Colón y San Juan Opico, se registró en este tipo de tierra. Gran parte del crecimiento urbano en estas dos municipalidades desplazó cultivos de café de sombra. En el caso de Santa Ana, aproximadamente 10 km² del crecimiento urbano se produjo en tierras agrícolas favorables (clases I y II). Esta cifra representa casi la mitad (48 %) de toda la expansión urbana de la ciudad durante la década considerada. En San Miguel, cerca de 4.5 kilómetros cuadrados del crecimiento urbano se produjo en tierras agrícolas favorables (clases I y II), lo que representa un cuarto de toda la expansión urbana de San Miguel en esa década.

Asimismo, el informe del Banco Mundial evaluó en qué medida la expansión urbana se produjo sobre pendientes pronunciadas y, por tanto, en lugares potencialmente vulnerables a desastres generados por eventos naturales o en zonas con un importante impacto ambiental. En las tres ciudades se observa un crecimiento sobre pendientes pronunciadas, aunque ello ha ocurrido principalmente en San Salvador y Santa Ana. Una parte importante de la expansión urbana en los alrededores del AMSS y de Santa Ana se produjo en pendientes cercanas o superiores al 30 %, que son especialmente susceptibles a los deslizamientos de tierras que se producen después de lluvias copiosas, por ejemplo, durante tormentas tropicales. Incluso los terremotos del 2001 generaron desprendimientos de tierras que causaron muchas víctimas fatales en los asentamientos ubicados en pendientes pronunciadas o cerca de estas, especialmente en el municipio de Santa Tecla, donde la deforestación relacionada con el desarrollo urbanístico residencial había sido considerable.

El informe también identificó que, en las ciudades principales, más de una tercera parte, y a veces cerca de la mitad, de todo el crecimiento urbano se produjo en asentamientos precarios que, por lo general, carecen de uno o más servicios públicos urbanos básicos y tienen viviendas construidas con materiales inestables³¹. En Santa Ana y San Miguel, la mayor parte de este crecimiento se produjo en asentamientos de vulnerabilidad extrema o alta. Casi la mitad (45 %) del crecimiento de tierras urbanas nuevas en el AMSS y Santa Ana se produjo en asentamientos precarios. En el AMSS, alrededor de la mitad de este tipo de crecimiento (44 %) se produjo en asentamientos de vulnerabilidad extrema o alta, mientras que, en Santa Ana, la proporción equivalente fue de dos terceras partes (66 %). En San Miguel, más de una tercera parte del crecimiento de tierras urbanas nuevas se generó en asentamientos precarios y casi tres cuartas partes (72 %) se registró en zonas de vulnerabilidad alta o extrema.

³⁰ El reporte se basó en el uso de imágenes satelitales Landsat para la detección de cambios en el uso de la tierra en las tres ciudades o áreas metropolitanas más grandes del país, y alrededor de estas: San Salvador (AMSS), Santa Ana y San Miguel. También se utilizó una inspección visual de mayor resolución de imágenes de Google Earth para 5 o 6 áreas de interés de cada ciudad en las que el cambio en el uso de la tierra fue más significativo.

³¹ El informe del Banco Mundial (2012) retoma la metodología del estudio de PNUD (2010) sobre los asentamientos urbanos precarios (AUP) en El Salvador. El objetivo de este estudio fue evaluar la ubicación y el nivel de pobreza y exclusión social en esos asentamientos, caracterizados por viviendas construidas con materiales inestables y escaso acceso a servicios básicos.

6.5.2. Ordenamiento territorial

La manera desordenada en que las actividades económicas, el desarrollo habitacional y la provisión de infraestructura, se han desplegado históricamente en el país, ha generado ingentes presiones sobre el uso del suelo e incrementado considerablemente la vulnerabilidad del país frente al cambio climático. Tales presiones se han traducido en procesos desordenados de expansión urbana formal e informal, incluyendo desarrollos en zonas de riesgo, la expansión de actividades productivas (agrícolas, industriales) en zonas ambientalmente inapropiadas, y la construcción de obras de infraestructura pública expuestas a riesgos progresivos.

En un contexto de crecientes amenazas por los efectos del cambio climático, ello ha repercutido en un incremento de las inundaciones en San Salvador y otras zonas urbanas por la impermeabilización de grandes superficies en las partes altas y medias de las cuencas, así como asentamientos humanos en condición de riesgo por su ubicación en zonas bajas de cerros y volcanes, en la costa o en la cercanía de ríos y quebradas, que ahora están cada vez más expuestas a deslizamientos e inundaciones.

A esta situación ha contribuido la ausencia, por mucho tiempo, de un adecuado marco de planificación del desarrollo urbano y territorial; y, una institucionalidad debilitada por un marco legal que propiciaba la fragmentación de competencias entre diferentes instituciones. Por tanto, parte de la solución al problema del inadecuado uso del suelo, lo constituye la formulación y el cumplimiento de las directrices ambientales, plasmadas y sistematizadas en el proceso de zonificación ambiental que deberán incluir un conjunto de lineamientos coherentes con el potencial o vocación de cada uno de los territorios del país (MARN, 2016c).

El ordenamiento territorial se constituye así en un componente fundamental del ordenamiento ambiental: “Es necesario ordenar y adaptar el desarrollo urbano y los asentamientos humanos para no seguir aumentando los riesgos; asegurar que las prácticas agropecuarias son compatibles con las características de los suelos y sus pendientes; proteger las riberas y lechos de los ríos, controlar estrictamente la extracción de áridos y pétreos; respetar la dinámica natural de los ríos y las zonas de inundación, evitando intervenciones de corto plazo que generan problemas y riesgos mayores en el mediano plazo; proteger eficazmente ecosistemas críticos para que puedan seguir brindando sus beneficios, etc.” (MARN, 2012a).

Desde comienzos de los 50, el marco normativo fundamental del desarrollo urbano y rural del país estuvo dado por la Ley de Urbanismo y Construcción (Decreto Legislativo N° 232, 4 de junio de 1951). El Art. 1 de esa ley asignaba al Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) la responsabilidad de “formular y dirigir la Política Nacional de Vivienda y Desarrollo Urbano, así como de elaborar los planes nacionales y regionales y las disposiciones de carácter general a que deben sujetarse las urbanizaciones, parcelaciones y construcciones en todo el territorio de la República”, mientras que la elaboración, aprobación y ejecución de planes de desarrollo urbano y rural a escala local correspondía al respectivo municipio, aunque enmarcados dentro de los planes de desarrollo regional o nacional de vivienda y desarrollo.

El Código Municipal de 1986 trasladó formalmente la competencia de la planificación local a las municipalidades, aunque sin proveerles los recursos financieros y técnicos para realizar esta función. Fue hasta marzo de 2011 que la Asamblea Legislativa aprobó la Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (LODT, Decreto Legislativo 644), a efectos de subsanar los vacíos existentes en el marco institucional aplicable al ordenamiento territorial.

La finalidad de la Ley, según su Artículo 2, es “fortalecer la capacidad institucional del Estado para ordenar el uso del territorio y orientar las inversiones públicas y privadas necesarias para alcanzar el desarrollo sustentable” así

como normar “un espacio intermedio de coordinación entre los niveles de gobierno nacional y local”. El ámbito de aplicación del ordenamiento y desarrollo territorial comprende: (i) la utilización del suelo según su vocación; (ii) la conectividad territorial y la conexión de los servicios básicos en los asentamientos humanos; (iii) la protección y conservación de los recursos naturales; y (iv) la protección y conservación del patrimonio cultural y arqueológico. En la definición de ordenamiento territorial que propone la LODT, destaca el énfasis en el enfoque de cuencas y sistema de ciudades en los procesos de planificación y gestión territorial; mientras que la definición del desarrollo territorial subraya el enfoque de sustentabilidad.

La organización institucional para el ordenamiento y desarrollo territorial estaría integrada por los siguientes organismos: (i) el Consejo Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (CNOTD); (ii) los consejos departamentales de Ordenamiento y Desarrollo Territorial; y (iii) los concejos municipales y las asociaciones de municipios, que estos conformen con fines de ordenamiento y desarrollo territorial (Art. 13).

Entre las atribuciones que la Ley le asigna, el CNOTD tiene la responsabilidad de formular el proyecto de la Política Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (Art. 15). Por su parte, los consejos departamentales de Ordenamiento y Desarrollo Territorial “serán las instancias rectoras de la administración pública y municipal en cada departamento en las materias relacionadas con el ordenamiento y desarrollo territorial” (Art. 16), con la atribución de “formular, coordinar e impulsar la ejecución de la estrategia departamental de ordenamiento y desarrollo territorial” (Art. 17). En lo que atañe al ámbito local, la autoridad competente para la implementación de todo lo concerniente al ordenamiento y desarrollo territorial serán los concejos municipales, ya sea de manera individual o asociada (Art. 18).

Desde 2015, la Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia (SETEPLAN) ha retomado la tarea de emitir el Reglamento de la LODT, un proceso interinstitucional de formulación de política al interior del Ejecutivo, y la instalación del CNOTD. En el ámbito subnacional también se han producido algunos avances relevantes en materia de ordenamiento del territorio, los cuales incluyen la actualización del Plan de Desarrollo Territorial del AMSS por parte de la OPAMSS; la formulación de la Estrategia de Desarrollo Integral y Sostenible de la Franja Costero-Marina de El Salvador (Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia, 2013), y del documento de estructuración del sistema de ciudades del Corredor Costero Marino (VMVDU, 2015); el proceso de planificación municipal promovido desde 2012 a través de los 92 planes estratégicos participativos (PEP) liderados por la Subsecretaría de Desarrollo Territorial y Descentralización (SSDTD) y el Plan de Adaptación del Área Metropolitana de San Salvador, aún en construcción, liderado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Como resultado de todos esos esfuerzos, el país cuenta actualmente con un marco general de planificación del desarrollo a escala nacional y su respectiva institucionalidad, más adecuado para hacerle frente a los desafíos en este ámbito. Asimismo, desde 2014, el cambio de administración gubernamental ha potenciado el proceso de fortalecimiento de las capacidades de planificación con mayor participación ciudadana. En particular, destaca la incorporación de dos novedades en la elaboración del Plan Quinquenal de Desarrollo 2014-2019: El Salvador productivo, educado y seguro, por parte de la SETEPLAN. Uno, la promoción de un proceso de participación ciudadana de carácter sectorial y territorial y dos, la estructuración de un sistema de seguimiento y de hacer operativo a escala de las instituciones específicas (Ferrufino, 2015).

6.5.3. Directrices de zonificación ambiental

La aprobación de la LODT ha sido un paso fundamental para crear un nuevo contexto institucional que facilite al MARN cumplir con el mandato de la Ley del Medio Ambiente, de asegurar la incorporación de la dimensión ambiental en el ordenamiento territorial.

La justificación básica de este mandato, que es por cierto no solo una justificación técnica, sino que también ética, radica en la importancia del suelo como un recurso fundamental que interviene en los ciclos del agua y de los elementos que lo componen y en el cual se transforma la energía y la materia de los ecosistemas. Dado que el suelo es también un recurso de generación muy lenta, y al igual que el agua, sometido a múltiples presiones que lo han degradado severamente, “su uso y disfrute debe regularse a través del ordenamiento territorial para garantizar su regeneración y su capacidad de darle soporte a las actividades presentes y futuras. Las consecuencias de la forma como se ha ocupado el suelo en El Salvador han sido muy graves y la creciente amenaza climática le otorga un sentido de urgencia al ordenamiento territorial” (MARN, 2012a).

El ordenamiento ambiental requiere de instrumentos que faciliten su operatividad en el territorio, tales como las normativas, la organización institucional y los planes de ordenamiento y desarrollo. En tal sentido, la Ley del Medio Ambiente considera el ordenamiento ambiental dentro de los planes nacionales o regionales de desarrollo y el ordenamiento territorial como un instrumento de la política del medio ambiente. Por su lado, la LODT demanda estrategias y directrices territoriales para la gestión de los recursos hídricos; la protección y gestión de los recursos naturales y de la biodiversidad; y la prevención y mitigación de riesgos naturales, todo ello con el objetivo de ordenar el uso del territorio dándole un enfoque de gestión de riesgos.

En este marco de confluencia entre ambas leyes, un marco que en los hechos no es sino el espacio multidimensional de relaciones entre, por una parte, la distribución territorial de las actividades económicas y la población y, por la otra, el manejo de los recursos naturales y el medio ambiente bajo criterios de sustentabilidad. En este espacio multidimensional de relaciones la zonificación ambiental se constituye como una herramienta de planificación de gran utilidad para el gobierno central y municipalidades, en lo que se refiere al ordenamiento territorial, el uso del suelo y la gestión del desarrollo sustentable, la regulación del desarrollo de infraestructura, el equipamiento, la vivienda, y las autorizaciones de permisos y licencias de uso de suelo y actividades productivas.

Si bien el artículo 62 de la LODT establece el marco general de la zonificación y determinación de los usos globales del suelo, es el MARN la instancia, de acuerdo con el Art. 50 literal (a) de la Ley del Medio Ambiente, la que “elaborará las directrices para la zonificación ambiental y los usos del suelo”. Pero más específicamente, el Art. 71 del reglamento general de la citada Ley estipula que, para la zonificación ambiental del territorio, “se debe considerar las siguientes directrices: la naturaleza y las características de los ecosistemas; la vocación de cada zona o región en función de los recursos naturales; distribución de la población y actividades económicas predominantes; el equilibrio entre los asentamientos humanos y sus condiciones ambientales; y el impacto ambiental de las actividades humanas y de los fenómenos naturales”.

Así mismo y de acuerdo con el mismo artículo del Reglamento, la zonificación ambiental se concibe “como una forma de planificación del uso de suelo, optimizándolo a través de un instrumento técnico para la gestión del desarrollo sostenible. Con la zonificación se dispone de información sobre la capacidad y fragilidad del territorio y sus recursos naturales de forma sistematizada y localizada geográficamente. Esta forma de caracterizar el territorio contribuye y orienta a la toma de decisiones sobre políticas de desarrollo, manejo y conservación de los recursos naturales” (MARN, 2015e).

A la fecha, el MARN ha desarrollado diferentes iniciativas de zonificación ambiental que han conducido, no sólo a la elaboración de atlas municipales muy detallados, sino que también han permitido establecer legalmente las zonificaciones ambientales en territorios de especial relevancia para el ordenamiento ambiental del país.

La Zonificación ambiental es un instrumento técnico que es de mucha utilidad para el gobierno central y municipalidades, en el ordenamiento territorial, planificación del uso del suelo y la gestión del desarrollo sustentable, regulación del desarrollo de infraestructura, equipamiento, vivienda, autorizaciones de permisos y licencias de uso de suelo y actividades productivas.

Refiere al proceso de delimitación de áreas o sectores relativamente homogéneas, considerando sus características biofísicas y socioeconómicas, con el fin de determinar aptitud natural y funcionalidad del mismo y sus restricciones ambientales, sus resultados pueden utilizarse para diferentes fines, entre ellos: para la formulación de planes de ordenamiento y desarrollo territorial y la emisión de permisos o autorizaciones y regulaciones; el establecimiento de industrias, comercios, viviendas y servicios, que impliquen riesgo a la salud, el bienestar humano o al medio ambiente. Así mismo, la zonificación ambiental busca consolidar la incorporación de la dimensión ambiental en el ordenamiento y desarrollo territorial, la adaptación al cambio climático y reducción de riesgos³².

Las directrices ambientales son un conjunto de normas e instrucciones que dirigen y orientan acciones para la preservación de los recursos naturales existentes; son de cumplimiento obligatorio con el fin de incorporar la dimensión ambiental en el ordenamiento del territorio a escala nacional y local, tal como lo manda de la Ley del Medio Ambiente en los artículos 15 y 50. Estas directrices dirigen los procesos de desarrollo urbano, rural y la conservación de las áreas protegidas, así como la identificación, prevención, adaptación y mitigación de riesgos por fenómenos naturales, con el fin de reducir la vulnerabilidad del territorio.

Los usos inapropiados del suelo conllevan a un proceso acelerado de degradación ambiental y como consecuencia a otros problemas sociales, entre ellos la pobreza. La población debe garantizar que los recursos naturales y en especial el suelo, no debe de ser degradados y que sus usos deben estar acordes a su capacidad, en especial actitud o vocación y de esta manera satisfacer las necesidades de esta generación y las de las futuras. Por ello, también es importante analizar los escenarios de cambio climático en los ecosistemas y recursos del país, para considerar su vulnerabilidad y las posibles medidas de adaptación.

Parte de la solución al problema del inadecuado uso del suelo, lo constituye la consideración y el cumplimiento de las directrices ambientales, plasmadas y sistematizadas en el proceso de zonificación ambiental que deberá incluir un conjunto de lineamientos coherente con el potencial o vocación de cada uno de los territorios del país.

Para la formulación de la zonificación ambiental y usos del suelo se considera desarrollar a distintas escalas, según el objetivo y alcances de la misma, ya que está en función de su aplicación en la formulación de planes de ordenamiento y desarrollo territorial, así como el otorgamiento de concesiones, permisos y licencias para el uso del suelo. Las escalas identificadas son: macro, meso y micro. Desde diciembre de 2017, el 62 % del territorio nacional cuenta con zonificación ambiental.

³² Para la formulación de la zonificación ambiental y usos del suelo, ha sido necesario desarrollar un proceso metodológico, que permita facilitar su aplicabilidad en los diferentes espacios territoriales, según la Metodología general para la formulación de la zonificación ambiental, en proceso de publicación.

Zonificación ambiental y usos del suelo 2017

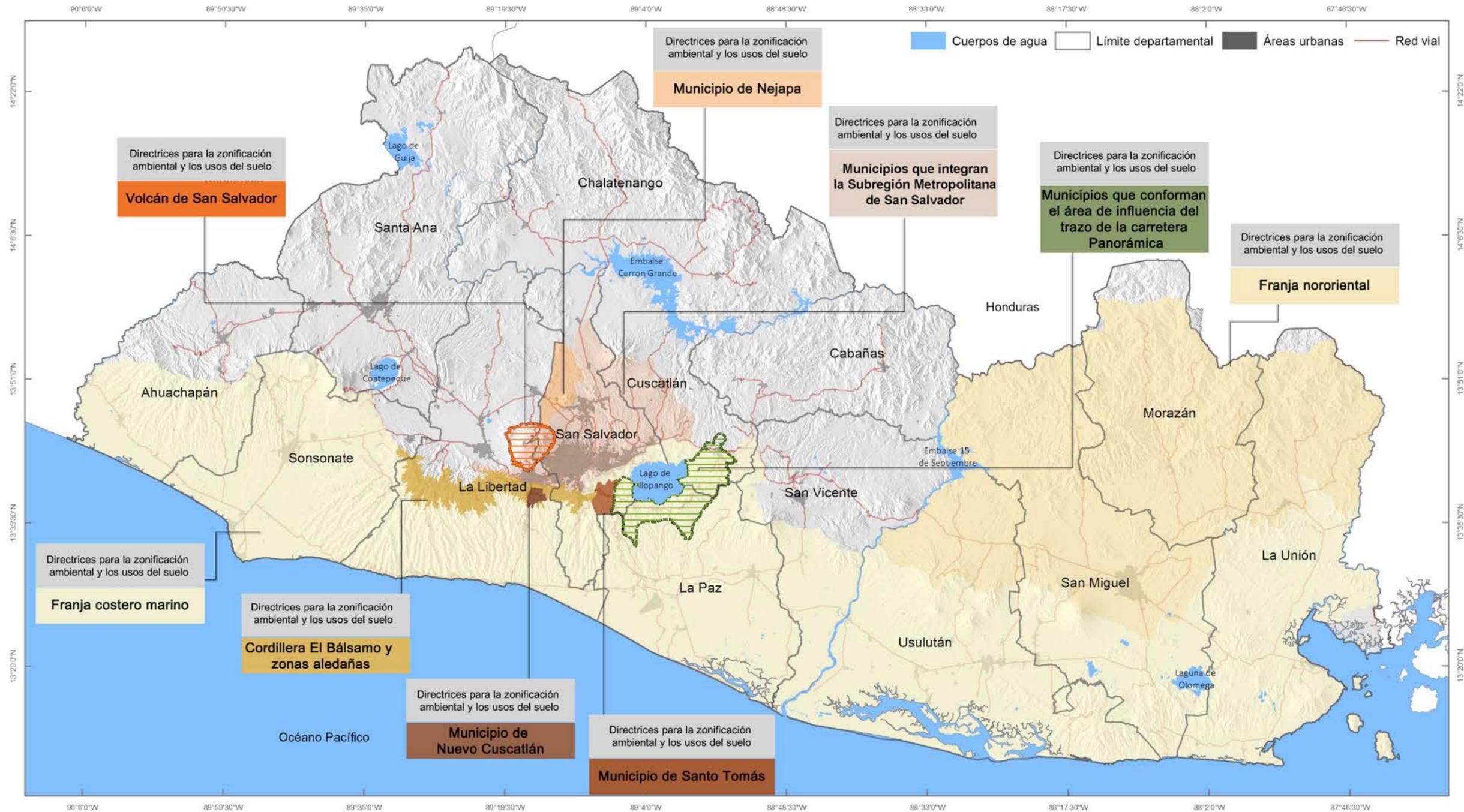


Figura 132. Zonificación ambiental y usos del suelo 2017
Fuente: MARN

La macroescala responde a todo el país, la cual se dividió en tres grandes zonas: Franja Costero Marina, Zona Nororiental y Zona Noroccidental. El principal criterio para la delimitación fue el de las cuencas hidrográficas, considerada como la unidad de planeación del territorio según mandato de ley.

Macrozonificación ambiental

Actualmente se ha formulado la zonificación ambiental y el uso del suelo de la Franja Costero Marina y la Zona Nororiental del país.

La zonificación ambiental y el uso del suelo de la Franja Costero Marina abarca una superficie de 8186.29 km² y comprende 128 municipios, de los cuales 29 tienen borde costero, en estos últimos se identifican los mayores valores ambientales del país, tales como: tierras con las mejores condiciones para la productividad agrícola (planicies costeras), y los ecosistemas más frágiles. De igual forma, se han declarado, en esta franja, dos reservas de la biósfera: Xiriuatluc- Jiquilisco y Apaneca-Illamatepec; y cuatro sitios Ramsar: Barra de Santiago, estero de Jaltepeque, lagunas de Olomega y El Jocotal; y otro como propuesta: golfo de Fonseca. En este territorio se encuentran grandes obras de infraestructura y equipamiento, destacando entre ello, la infraestructura aeroportuaria y portuaria que el país posee (MARN: 2017a).



Figura 133. Zonificación ambiental y usos del suelo en la Franja Costero Marina
Fuente: MARN

La zonificación ambiental y el uso del suelo de la Zona Nororiental cubre una superficie de 3896.10 km², que corresponde al territorio nacional, localizado al norte del parteaguas que delimitó la Franja Costero Marina, comprende 63 municipios y que pertenecen a los cuatro departamentos que conforman la zona nororiental: Usulután, San Miguel, La Unión, y Morazán. Este territorio posee la mayor proporción y representación de

vegetación de pinares y morrales del país; se localiza el embalse 15 de Septiembre, siendo una de las principales fuentes de aprovechamiento hidroeléctrico, se identifican también importantes campos de infraestructura para el aprovechamiento de energía geotérmica (MARN: 2017b).

Zonificación ambiental y los usos del suelo en Zona Nororiental

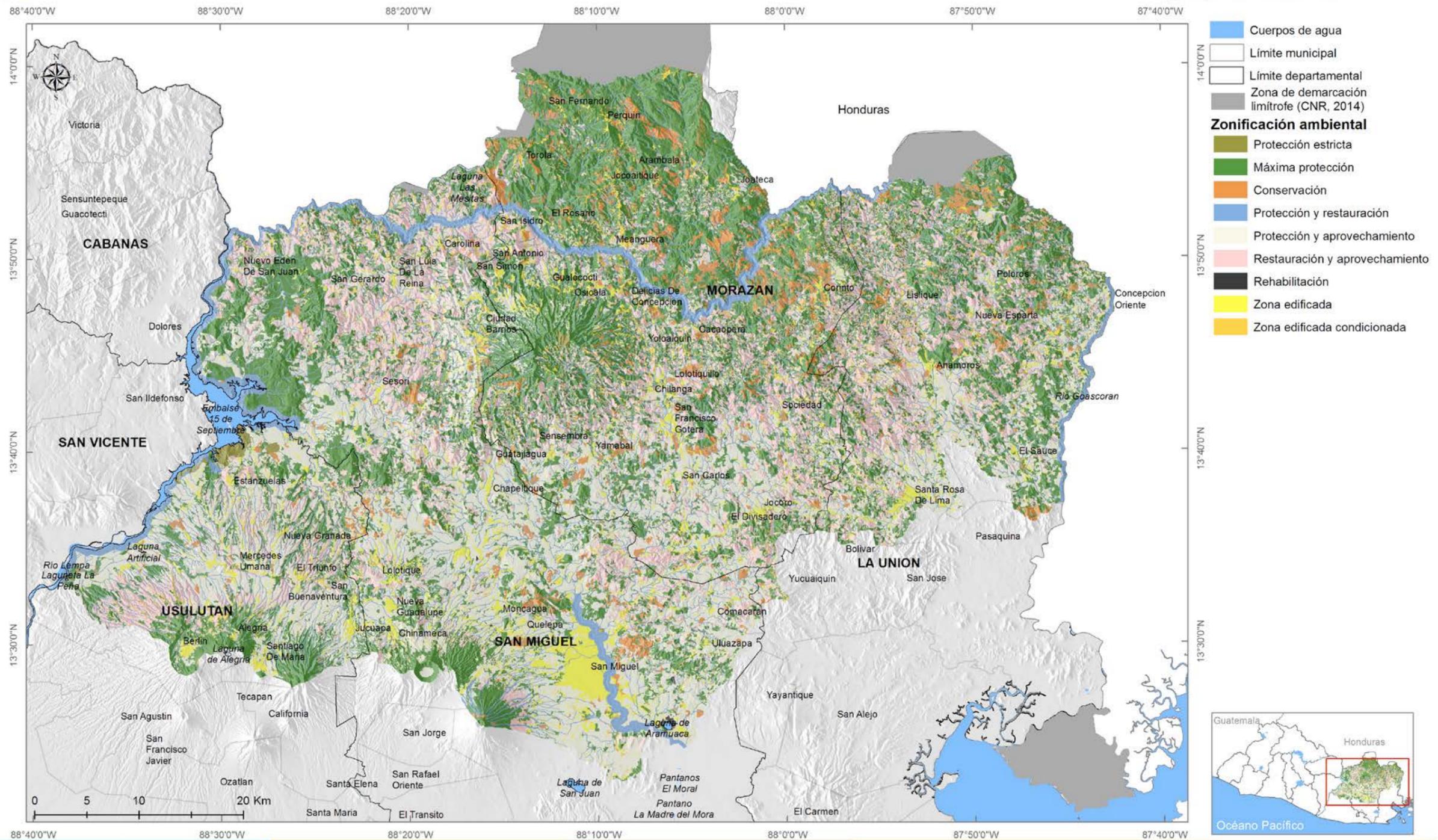


Figura 134. Zonificación ambiental y el uso del suelo en zona Nororiental
Fuente: MARN

Mesozonificación ambiental

Se desarrollaron dos zonificaciones ambientales y el uso del suelo: Subregión Metropolitana de San Salvador (SRMSS) y el Área de influencia de la carretera Panorámica.

La zonificación ambiental y usos del suelo de la SRMSS se localiza en la franja central del país; está conformada por 28 municipios de los departamentos de La Libertad, San Salvador y Cuscatlán, incluyendo los 14 del Área Metropolitana de San Salvador que, son junto a sus periféricos, los que presentan la mayor presión para el

desarrollo urbanístico en el país. Cuenta con una superficie de 1217 km², de los cuales 200 km² están urbanizados. Los valores ambientales de esta región están dados por los altos niveles de recarga hídrica, agroecosistemas de bosque de cafetal, bosques primarios y secundarios. En el análisis del territorio se identificaron susceptibilidad a amenazas muy altas y altas por deslizamientos, flujo de escombros, erosión e inundaciones que alcanzan una superficie de 594.08 km², que representa el 48.8 % del área de la subregión (MARN, OPAMSS: 2012).

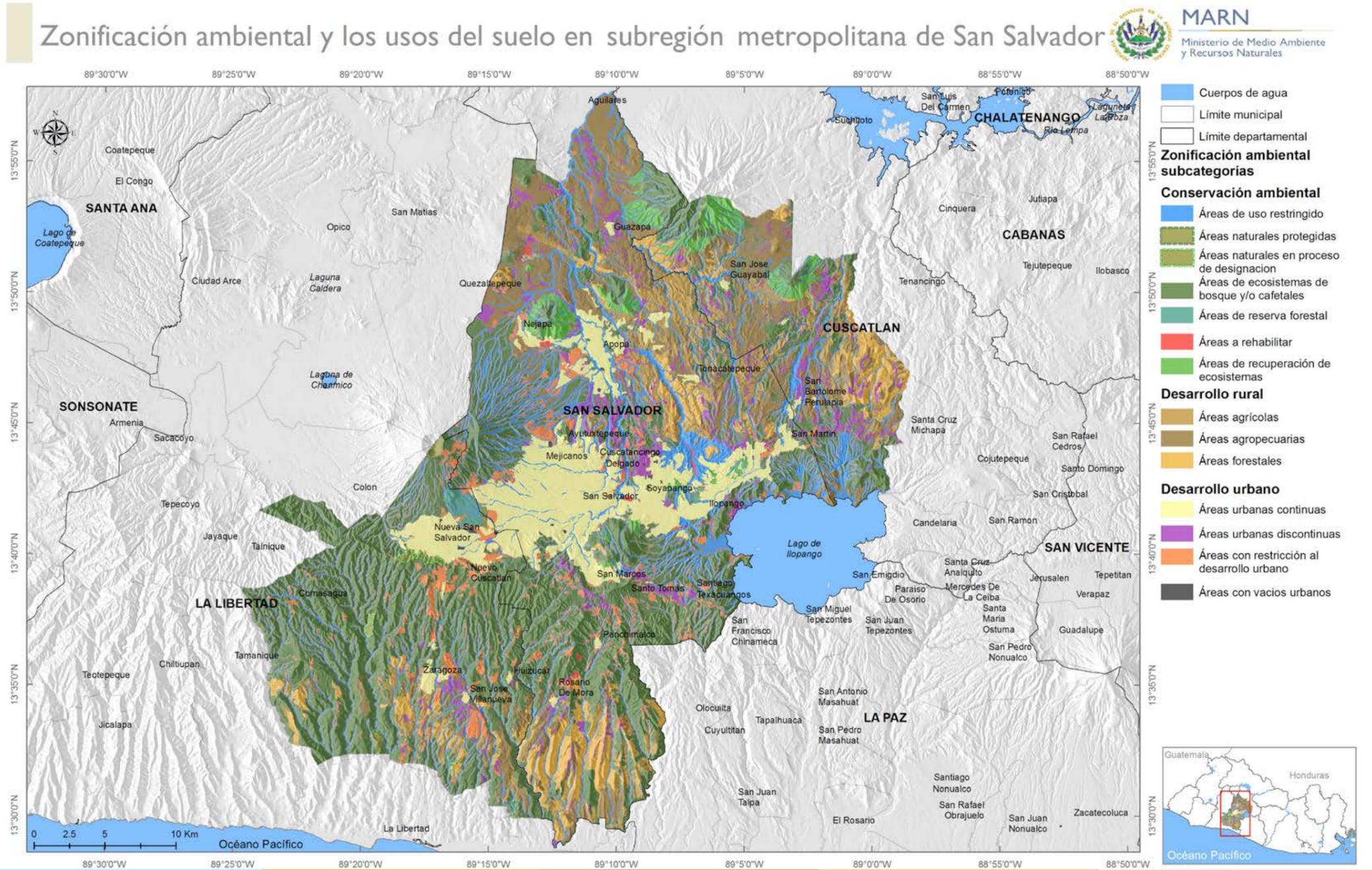


Figura 135. Zonificación ambiental y uso del suelo en la Subregión Metropolitana de San Salvador Fuente: MARN

La zonificación ambiental relacionada con la evaluación de la sensibilidad territorial al riesgo en la carretera Panorámica y su área de influencia, está comprendida por 10 municipios de tres departamentos: San Salvador, La Paz y Cuscatlán; y, los atraviesa, tal como su nombre lo indica, la carretera Panorámica, además de ser colindantes con el lago de Ilopango. Este territorio fue seleccionado en función de las amenazas y vulnerabilidades evidenciadas tras la tormenta tropical Ida, con el objeto de proporcionar a los gobiernos locales un instrumento

para el ordenamiento ambiental del territorio. Este instrumento fue elaborado con el fin que permitiese garantizar el bienestar humano de la población, el aprovechamiento sostenible de sus recursos naturales y la sustentabilidad de la inversión pública y privada, en un contexto de riesgo creciente y cuantiosas pérdidas de vidas, viviendas e infraestructura por desastres, asociados a patrones de uso inadecuado del territorio que no consideraban sus limitantes y potencialidades (MARN: 2012).

Sensibilidad territorial al riesgo para la zonificación ambiental en carretera Panorámica

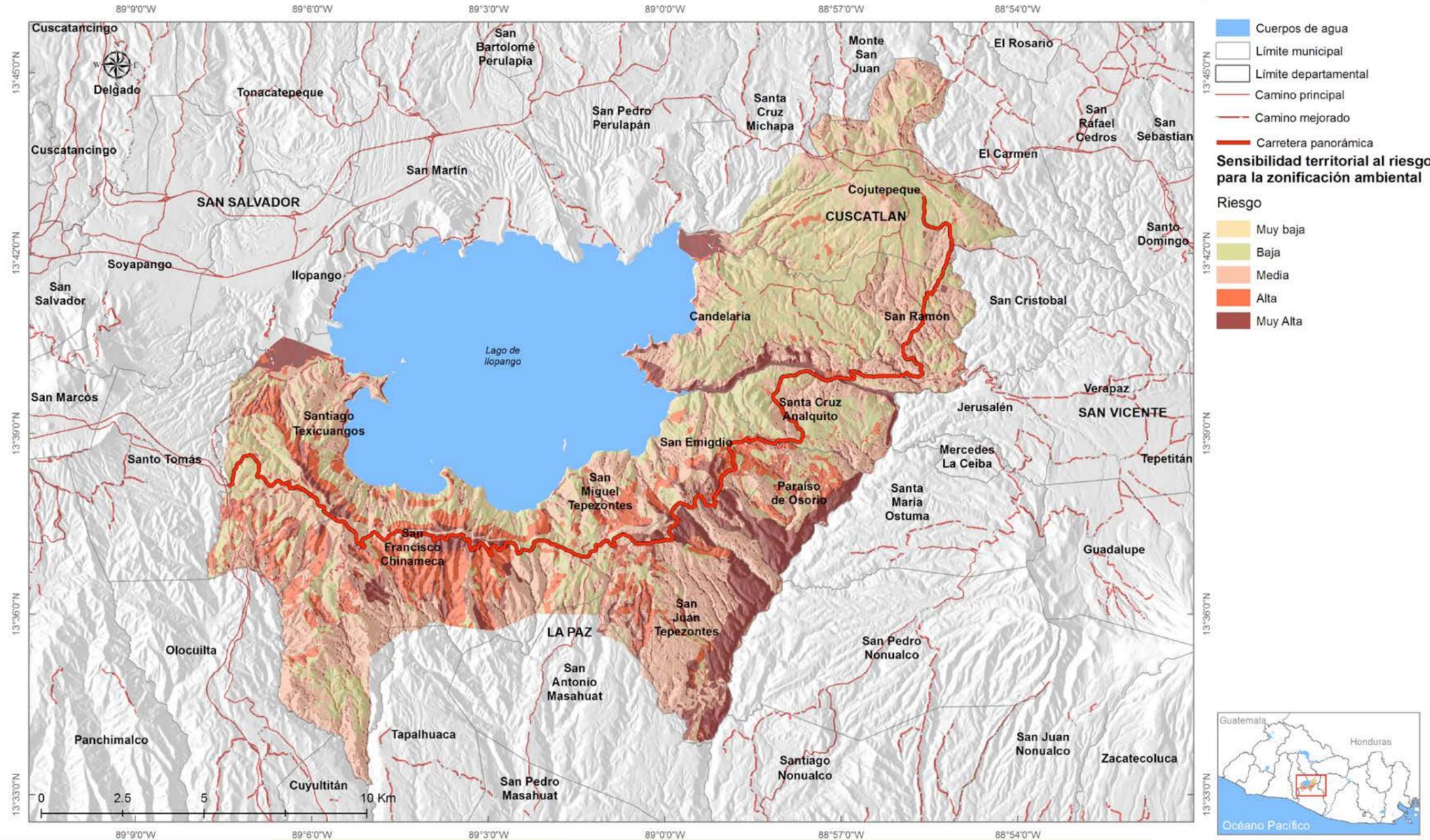


Figura 136. Sensibilidad territorial al riesgo para la zonificación ambiental en carretera Panorámica
Fuente: MARN

Microzonificación ambiental

Se han desarrollado cinco zonificaciones ambientales y uso del suelo en: volcán de San Salvador y cordillera del Bálsamo, municipios de Nejapa, Santo Tomás y Nuevo Cuscatlán. Las dos primeras son de oficio al tener en consideración el criterio de ordenamiento y protección de áreas frágiles, tanto por sus valores ambientales como por la susceptibilidad a amenazas geológicas e hidrometeorológicas y las tres últimas zonificaciones a requerimientos de las autoridades municipales correspondientes.

Para la cordillera del Bálsamo y el volcán de San Salvador se consideró la presión del incremento de proyectos urbanísticos y de construcción en áreas muy frágiles y de gran valor ambiental. Este criterio es con el objeto de definir las regulaciones y/o directrices que asegurasen la protección ambiental de esos territorios, garantizando

que la ejecución de actividades, obras y proyectos no menoscabasen la sustentabilidad de los ecosistemas de las zonas y evitar la mayor exposición a amenazas.

La zonificación ambiental y el uso del suelo del volcán de San Salvador cubre una superficie de 62.33 km², la cual se localiza a partir de la cota 1000 (Decreto No 5/2015), misma que comprende nueve municipios de dos departamentos: La Libertad y San Salvador. El valor ambiental de este territorio está dado por la presencia de grandes masas de bosque de cafetal, áreas naturales protegidas y altos niveles de recarga hídrica potencial, además de la identificación de multiamenazas como: deslizamientos, flujos de escombros y volcánicas (MARN: 2016a).

Zonificación ambiental y los usos del suelo en volcán de San Salvador

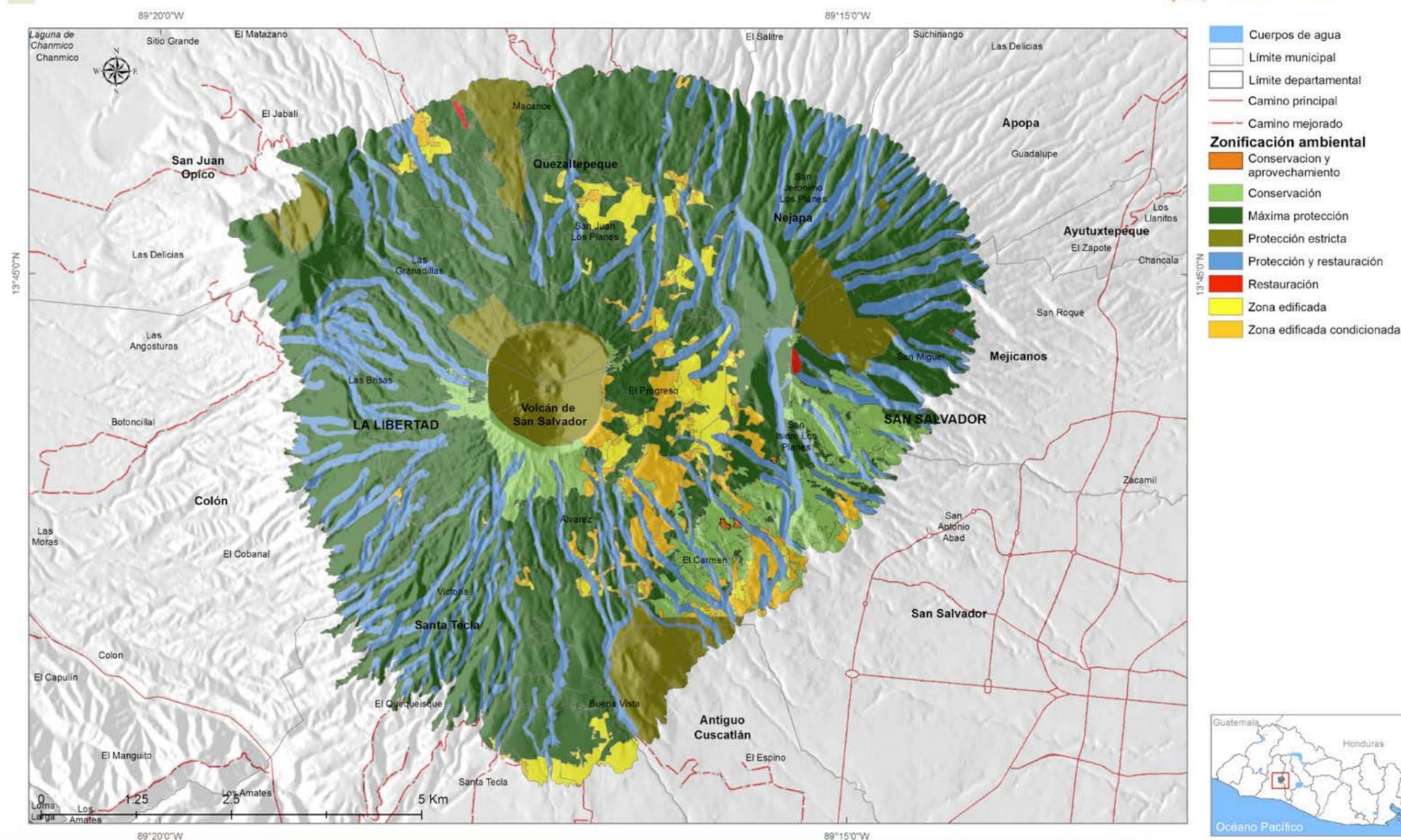


Figura 137. Zonificación ambiental y uso del suelo en el volcán de San Salvador
Fuente: MARN

La zonificación ambiental y usos del suelo de la cordillera del Bálsamo cubre una extensión de 175.63 km², que corresponde a una porción que se encuentra arriba de los 900 metros sobre el nivel del mar (Decreto No 6/2015); comprende 19 municipios de 3 departamentos: Sonsonate, La Libertad y San Salvador. Se consideró área frágil por su morfología, siendo evidente la presencia de pendientes altas. Esta área se destaca por ser de alta recarga hídrica potencial y de ser cabecera de cuencas que drenan hacia el Área Metropolitana de San Salvador y hacia la

costa. Su valor ambiental está asociado también a la presencia de áreas naturales protegidas y de una masa boscosa de agroecosistema de cafetal, que proporciona servicios ambientales para la conservación de la biodiversidad y la regulación de la amenaza, en un territorio susceptible a deslizamientos de tierra durante sismos muy fuertes (MARN: 2016b).

Zonificación ambiental y los usos del suelo en Cordillera del Bálsamo

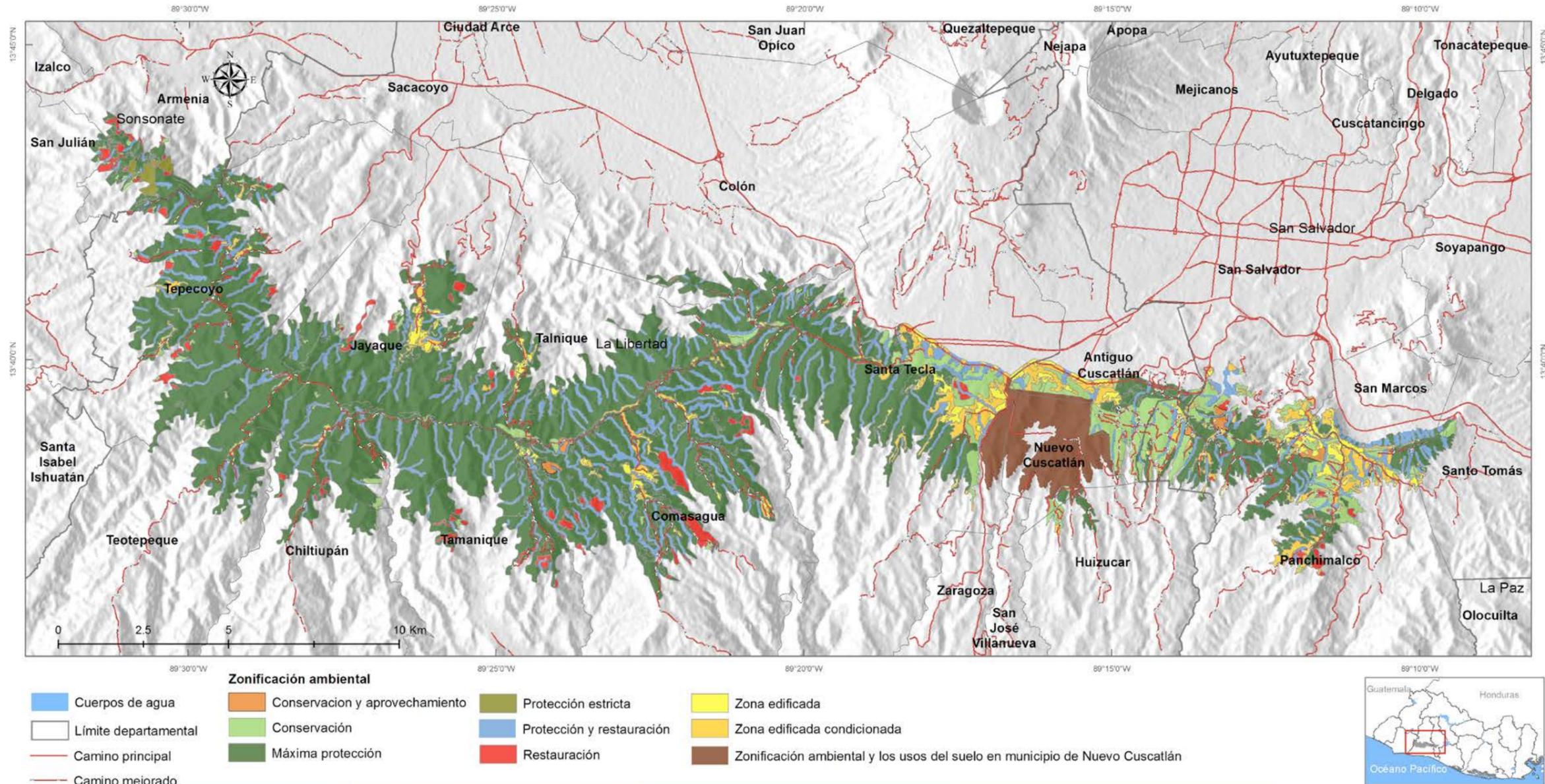


Figura 138. Zonificación ambiental y el uso del suelo en la cordillera del Bálsamo
Fuente: MARN

La zonificación ambiental y usos del suelo del municipio de Nejapa cubre un área de 83.34 km², surge a solicitud de la municipalidad con el objeto de proteger y aprovechar los recursos naturales, particularmente los recursos hídricos que lo caracterizan. Este territorio cuenta con áreas de aprovechamiento agrícola e industrial y en él se

localiza el relleno sanitario para la disposición final de los desechos sólidos del Área Metropolitana de San Salvador (MIDES). Las principales amenazas se localizan en el cerro de Nejapa y en el volcán de San Salvador (MARN:2017c).

Zonificación ambiental y los usos del suelo en municipio de Nejapa

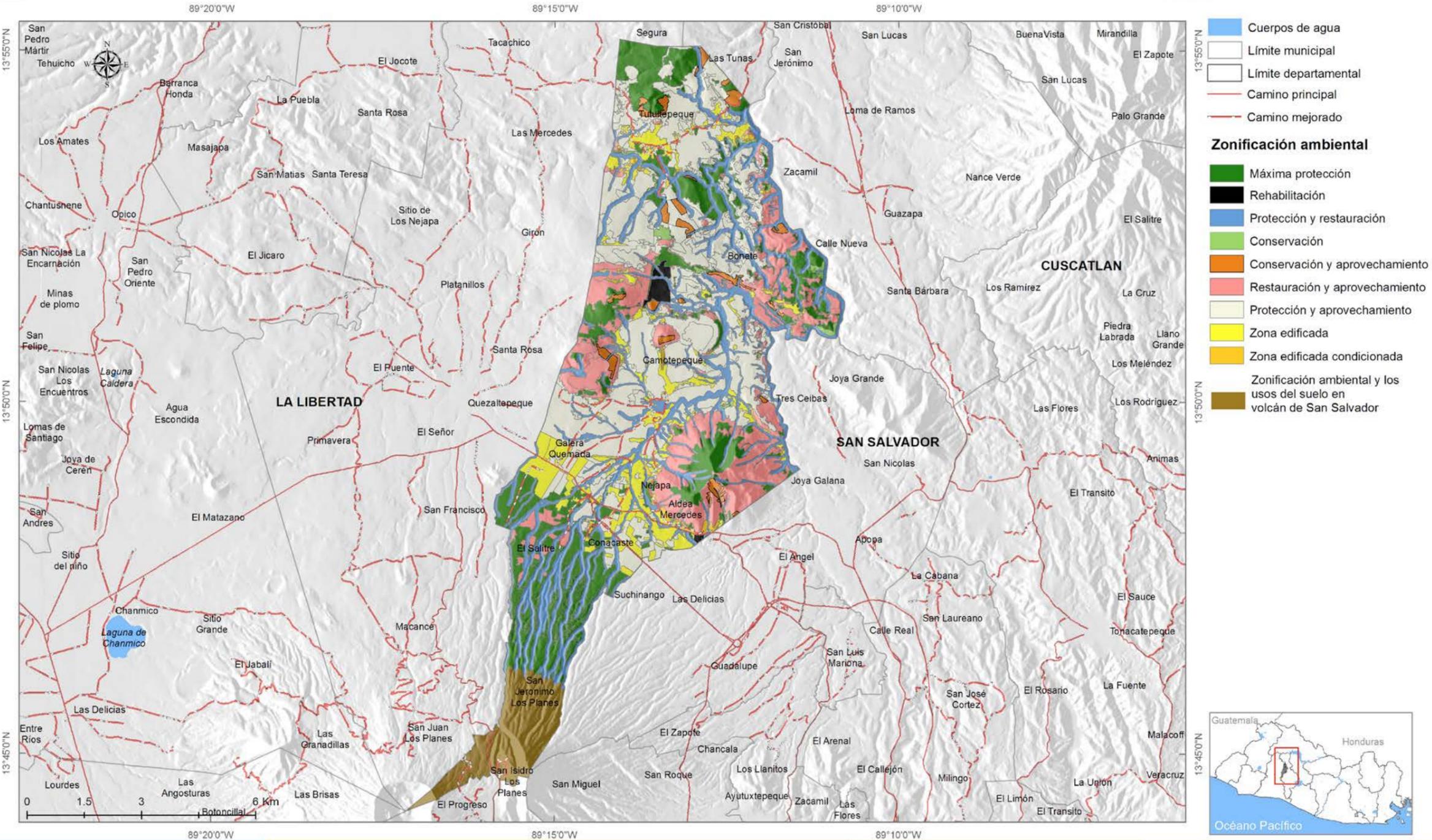


Figura 139. Zonificación ambiental y uso del suelo en el municipio de Nejapa Fuente: MARN

La zonificación ambiental y usos del suelo del municipio de Santo Tomás posee una extensión de 26.47 km², y surge como requerimiento de la municipalidad por la fuerte presión urbanística para el desarrollo de zonas industriales y urbanizaciones, debido a su localización estratégica colindante con el AMSS. Este es un territorio con presencia

de parcelas agrícolas, bosques de cafetal, espacios de bosques secundarios y alta susceptibilidad a deslizamientos (MARN: 2017d).

Zonificación ambiental y los usos del suelo en municipio de Santo Tomás

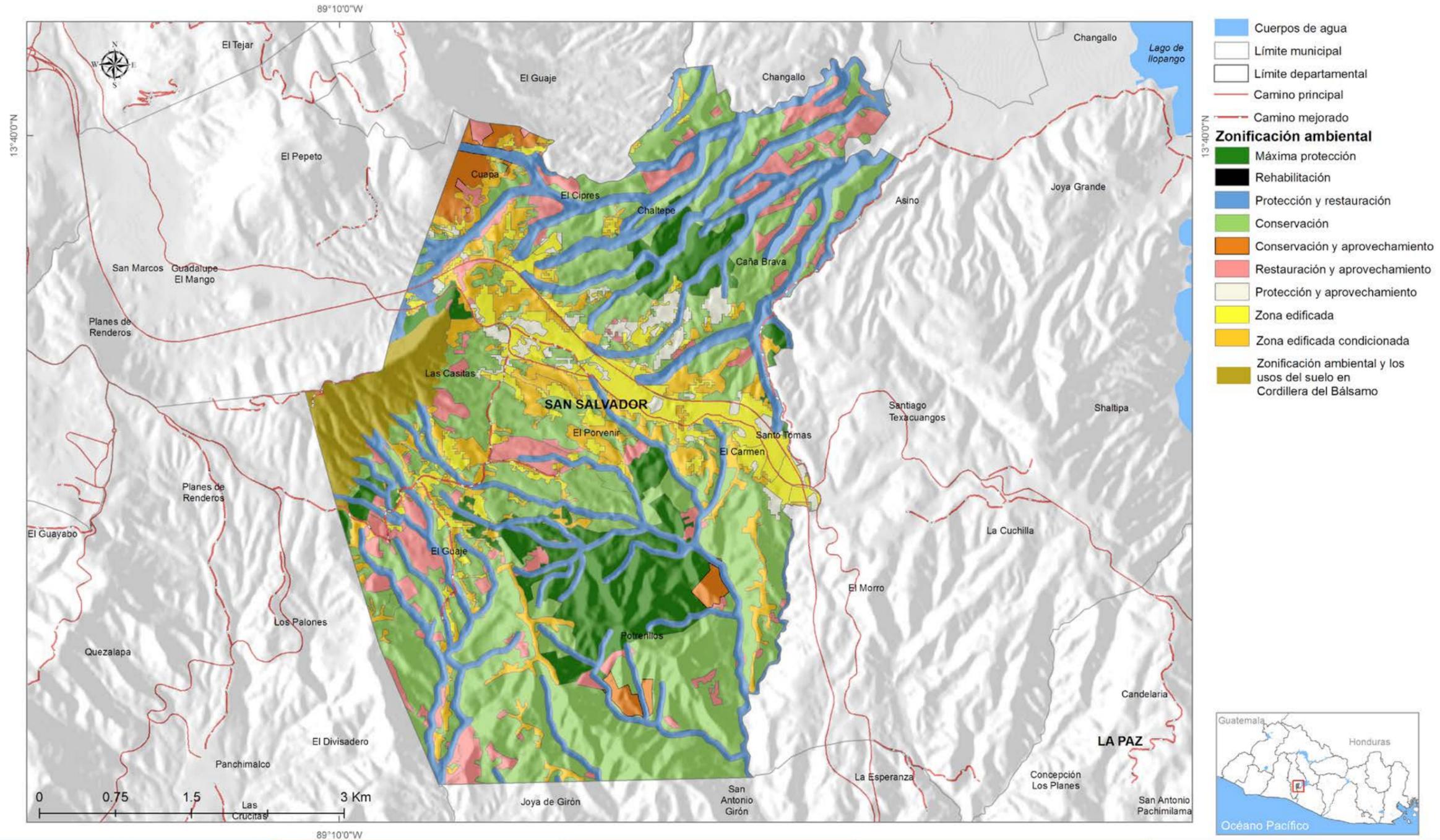


Figura 140. Zonificación ambiental y usos del suelo en el municipio de Santo Tomás
Fuente: MARN

La zonificación ambiental y usos del suelo del municipio de Nuevo Cuscatlán abarca una superficie de 11.01 km². Esta zonificación es también resultado de un requerimiento de la municipalidad, con el propósito de contar con un instrumento que permita facilitar los procesos de la planificación territorial y la viabilidad ambiental para el

desarrollo de obras, actividades o proyectos. Los valores ambientales de este municipio están dados por sus masas de bosques de cafetal y bosque secundario que presenta servicios de regulación de la amenaza de alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos (MARN: 2017e).

Zonificación ambiental y los usos del suelo en municipio de Nuevo Cuscatlán

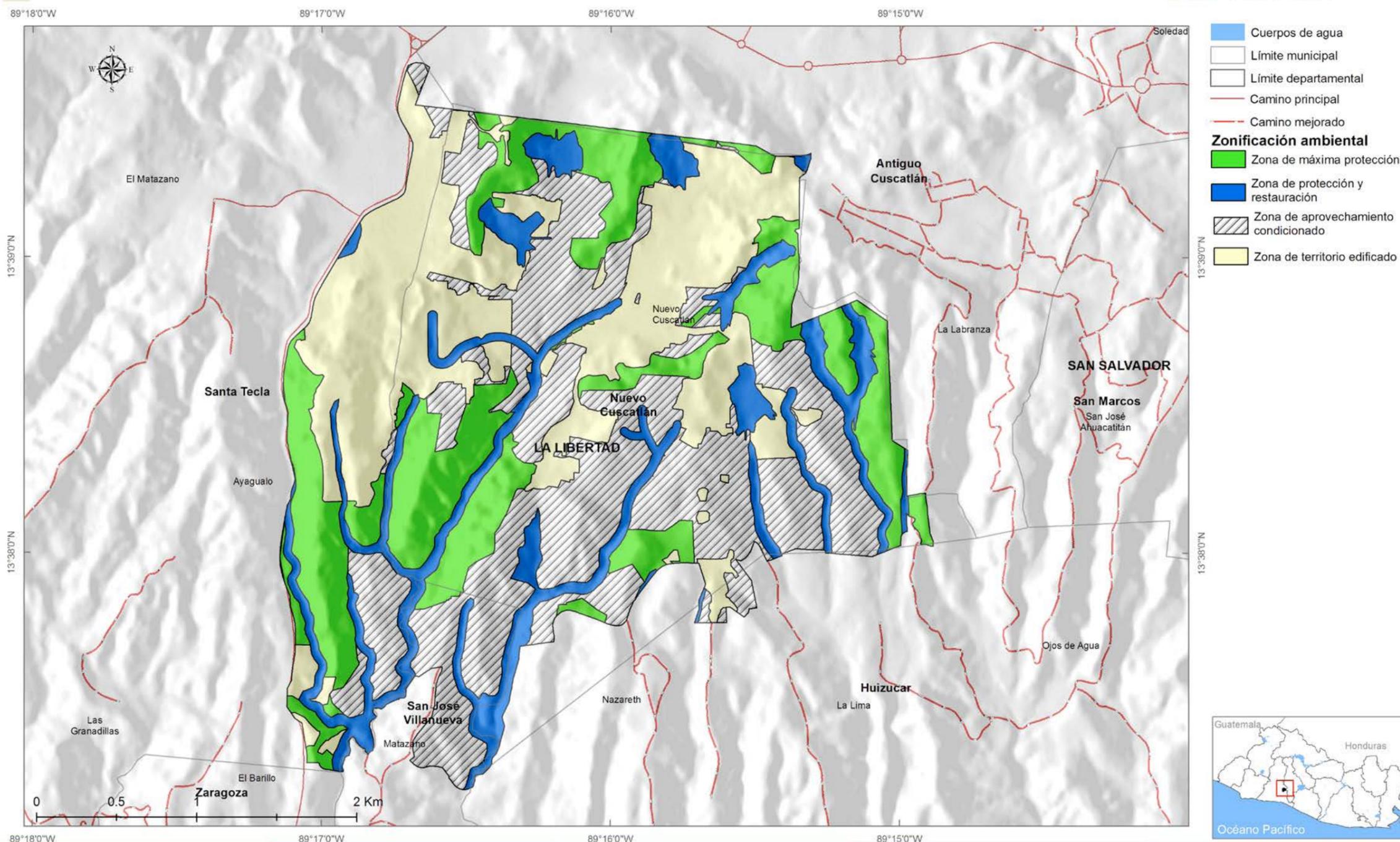


Figura 141. Zonificación ambiental y usos del suelo en el municipio de Nuevo Cuscatlán
Fuente: MARN



7

Calidad de aire



La calidad de aire en El Salvador está condicionada por factores humanos y factores climáticos. Los factores climáticos modifican las condiciones del espesor de la capa de aire que almacena la contaminación de acuerdo a la hora del día.

Durante la época seca se produce los extremos en cuanto a calidad de aire. Por ejemplo, de noviembre a enero, hay mucho viento y se limpia de manera natural la concentración de contaminantes por lo que se tiene la mejor calidad del aire del año. En cambio, para los meses de febrero a abril, hay poco viento y la concentración de contaminantes desmejora la calidad de aire. Durante la época lluviosa, la calidad del aire es considerada como *bueno* o *aceptable*.

El factor humano produce la generación de residuos que son vertidos en los tres espacios disponibles en la naturaleza: suelo, agua y aire. En el caso del aire, las emisiones pueden ser naturales o pueden ser de fuentes fijas, fuentes móviles y fuentes de área. Las fuentes naturales, son producto de emanaciones volcánicas, fumarolas, polen y polvo sahariano en las ocasiones que alcanza a Centroamérica.

En cuanto a fuentes fijas, se refieren a la generación de electricidad con base a hidrocarburos, a la industria metalúrgica y a la industria cementera.

Las fuentes móviles están clasificadas por segmentos terrestres, marítimos y aéreos. Las terrestres generan la mayor contribución en la emisión de contaminantes, con menos contribución la industria aeronáutica y la marítima. Las fuentes de área se refieren a zonas extensas que emiten de manera dispersa la contaminación, en esta categoría se identifican las quemaduras en cañales del territorio nacional y los incendios forestales que se producen en la época seca del año.

La contaminación del aire se produce como consecuencia de la emisión de sustancias tóxicas y puede causar trastornos tales como ardor en los ojos y en la nariz, irritación y picazón de la garganta y problemas respiratorios. Bajo determinadas circunstancias, algunas sustancias químicas que se encuentran en el aire contaminado pueden producir cáncer, malformaciones congénitas, daños cerebrales y trastornos del sistema nervioso, así como lesiones pulmonares y de las vías respiratorias. A determinado nivel de concentración, y después de cierto tiempo de exposición, algunos contaminantes del aire son sumamente peligrosos y pueden causar serios trastornos e incluso la muerte.

En la Figura 143 se muestra, en resumen, los orígenes de los principales contaminantes presentes en el aire (tanto antropogénicos como biogénicos) y los efectos que estos causan en la salud humana y el medio ambiente:

Contaminantes	Fuentes antropogénicas	Fuentes biogénicas	Efectos
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Combustión	Descomposición de materia orgánica Procesos respiratorios	Efecto Invernadero (El aumento en CO ₂ evita que la energía del Sol recibida en la Tierra vuelva al espacio, siendo esta una causa del calentamiento global)
Monóxido de Carbono (CO)	Combustión (especialmente en el automotor)	Incendios forestales	Disminución absorción de oxígeno por las células rojas
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Combustión de carbón, leña y petróleo	Emisiones volcánicas	Lluvia ácida
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	Combustión aplicación de fertilizantes nitrogenados	Interacciones biológicas en suelos y aguas	Infecciones respiratorias Disminución función pulmonar en personas asmáticas
Amoníaco (NH ₄)	Tratamiento de desechos	Descomposición biológica	Lluvia ácida
Hidrocarburos (HC)	Combustión, evaporación de combustibles y pinturas Refinerías e industria química	Procesos biológicos	Efectos cancerígenos Precusores para la formación de ozono
Ozono (O ₃)	Fotocopiadoras	Oxidación de hidrocarburos Disociación del NO ₂ por radiación solar	Irritación de ojos y pulmón
Material Particulado	Combustión Procesos industriales	Erosión de suelos y rocas Polen de la vegetación	Transporte en el aire de metales pesados alergias e infecciones respiratorias
Plomo (Pb)	Actividades industriales, insumos agrícolas	Emisiones volcánicas	Daños neurológicos Reducción de capacidad de aprendizaje en niñez

Figura 143. Orígenes y efectos de los contaminantes atmosféricos
Fuente: Manual de Laboratorio, Monitoreo del Aire, Proyecto Aire Puro. Swisscontact, 2001

7.1. Fuentes contaminantes

Basándonos en el trabajo específico realizado durante el año 2006, fecha en la cual se realizó el primer inventario de emisiones para el AMSS, se conoció que del total de las emisiones que se generaron en el AMSS, las cuales alcanzaron 290,946 toneladas de contaminantes (excluyendo el CO₂), el 51 % provienen del tráfico vehicular, 13 % del manejo y disposición final de desechos sólidos, 10 % de la cocción residencial de alimentos, 10 % de la generación de energía eléctrica, 7 % del polvo de los caminos pavimentados, y el 9 % restante de todas las demás categorías de fuentes (Figura 144).

Con relación al mayor emisor del AMSS, el tráfico vehicular, se determinó que son tres subcategorías de vehículos los mayores contaminantes del aire: los microbuses de transporte público; buses de transporte público; y comerciales/transporte de carga. En conjunto, estas tres subcategorías constituyen apenas el 11.34 % de la flota vehicular del AMSS (Figura 145), pero descargan a la atmósfera el 90 % de las emisiones de material particulado PM_{2.5} en el AMSS (Figura 146).



Figura 142. Contaminación atmosférica generada por fuentes móviles.
Fuente: El Migueleño

Contribución de emisiones por actividad para el AMSS

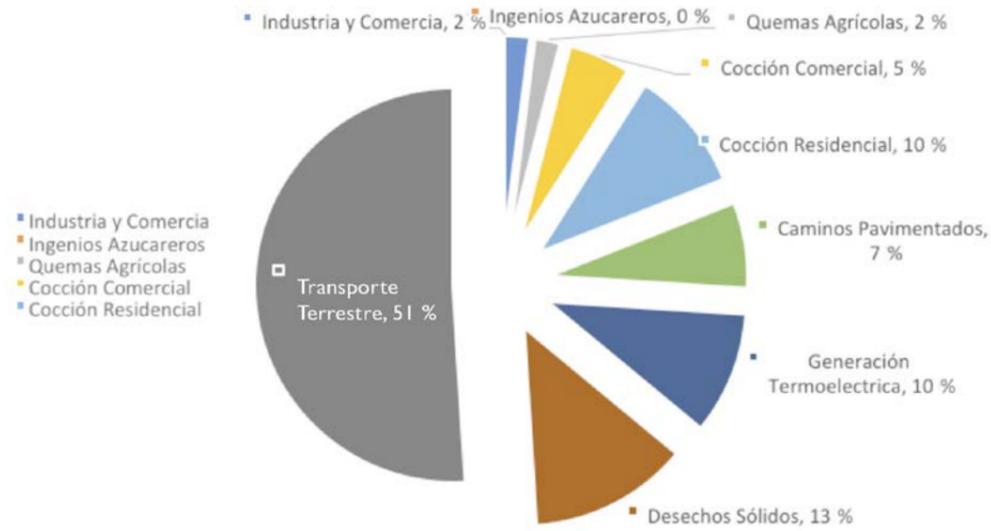


Figura 144. Contribución de emisiones por actividad para el AMSS
Fuente: Diagnóstico de la Calidad del Aire, Levantamiento de Fuentes Contaminantes y Diseño de la Red de Monitoreo, Eurolatina, 2006.

Composición de flota vehicular para el AMSS

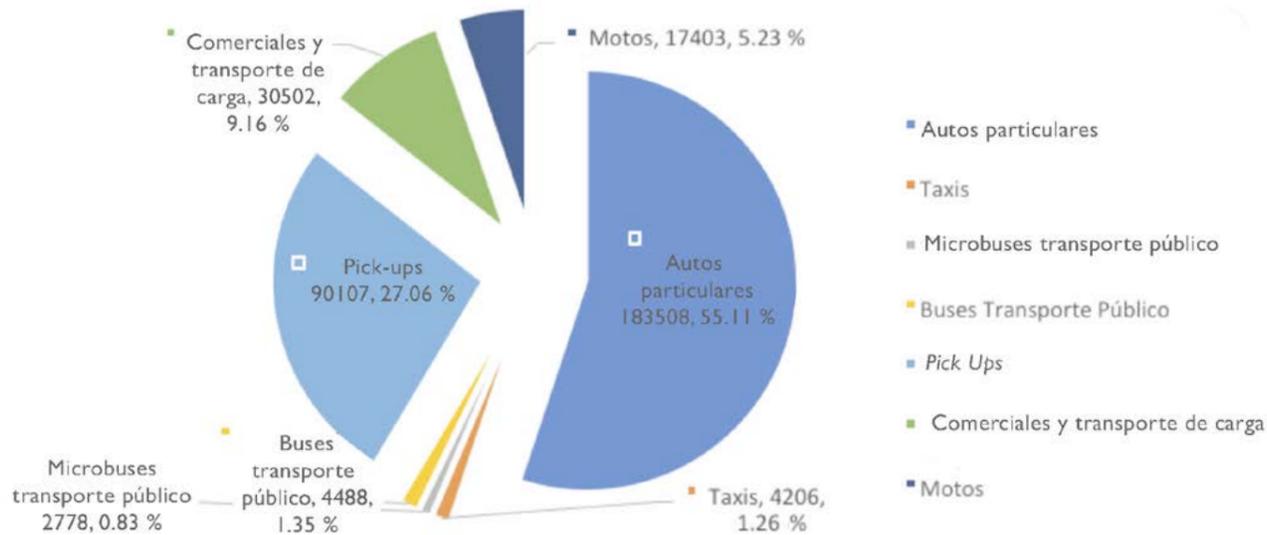


Figura 145. Composición de flota vehicular para el AMSS
Fuente: Diagnóstico de la Calidad del Aire, Levantamiento de Fuentes Contaminantes y diseño de la red de monitoreo, Eurolatina, 2006.

Emisiones de PM2.5 por tipo de transporte para el AMSS

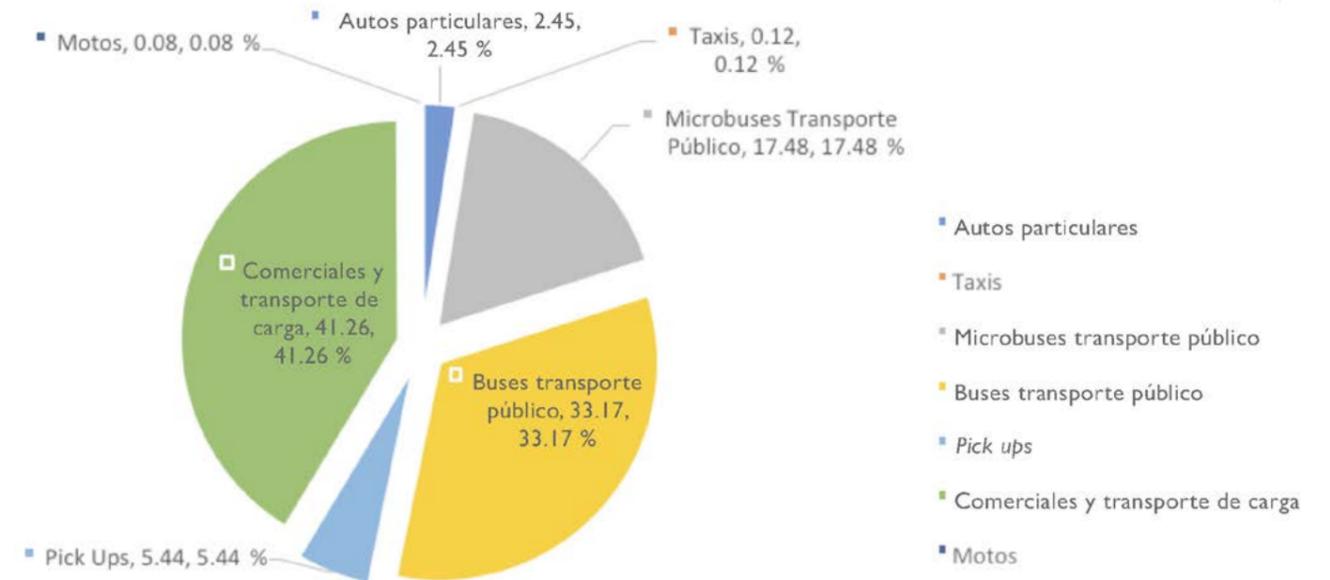


Figura 146. Emisiones de PM2.5 por tipo de transporte para el AMSS
Fuente: Diagnóstico de la Calidad del Aire, Levantamiento de Fuentes Contaminantes y Diseño de Red de Monitoreo, Eurolatina, 2006.

7.2. Inversión en salud

Empleando un método diseñado por la Organización Mundial para la Salud (OMS), y con los resultados de la modelación de PM10 en el AMSS, la distribución de la población en cada municipio de esa región, y las estadísticas del Ministerio de Salud, se estimó que el costo en salud atribuible a la contaminación del aire en el AMSS en el 2003 fue como mínimo de USD 54.84 millones. La Tabla 27 detalla estos costos de acuerdo al padecimiento específico.

Tabla 26
Costo por padecimiento por contaminación del aire para 2003

Padecimiento	Costo de los casos atribuibles a la contaminación del aire en USD
Mortalidad en adultos	21,852,082.00
Bronquitis aguda en niños (< 15 años)	4,181,078.00
Bronquitis crónica en adultos	959,813.89
Admisiones al hospital por causas respiratorias	691,873.59
Episodios de asma	7,205,702.90
Días de actividad restringida	19,953,822.00
Total	54,844,372.38

Fuente: Diagnóstico de la Calidad del Aire. Levantamiento de fuentes Contaminantes y diseño de la red de monitoreo, Eurolatina, 2006.

Según estimaciones de 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3,7 millones de defunciones prematuras; esta mortalidad se debe a la exposición a pequeñas partículas de 10 micrones de diámetro (PM10) o menos que pueden causar cardiopatías, neuropatías y cáncer.

La OMS en cuanto a la calidad del aire menciona que “una evaluación de 2013 realizada por la Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la OMS determinó que la contaminación del aire exterior es carcinógena para el ser humano, y que las partículas del aire contaminado están estrechamente relacionadas con la creciente incidencia del cáncer, especialmente el de pulmón”. También se ha observado una relación entre la contaminación del aire exterior y el aumento del cáncer de vías urinarias y vejiga.

En El Salvador, las infecciones respiratorias agudas (IRA) han representado la primera causa de enfermedad para el Ministerio de Salud. Durante 2014 constituyeron un costo de USD 46,303,235³². La identificación del gasto económico que se tiene a causa de la contaminación del aire obliga a realizar un análisis costo/beneficio que facilite el análisis del problema y posibilite desarrollar estrategias hacia el control y disminución de la contaminación emitida por actores principales. Además, incidir en la percepción del problema en los funcionarios que tienen poder de decisión en las distintas instituciones relacionadas a esta área.

Debido a lo anterior, es imperativo realizar un estudio que derive en la puesta en marcha de un plan de mejora de la gestión de calidad del aire y como resultado cumplir con los objetivos de la Agenda 2030 del desarrollo sostenible³³.

7.3. Material particulado PM2.5

Son partículas que se encuentran en el aire que se respira cuyo diámetro se encuentra por debajo de 2.5 micras, lo cual hace que fácilmente sean inhaladas por el ser humano y entren al organismo causando efectos a la salud.

Hoy en día muchos países de Europa y Latinoamérica también han catalogado a las partículas PM2.5 y PM10 como importantes del monitoreo en centros urbanos debido a los efectos que generan en la salud.

Por el tamaño fino de estas partículas, 30 veces más pequeñas que el grosor de un cabello (Figura 147), estas pueden ingresar en las partes más profundas de los pulmones (alvéolos) y generar problemas de salud como el asma, la bronquitis y los síntomas respiratorios agudos y crónicos, que posteriormente también pueden presentar problemas en el sistema cardiaco, siendo la niñez y las personas adultas mayores quienes son más susceptibles a padecerlos, ya que su sistema respiratorio inmune es más débil.

Las fuentes para emitir las PM2.5 en las ciudades son aquellas producidas por el ser humano, pues la mayoría de su generación se realiza durante la quema de combustible fósil como fuente de energía en procesos industriales y en el uso de los automotores. En El Salvador también contribuye la quema de parcelas para preparación de siembras agrícolas, la quema de basura y uso de leña para cocina.

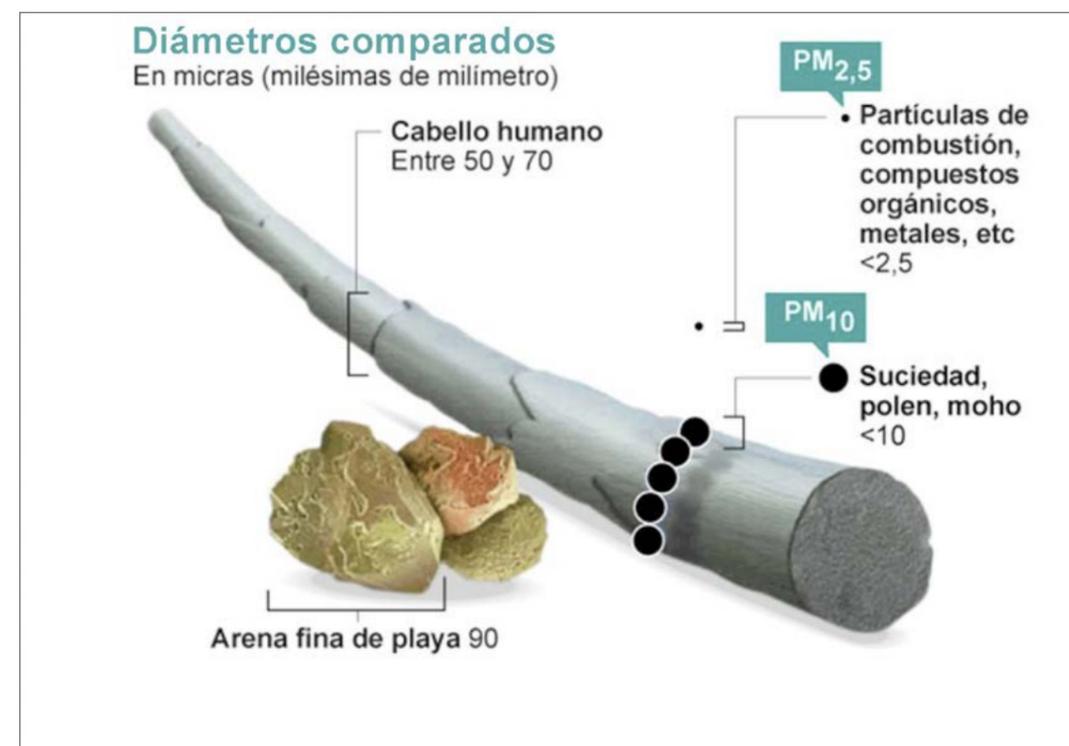


Figura 147. Comparación de tamaño de PM2.5 con cabello humano y grano de arena

7.4. Monitoreo de la calidad del aire

7.4.1. Red automática de monitoreo

Sobre la base del resultado del inventario de emisiones y de las corridas del modelo ISC3 para el AMSS, se ha determinado que existen cuatro grandes zonas de mayor contaminación en las cuales todos los contaminantes presentan sus máximas concentraciones. Estas zonas son:

1. El centro geográfico del AMSS que corresponde a un radio aproximado de tres kilómetros alrededor del centro de San Salvador.
2. La zona correspondiente a los municipios de Soyapango e Ilopango.
3. La zona de Santa Tecla.
4. La zona norte del AMSS desde el municipio de Cuscatancingo hasta Apopa.

³² Día Interamericano de la Calidad del Aire 2015. Epidemiología, MINSAL

³³ La resolución 70/1 de la Asamblea General de las Naciones Unidas: Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

Zonas de mayor alteración de la calidad del aire generada por autobuses y microbuses en el AMSS

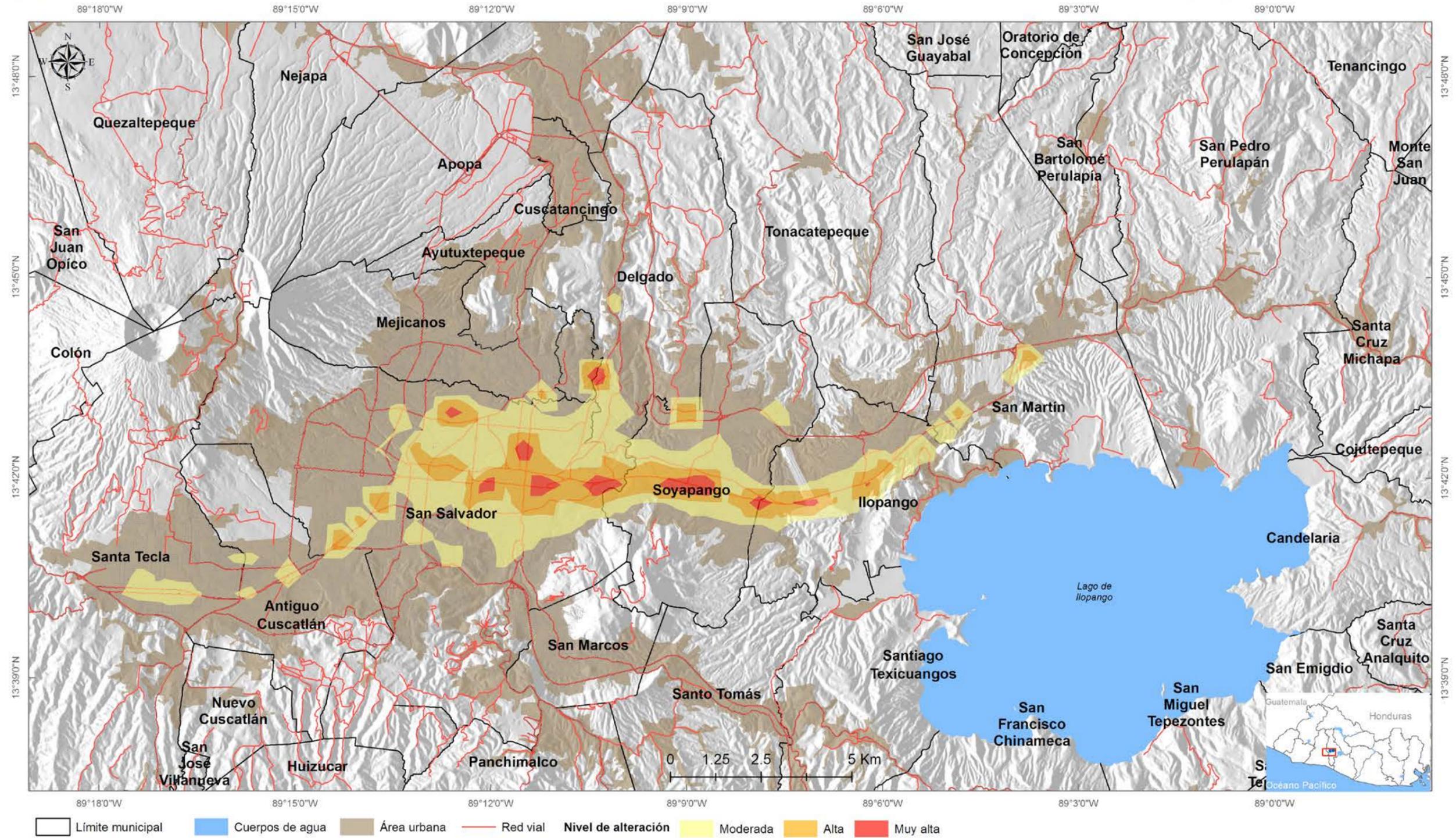


Figura 148. Modelación realizada para el material particulado (PM10) generada por las emisiones del transporte terrestre, en específico para autobuses y microbuses
Fuente: Diagnóstico de la Calidad del Aire, Levantamiento de fuentes contaminantes y diseño de red de monitoreo, Eurolatina, 2006.

A partir del 2008, el MARN realizó gestión para instalar la primera Red de monitoreo de la calidad del aire (REDCA) para el AMSS y que actualmente consta de tres estaciones, las cuales fueron instaladas respetando las zonas más prioritarias para la ubicación de sensores de monitoreo. Dos estaciones automáticas transmiten de

manera continua la información desde el 2012 y la tercera desde el 2017. Las estaciones se encuentran ubicadas en la Asamblea Legislativa, Universidad Don Bosco y Comando de Doctrina y Educación Militar (estaciones CGOB, UDB y CODEM, respectivamente).

Red de monitoreo de la calidad del aire (REDCA)

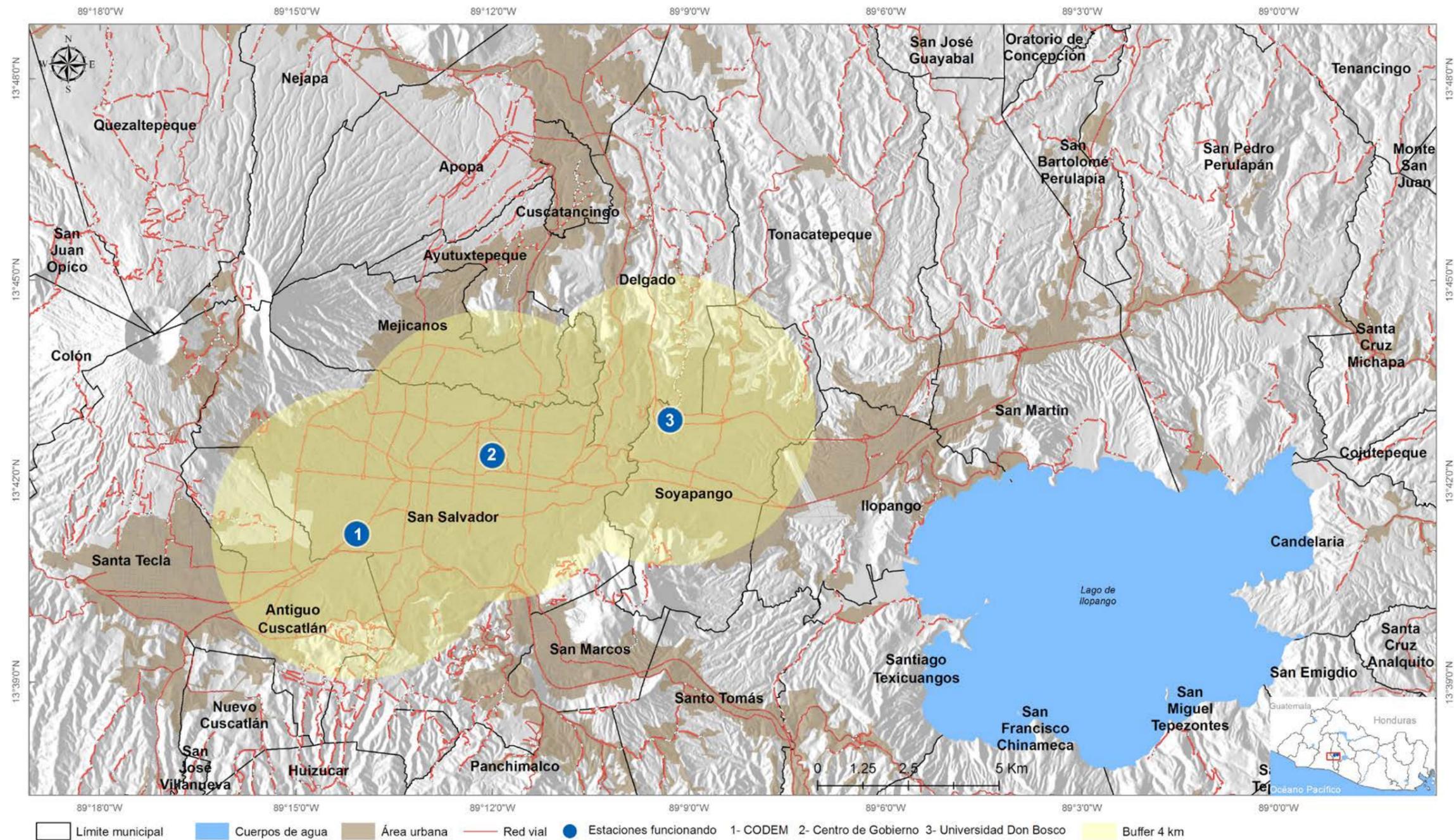


Figura 149. Ubicación de estaciones de monitoreo automáticas del MARN y su radio de alcance
Fuente: MARN

El MARN utiliza el monitoreo automático como herramienta base para identificar eventos de alta concentración de PM_{2.5} en el aire que respira la población del AMSS, es por ello que a partir del 2015 se difundió a través de los medios de comunicación el monitoreo en línea que realiza este ministerio y que es de acceso para toda la población a través del sitio web oficial del MARN: www.marn.gov.sv.

Asimismo, realizar un monitoreo continuo es fundamental como herramienta básica para la gestión integral de la calidad del aire en El Salvador debido a que el MARN vigila el cumplimiento del marco legal vigente. La Norma Salvadoreña Obligatoria de Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas (NSO 13.11.01:01) establece los límites de concentración de partículas en el ambiente, tanto para corto plazo (24 horas), como largo plazo (Anual)

Tabla 27
Límites de calidad del aire para partículas PM₁₀ y PM_{2.5}

Contaminante	Símbolo	Unidad de concentración	Límite de inmisión	Período de medición
Partículas inhalables	PM ₁₀	µg/Nm ³	50	Anual
			150	24 horas
	PM _{2.5}	µg/Nm ³	15	Anual
			65	24 horas

Fuente: Norma Salvadoreña Obligatoria Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas (NSO 13.11.01:01)

Las normas de calidad del aire, no dependen únicamente de la concentración, sino también del tiempo de exposición al contaminante, de tal forma la Norma Salvadoreña NSO 13.11.01:01 Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas, presenta límites para cada contaminante, exposición de 24 horas y promedios anuales.

7.4.2. Índice de Calidad del Aire

Para poder interpretar más fácilmente la información, los resultados del monitoreo se presentan utilizando el Índice de Calidad del Aire para material particulado durante períodos de exposición a corto plazo a fin de obtener información adicional referida al riesgo de afectación a la salud por la contaminación atmosférica. Se coloca un color de referencia asociado a cada nivel para poder interpretar mejor los resultados diarios.

Los valores son adoptados de la propuesta del Índice Centroamericano de Calidad del Aire (ICCA) de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) en la Guía para Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas (Figura 150).

El ICCA se divide en seis categorías de interpretación de la calidad del aire (Buena, Moderada, Dañina a la salud de los grupos sensibles, Dañina a la salud, Muy dañina a la salud y Peligroso), estableciendo para cada categoría, un rango de concentración de contaminantes para cada parámetro y las indicaciones a la salud, asociada a las acciones de prevención para limitar la exposición al contaminante.

Eventualmente, se puede tener el caso de registrar una categoría (por ejemplo, *moderada*), para un parámetro, pero registrar para otro parámetro, diferente categoría (por ejemplo, *buena*). En ese caso, para evitar confusión, se notifica a la población la categoría más desfavorable.

ICCA	Calidad del aire Material particulado (PM)	PM _{2.5}	Indicaciones para su salud
0 - 50	Buena	0- 15.3	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
51-100	Satisfactoria	15.5-40.2	No se anticipan impactos a la salud cuando la calidad del aire se encuentra en este rango.
101-150	No satisfactoria	40.5-65.4	Los niños y adultos activos, y personas con enfermedades respiratorias tales como el asma, deben evitar los esfuerzos físicos excesivos y prolongados al aire libre.
151-200	Dañina	66-159	La gente con enfermedades respiratorias tal como asma, debe evitar el esfuerzo al aire libre; todos los demás, especialmente los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
201-300	Muy dañina a la Salud	160-250	La gente con enfermedades respiratorias tal como asma, debe evitar todo el esfuerzo al aire libre; especialmente los mayores y los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
301-500	Peligroso	251-500	Todos deben evitar el esfuerzo al aire libre; gente con la enfermedad respiratoria tal como asma, debe permanecer dentro

Figura 150. Índice Centroamericano de la Calidad del Aire (ICCA)
Fuente: Propuesta de Índice Centroamericano de Calidad del Aire (ICCA) de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)

7.4.3. Promedios diarios

En la Figura 151 y la Figura 152 se puede resumir para el período 2012-2017, la distribución del porcentaje de días del año según el ICCA:

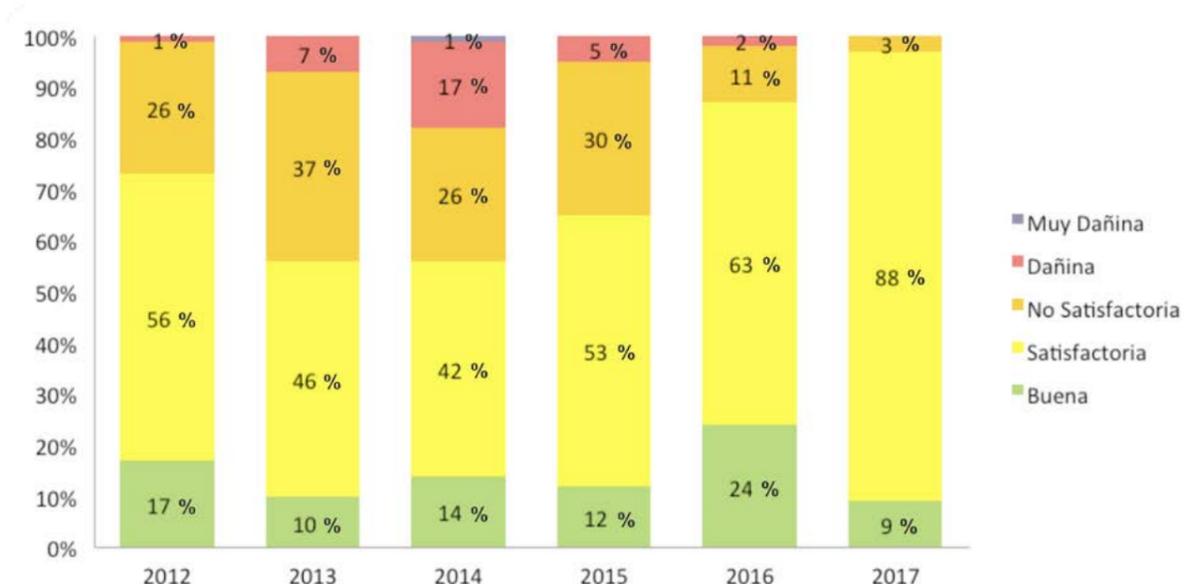


Figura 151. Distribución de porcentaje según ICCA para los promedios diarios de PM_{2.5} en estación CGOB
Fuente: MARN

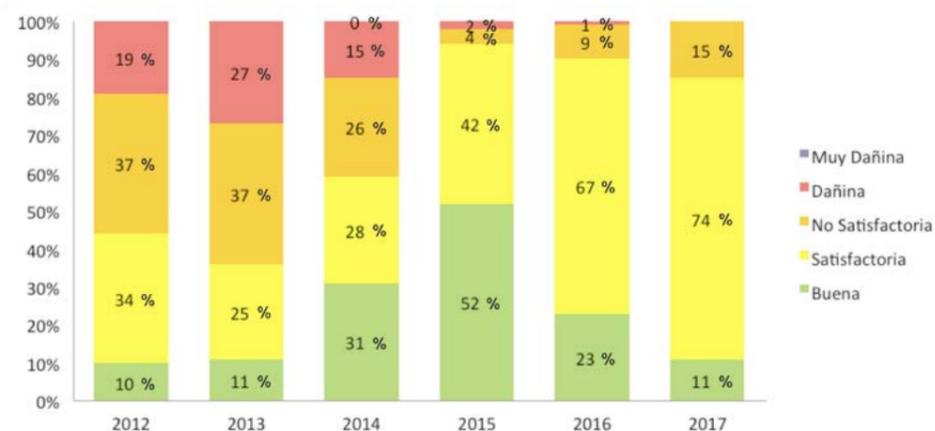


Figura 152. Distribución de porcentaje según ICCA para los promedios diarios de PM2.5 en la estación UDB. Fuente: MARN

7.4.4. Promedios anuales

Los valores promedios anuales para el período 2012 - 2017 se muestran en la Figura 153, los cuales son el resumen de la recolección de datos diarios durante todo el año. Estos datos, son retomados vía internet de manera horaria de las dos estaciones automáticas conectadas en línea que se encuentran actualmente en el AMSS.

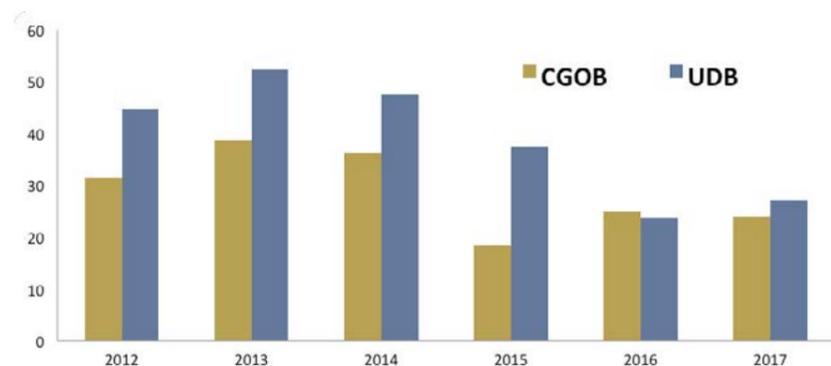


Figura 153. Valores promedios anuales para PM2.5 por estación de monitoreo Fuente: MARN

En cuanto a la distribución temporal, los meses de junio y julio se asocian, en mayor medida, a la categoría de *buena* calidad del aire, mientras que los meses de abril, mayo (meses en época seca sin viento) y diciembre (aumento de PM2.5 por quema de pólvora), se asocian a las categorías de *no satisfactoria*, *dañina* y *muy dañina*. El resto de meses se asocian, en mayor medida, a la categoría de *satisfactoria*.

Los días sábado y domingo se asocian más con las categorías de *satisfactoria* y *buena*, mientras que el resto de días de la semana se relaciona a *no satisfactoria* y, de manera menos frecuente, a las categorías *dañina* y *muy dañina*. El rango de horas que se vincula a las categorías de *dañina* y *no satisfactoria* inicia a las 6:00 a.m. y concluye a las 10:59 a.m. reiniciándose a las 4:00 p.m. y llega hasta las 6:59 p.m. Lo anterior denota, por un lado, la influencia de las condiciones meteorológicas en la calidad del aire (variación mes a mes) y, más aún, la fuerte influencia de las fuentes móviles en la cantidad de material particulado, asociando las peores condiciones a los días y horas de mayor tráfico.

Puede observarse que, aunque aún no se cumplen los valores anuales establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas (NSO 13.11.01:01), ha existido una mejora en la calidad del aire en los últimos años, asociado, probablemente, a la incorporación en el mercado nacional de combustibles más limpios.

7.5 Gestión de la calidad del aire

En el área de calidad del aire, el MARN ha realizado distintas gestiones con diferentes instituciones, tanto nacionales como internacionales. Con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) México, se logró desarrollar de manera conjunta la elaboración del primer protocolo de actuación ante eventos de alta concentración de PM2.5 en el AMSS. Este protocolo se encuentra vigente desde el año 2016 y con el apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) a través del Instituto Battelle, el MARN recibió capacitación técnica para el uso del software de modelación numérica para calidad del aire CMAQ, el cual permite realizar y visualizar las condiciones para las próximas 48 horas. Este programa se encuentra funcionando desde finales del 2016 y es un insumo fundamental para la toma de decisiones en la alerta temprana por contaminación atmosférica.

Actualmente, con el apoyo de INECC y SEMARNAT, ambos de México, se ejecuta un proyecto para la elaboración de guías técnicas y prácticas a fin de actualizar los inventarios de fuentes fijas y móviles, lo que permitirá mejorar el nivel de conocimiento sobre las fuentes contaminantes, establecer una nueva línea base, realizar modelajes y analizar la capacidad del medio receptor, así como mejorar los modelos numéricos para el pronóstico de la calidad del aire.

La calidad del aire debe ser prioritario no solo para El Salvador, ya que, según publicación del Banco Mundial, a escala mundial, la contaminación del aire fue responsable de aproximadamente nueve millones (16 %), de todas las muertes prematuras en el mundo en 2015. Esta cifra representa tres veces más muertes que las causadas por el sida, el paludismo y la tuberculosis en conjunto; 15 veces más muertes que las ocasionadas por la guerra y todos los tipos de violencia, y más muertes que las provocadas por el alcohol (2,3 millones), los accidentes de tránsito (1,4 millones) o la malnutrición infantil y materna (1,4 millones).

Al ver la región de América Latina y El Caribe, ONU Medio Ambiente recalca que la problemática con el sector transporte es la misma en todos los países. Las cantidades de emisiones que se generan al año por los distintos tipos de automotores, sobre todo, transporte público van en aumento, siendo la mayor causa de contaminación en toda la región, alcanzado el 22 % de las emisiones de la región. También establecen que entre los contaminantes de mayor preocupación para la salud pública incluyen el material particulado.

Por lo anterior, el MARN durante el año 2017 ha trabajado con ONU Medio Ambiente y el CEGESTI, para llevar a cabo el proyecto "Combustibles limpios y vehículos más eficientes en El Salvador", que se enmarca dentro de la Iniciativa Global de Economía de Combustibles (GFEI). Proyecto que busca generar las condiciones para la transformación del mercado automotriz que incorpore, progresivamente, tecnologías más eficientes y de menores emisiones de contaminantes. Con esta transformación se reducirá el riesgo que implica la contaminación atmosférica para la salud de los habitantes de las zonas urbanas, se aportará a los esfuerzos internacionales para controlar el cambio climático y se aumentará la seguridad energética del país.

El objetivo general de este estudio es establecer una estimación de la economía de combustible de referencia para los vehículos ligeros nuevos (LDV) que ingresaron a la flota nacional. La investigación espera facilitar las discusiones sobre políticas, proporcionar una evaluación científicamente sólida de la economía de combustible de los vehículos ligeros nuevos que ingresan a la flota al día.

La economía de combustible promedio de la flota de LDV es actualmente de 216.3 g de CO₂/km, mejorando a un ritmo de 5.5 %/año, con una economía de combustible promedio anticipada de 203.9 g de CO₂/km para 2030, si las tendencias actuales continúan.

El análisis de la situación realizado por expertos internacionales en ahorro de combustible y herramientas de proyección contribuyó a identificar 14 estrategias a través de las cuales el Gobierno de El Salvador puede mejorar la economía de combustible de su flota de automóviles a un estimado de 88.7 g de CO₂/km para 2030, lo que pondría al país en línea con objetivos internacionales propuestos por GFEI, los cuales pretenden llegar a una economía de combustibles de 4.2 lge/100 km en el año 2030.

8

Saneamiento ambiental



Si se toma una definición más o menos consensuada sobre el concepto de cambio climático entre la vasta bibliografía sobre el tema (Molina, Sarukhán y Carabias, 2017: 153, por ejemplo), es posible afirmar que el fenómeno constituye un resultado (no deseado) de la operación de dos componentes principales. El primero, relacionado con el aparato de producción requerido para satisfacer las necesidades humanas, cuya operación descansa, predominantemente, en el uso de combustibles fósiles. El segundo, relacionado con el crecimiento mismo de la población mundial, y cuya intensidad se encuentra inextricablemente vinculado con la capacidad productiva de la sociedad. Una definición útil en tanto identifica correctamente los dos agentes causales del conflicto, pero fallida en cuanto que no incluye los lazos de iteración entre estos dos mecanismos. Una limitación que, sin embargo, puede ser superada si se considera el componente del consumo. Tanto el consumo que realiza el aparato de producción para producir más mercancías, como el consumo que efectúa la población de estos objetos-mercancías para satisfacer sus necesidades, y cuya suma se define como consumo agregado.

Se ha indicado antes que el consumo agregado en El Salvador es superior a la riqueza generada en términos del Producto Interno Bruto (PIB) desde, por lo menos, la década de 1990, lo que quiere decir que el país ha consumido más de lo producido durante un período de casi 30 años. En este lapso, el consumo privado o no productivo, ha sido, por mucho, el principal componente del consumo, sobrepasando el 90 % del PIB, con lo que El Salvador se coloca entre los diez países de mayor consumo privado del mundo.

Para mantener este alto nivel de consumo improductivo con cuantiosos déficits de ahorro e inversión, el país ha requerido de un formidable flujo de remesas familiares, lo que al mismo tiempo ha reforzado el sesgo consumista y antiproductivista de la economía salvadoreña.

El consumismo es una distorsión sistémica del modelo de producción capitalista que resulta de la transformación de los deseos humanos, como la principal fuerza de impulso de la sociedad, una fuerza que, en este caso y a decir de Zygmunt Bauman (2009: 46), coordina la reproducción sistémica y la integración social. En tal sentido, el consumismo no asocia la felicidad con la satisfacción de las necesidades básicas, sino con el aumento perpetuo del volumen e intensidad de las nuevas apetencias, lo que a su vez desencadena un proceso de sustitución instantánea de los objetos –mercancía por una lista inabarcable de otros más. Y estos nuevos objetos– mercancía, por su naturaleza transitoria, deben ser productos con obsolescencia incorporada, y cuyo consumo ininterrumpido requiere, simultáneamente, del crecimiento exponencial de la industria de eliminación de los residuos.

De acuerdo con los esquemas conceptuales de la economía ambiental, los residuos generados por las sociedades consumistas se definen como “externalidades”, es decir, como los costos que los agentes económicos imponen a otros sin pagar un precio por sus acciones; mientras que el clima, entendido como el conjunto de condiciones atmosféricas propias de un lugar, es considerado como un “bien público”. En esta lógica, los agentes que producen los efectos externos negativos no pagan la totalidad de los costes que generan y no tienen, por lo tanto, ningún incentivo para rehuir o eliminar la externalidad.

Ante tal situación, existe consenso entre los economistas ambientales de que una medida necesaria para corregir los devastadores efectos de las externalidades negativas –y antes por supuesto de atacar los determinantes del consumismo– consiste en “poner un precio” a los desechos contaminantes, de tal forma que las empresas y las personas consideren el costo de contaminación. Pretenden, en suma, que los agentes que provocan los daños ambientales los internalicen y, en consecuencia, modifiquen su comportamiento, y así, mediante este mecanismo de precios, el ambiente *sane*.

Un segundo aspecto conceptual de gran relevancia para abordar el tema del saneamiento ambiental, es el que se relaciona con el problema de los bienes públicos, o sea, con los bienes que pueden ser consumidos por todos los

miembros de una comunidad. Desde esta perspectiva, el problema consiste en que los agentes utilizan el medio ambiente y la naturaleza en general como un bien público, al que arrojan sus emisiones ilimitadamente. A pesar de que, sobrepasar los límites, implicaría consecuencias funestas para todos los mismos agentes que lo provocan, el sistema no es capaz de conjugar una fórmula que funcione efectivamente para reducir las emisiones. En este escenario, todos los agentes estarían mejor si cooperaran en lugar de competir, desde luego, pero el problema radica en que ese espíritu de cooperación no está en el código genético de las sociedades consumistas, por lo que la única solución posible debería ser, entonces, el cambio de las “reglas del juego” para reducir las emisiones, un asunto que necesariamente pasa por la transformación del conjunto de las normas, instituciones y agentes.

Tradicionalmente, la problemática del saneamiento ambiental se ha abordado como si se tratase de un asunto meramente técnico y, por esta misma razón, estrictamente limitado a la provisión de servicios de alcantarillado sanitario en las áreas urbanas, letrinización en las zonas rurales y, más recientemente, el manejo de los residuos sólidos de las áreas urbanas.

Una de las contribuciones más importante de la Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental (ENSA) ha sido proponer una noción del saneamiento que incluya no sólo el conjunto de acciones abocada al tratamiento de los residuos, sino también la prevención y el control de factores ambientales que potencialmente puedan afectar la salud de la población, cuando por salud se entiende el estado completo de bienestar físico, mental y social (MARN, 2013d).

Desde este nuevo enfoque, las presiones que genera el manejo irresponsable de materiales tóxicos, el abuso de agroquímicos en la agricultura, la contaminación de cuerpos de agua por vertidos domésticos e industriales sin ningún tratamiento previo y la presencia de todo tipo de residuos en los espacios públicos, constituyen problemas severos de saneamiento, que acarrear graves consecuencias para la salud de las personas y los ecosistemas y limitan las posibilidades para el desarrollo sustentable de las actividades económicas en el país. En lo que respecta al estado del saneamiento ambiental, el análisis se centra en la generación de residuos sólidos y peligrosos y los problemas relacionados con el tratamiento de aguas residuales.

Según lo reconocía el Relator Especial de la ONU sobre el derecho al agua potable y al saneamiento, Leo Heller, El Salvador ha logrado avances notables en el acceso a agua y saneamiento en las últimas décadas. De acuerdo con el monitoreo de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), El Salvador superó sus metas en 2015, con casi 94 % de la población obteniendo un acceso mejorado a agua, y 75 % con acceso mejorado a servicios de saneamiento. A pesar de esos avances, más de 600 mil personas aún no tienen acceso a ningún tipo de servicio de agua potable y saneamiento, ni siquiera a través de la recolección de aguas lluvia; y más de un millón de personas solo tienen acceso a un servicio deficiente de agua, que no garantiza su potabilidad (ONU, 2016b).

8.1. Gestión de residuos sólidos

En el año 2010, fue lanzado el Programa Nacional para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos (MIDS), después de una consulta con las 262 municipalidades. La limitada oferta de sitios de disposición final adecuada, presentó un problema en la concentración de los mismos, provocando costos insostenibles de transporte y manejo final y la proliferación de puntos de transferencia ilegales que operan en condiciones precarias e insalubres.

Los elevados costos de transporte y disposición final, generó una disminución en la cobertura y frecuencia del servicio de recolección municipal causando condiciones insalubres en las ciudades. Asimismo, la ausencia de mecanismos que regulen la calidad de los servicios y sus costos, tomando en cuenta la economía de escala de este tipo de servicios, ha provocado cobros excesivos y el endeudamiento de las municipalidades. Aunado a esto, las municipalidades no han tomado las decisiones oportunas para la revisión y actualización de tasas y mecanismos de cobro que les permita disponer de más ingresos por el servicio.

Para enfrentar esta situación, el Programa Nacional de Manejo Integral de los Desechos Sólidos se planteó los siguientes objetivos estratégicos:

- Promover la adopción de hábitos y prácticas de consumo sostenibles, reducir al mínimo la generación de desechos sólidos y aumentar al máximo la reutilización y el reciclaje de los mismos.
- Promover y alcanzar calidad y cobertura universal de los servicios de manejo de desechos sólidos con base en

sistemas de manejo integral y sostenible a fin de prevenir la contaminación ambiental y proteger la salud de la población.

- Promover el manejo integral de los desechos sólidos articulando el accionar de las instituciones competentes, la responsabilidad empresarial, la participación ciudadana y el acceso a la información.

El programa está compuesto por tres planes: el Plan Nacional de Sensibilización en Manejo Integral de Desechos Sólidos (MIDS); el Plan Nacional de Recuperación de Desechos Sólidos y el Plan Nacional para el Mejoramiento del Manejo de los Desechos Sólidos.

Es importante remarcar que, para cumplir con los objetivos estratégicos planteados, fue necesario crear condiciones adecuadas para el mejoramiento de la gestión integral de los desechos sólidos, y por ello se planteó como una primera etapa del programa la implementación del Plan para el Mejoramiento del Manejo de Desechos Sólidos en El Salvador.

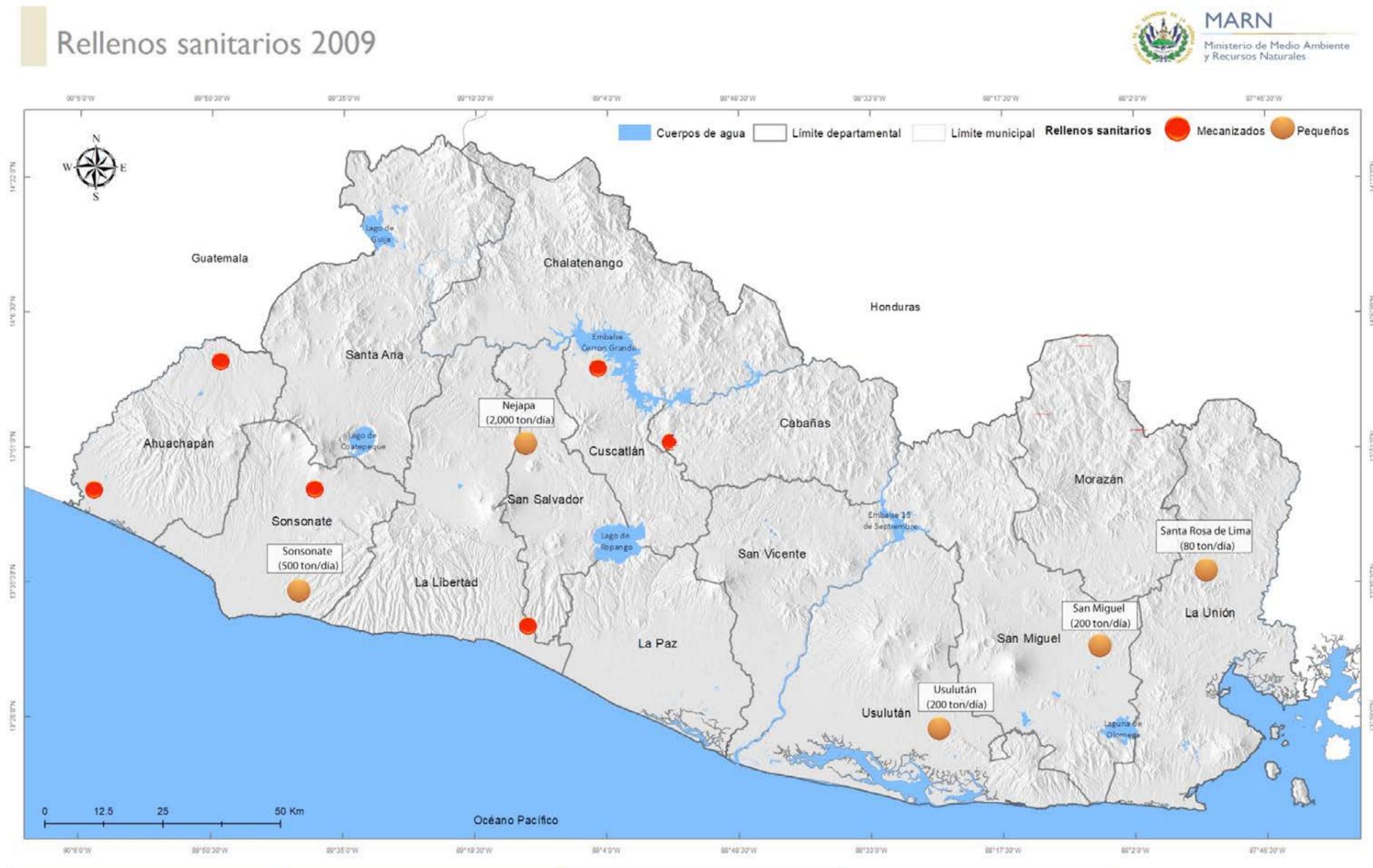


Figura 154. Ubicación geográfica de los rellenos sanitarios 2009
Fuente: MARN con base en los informes mensuales de los rellenos sanitarios

Oferta ampliada de disposición final 2019



Figura 155. Oferta ampliada de disposición final 2019
Fuente: MARN

Entre 2010 y 2017, se han realizado significativos avances en el desarrollo de infraestructura sanitaria. En el marco del Plan Nacional para el Mejoramiento del Manejo de los Desechos Sólidos, se construyeron 11 plantas de compostaje que beneficiaron a un estimado de 36 municipios, se construyeron y ampliaron tres rellenos sanitarios, ubicados estratégicamente en los departamentos de Chalatenango, Santa Ana y Santa Rosa de Lima, con una vida útil hasta el año 2021, beneficiando a más de 60 municipios. Se ha previsto para 2018 la construcción del relleno sanitario de San Vicente, que brindará servicio a 20 municipios de la zona paracentral.

En El Salvador, la prioridad para la gestión de residuos sólidos se ha concentrado en las áreas urbanas, dada la alta densidad poblacional y la consiguiente concentración de generación de desechos y riesgo que ello conlleva para la salud humana y el medio ambiente. Los datos de la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM, 2016), a escala nacional identifica 1,784,558 hogares, de los cuales 1,136,685 son considerados urbanos y 647,873 rurales, con porcentajes de 63.7 % urbano y 36.3 % rural.

Según la misma encuesta, a escala nacional el 51.1 % de los hogares entrega los desechos a la recolección pública, un 0.98 % a servicios privados, un 3.13 % deposita en contenedores y un 0.04 % recicla, por lo que se concluye que en el país el 55.25 % dispone los desechos adecuadamente; el 44.75 % de hogares restantes dispone sus desechos de la siguiente forma: 36.03 % los quema, 6.59 % tira en cualquier lugar, 1.82 % los entierra y 0.26 % no expresa que hacen.

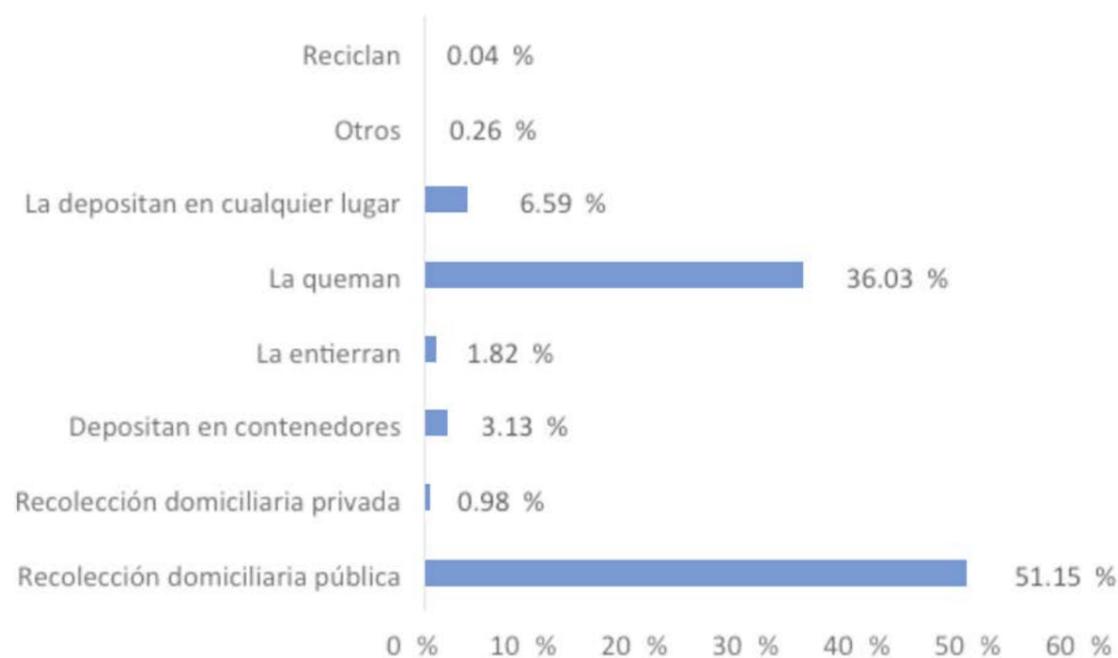


Figura 156. Tratamiento de desechos sólidos a escala nacional
Fuente: elaborada con datos de la EHPM 2016- Dirección General de Estadísticas y Censo, mayo 2017.

Así mismo la EHPM 2016, segregando para las áreas urbanas, presentan los siguientes resultados: 74.40 % de los hogares reportan usar el servicio de recolección municipal, el 4.80 % lo depositan en contenedores también servidos por las municipalidades, lo que hace un total de 79.3 % que reciben el servicio de recolección; el 15.20 % lo quema y el 3.90 % lo deposita en cualquier lugar. En las áreas rurales el 10.30 % reporta entregarlos al servicio municipal de recolección, el 72.50 % lo quema y el 11.30 % lo deposita en cualquier lugar.

La quema de desechos es una práctica que representa riesgos para la salud y el medio ambiente, principalmente por estar asociada a la liberación de dioxinas y furanos, que son sustancias altamente tóxicas que se generan en la combustión a bajas temperaturas de desechos que contienen elementos clorados. Las dioxinas y furanos se encuentran identificadas en el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, con propiedades cancerígenas y capacidad de causar diferentes daños a la salud.

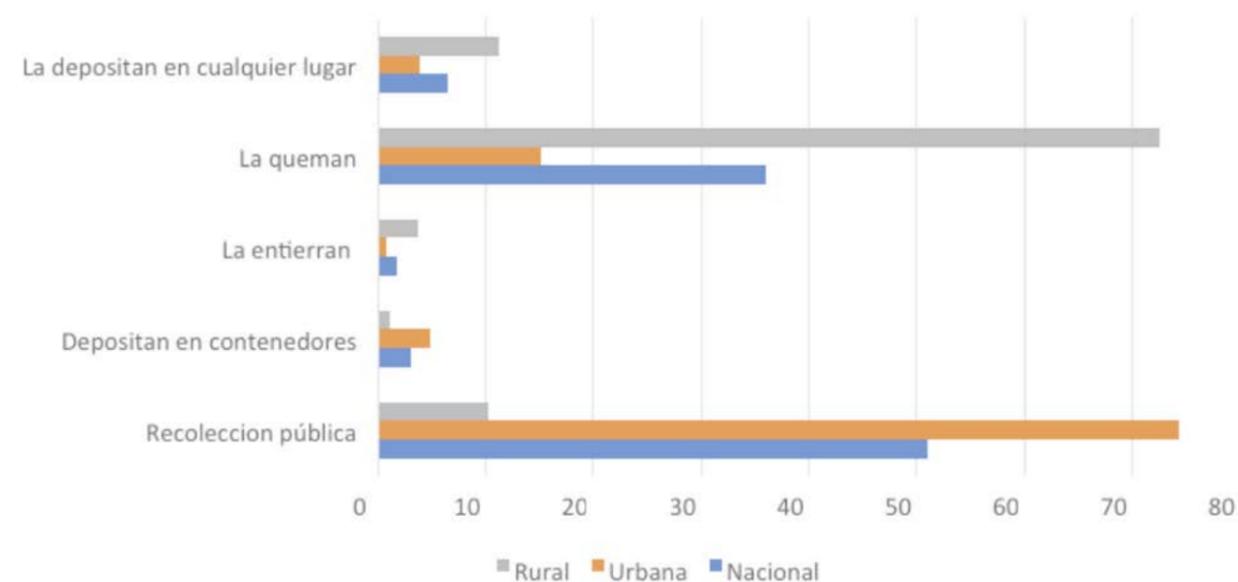


Figura 157. Tipo de disposición de desechos por ubicación de hogares
Fuente: elaboración propia con base en los datos de la EHPM 2016, Dirección General de Estadísticas y Censo, mayo 2017.

Instalaciones para servicios en manejo de desechos sólidos

Los servicios de recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final de desechos sólidos no peligrosos son prestados, en su mayor parte, por las municipalidades, ya sea de forma directa, asociada, tercerizada o a través de empresas de economía mixta. Para el año 2016, la infraestructura que facilita la logística requerida para el funcionamiento del sistema nacional se localizaba, según se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28
Localización de la infraestructura para el funcionamiento del Sistema Nacional

Departamento	N° de Municipios	N° de plantas de compostaje	N° de rellenos sanitarios	N° de estaciones de transferencia
Santa Ana	13	4	1	0
Ahuachapán	12	1	2	1
Sonsonate	16	1	2	0
Subtotal	41	6	5	1
La Libertad	22	3	1	2
Chalatenango	33	8	1	1
San Salvador	19	2	1	2
Subtotal	74	13	3	5
Usulután	23	5	1	0
San Miguel	20	2	1	0
Morazán	26	3	3	0
La Unión	18	1	1	0
Subtotal	87	11	6	0
La Paz	22	2	0	0
San Vicente	13	4	0	1
Cuscatlán	16	2	1	0
Cabañas	9	3	1	1
Subtotal	60	11	2	2
Total	262	41	16	8

Fuente: datos del seguimiento y monitoreo de la Unidad de Desechos Sólidos del MARN

Disposición de residuos

Utilizando la base de datos de los informes anuales de la operación de los rellenos sanitarios mecanizados, se estima que para el año 2016 las áreas urbanas generaron aproximadamente 3676 toneladas por día de residuos sólidos no peligrosos y se recolectaron en promedio 3198.13 (87 %) de las cuales 3014.33 (82 %) se entregaron y procesaron en los rellenos sanitarios; 110.3 toneladas por día se compostaron (3 %) y 73.52 toneladas por

día se entregaron a empresas de recuperación y reciclaje (2 %), conformando así el 87 %. Finalmente, 367.6 toneladas por día son quemadas o tiradas en quebradas, barrancas, carreteras que, corresponde al restante 10 % de la generación nacional.



Figura 158. Disposición de residuos

Fuente: datos del seguimiento y monitoreo de la Unidad de Desechos Sólidos del MARN

Disposición en rellenos sanitarios

La disposición final de desechos sólidos se realiza principalmente en la red de rellenos sanitarios, de los cuales ocho son mecanizados y ocho son manuales. Los rellenos mecanizados tienen una capacidad de recepción que varía entre 50 y 1800 toneladas de desechos sólidos diarios.

Tabla 29
Rellenos sanitarios mecanizados y manuales en funcionamiento al año 2017

N°	Nombre	Extensión (Mz)	Tipo	Inicio de operaciones	Forma de administración
1	Nejapa	100	Mecanizado	Mayo 1999	Empresa de economía mixta
2	Sonsonate	84.60	Mecanizado	Junio 2001	Tercerizado a empresa privada
3	Santa Ana	122	Mecanizado	Enero 2014	Asociación de municipios
4	Usulután	60	Mecanizado	Diciembre 2006	Empresa de economía mixta
5	La Libertad	4.30	Mecanizado	Agosto 2007	Tercerizado a empresa privada
6	San Miguel	27.18	Mecanizado	Diciembre 2007	Directa
7	Santa Rosa de Lima	23	Mecanizado	Mayo 2007	Asociación de municipios
8	Chalatenango	39.89	Mecanizado	Febrero 2013	Asociación de municipios
9	Santa Isabel Ishuatán	2	Manual	Enero 2002	Municipal
10	Perquín	5	Manual	Noviembre 2002	Municipal
11	Cinquera	4.30	Manual	Abril 2003	Municipal
12	San Francisco Menéndez	5	Manual	Agosto 2003	Municipal
13	Suchitoto	1.50	Manual	Octubre 2003	Municipal
14	Meanguera	4	Manual	Noviembre 2003	Municipal
15	Atiquizaya	9.44	Combinado o mixto	Junio 2005	Municipal
16	Corinto	3.86	Manual	No disponible	Municipal

Todos los rellenos sanitarios mecanizados cuentan con básculas para pesar los camiones, lo que permite llevar un seguimiento a lo que se entrega en cada uno de ellos. En la Tabla 30 se presentan los datos de las toneladas que ingresaron anualmente y el porcentaje que cada relleno recibió del total nacional para el 2016. Los rellenos manuales reciben solamente los desechos del municipio donde se ubican a excepción de Atiquizaya y Meanguera, que reciben de municipios vecinos.

Tabla 30
Toneladas de desechos dispuestos en rellenos sanitarios mecanizados en 2016

Rellenos mecanizados	Promedio día	Promedio mensual	Total	Porcentaje (%)
Nejapa	1,863.71	56,687.70	680,252.43	61.83
Sonsonate	405.79	12,342.68	148,112.17	13.46
Santa Ana (Texistepeque)	224.66	6833.45	82,001.44	7.45
Usulután	189.95	5777.74	69,332.83	6.30
La Libertad	158.06	4807.53	57,690.40	5.24
San Miguel	117.81	3583.45	43,001.43	3.91
Santa Rosa de Lima	42.33	1,287.40	15,448.77	1.40
Chalatenango (Tejutla)	12.03	365.78	4,389.37	0.40
Total	3014.33	91,685.74	1,100,228.84	100

Fuente: monitoreo de rellenos sanitarios MARN 2016.

Composición

Para el año 2016, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en conjunto con el Ministerio de Salud y la Universidad de El Salvador, realizaron la caracterización de los desechos que ingresan al relleno sanitario de Santa Ana (Texistepeque), ordenada por la Corte Suprema de Justicia y ejecutada por la Asociación Ecológica de los Municipios de Santa Ana (ASEMUSA).

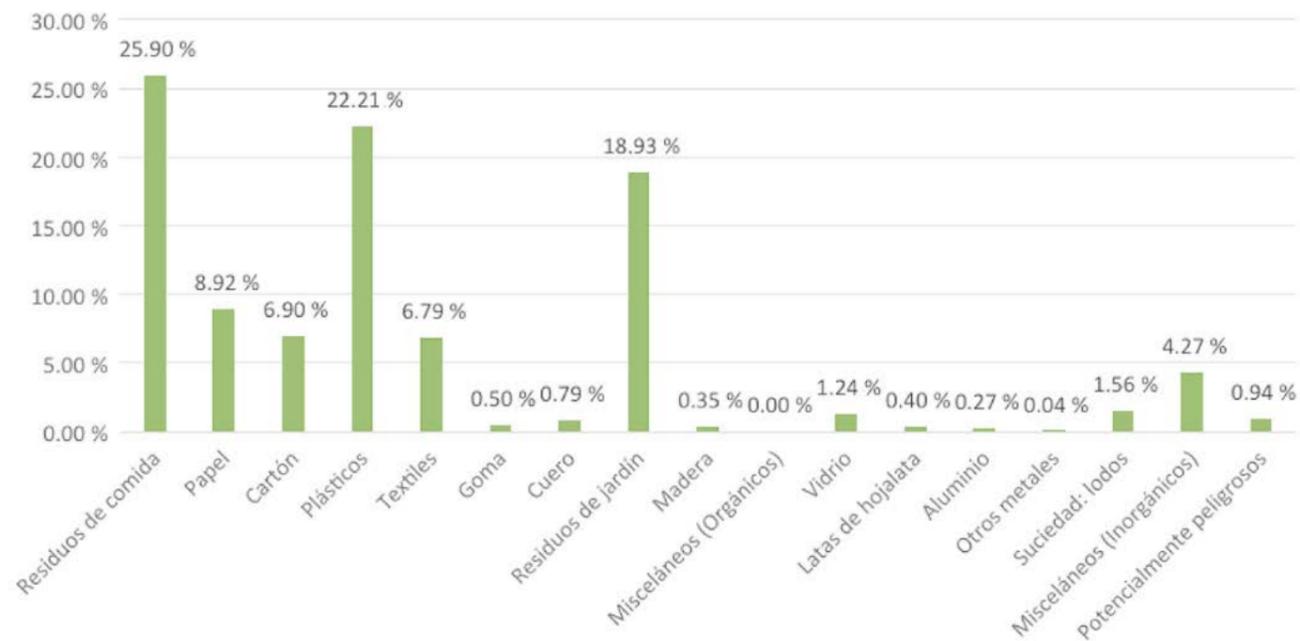


Figura 159. Composición de los desechos que ingresan al relleno sanitario de Santa Ana, año 2016
Fuente: MARN con datos del Estudio de Caracterización ASEMUSA, junio 2016.

En ese estudio se encontró que el 44.83 % son residuos orgánicos de comida y jardín, el 22.21 % plásticos en general, 8.92 % papel, 6.90 % cartón, 6.79 % textiles, 1.24 % vidrio, y menos del 1 % latas de aluminio, latón, otros objetos de hierro y otros metales. Debe notarse que este relleno recibe un 7.45 % de los residuos depositados en los rellenos sanitarios, y que, aun cuando la investigación se realizó en época lluviosa, la cantidad de materia orgánica disminuyó en comparación a reportes de otras investigaciones en la fuente. Así mismo, aparece disminuida significativamente la cantidad de latas de metal o aluminio. Continúa siendo importante la cantidad de plástico que se deposita a pesar que, un buen porcentaje de ese material se recupera para reciclar o exportar.

Es de reconocer que en el país aún no se cuenta con una normativa de caracterización sistematizada de residuos, importante para su adecuada gestión y el monitoreo de emisiones de gases de efecto invernadero generados en el sector; y, es materia pendiente de realizar al disponerse de los recursos financieros necesarios para ello.

Recuperación para exportación o reciclaje

Conforme a información del MARN, existen 20 empresas autorizadas para la recuperación y/o reciclaje, siendo los materiales que más se gestionan: el papel, cartón y plástico. Un apartado especial merece el reciclaje de chatarra para producción de acero, que tiene un sistema que incluye, además de la recolección interna, la importación de ese material.

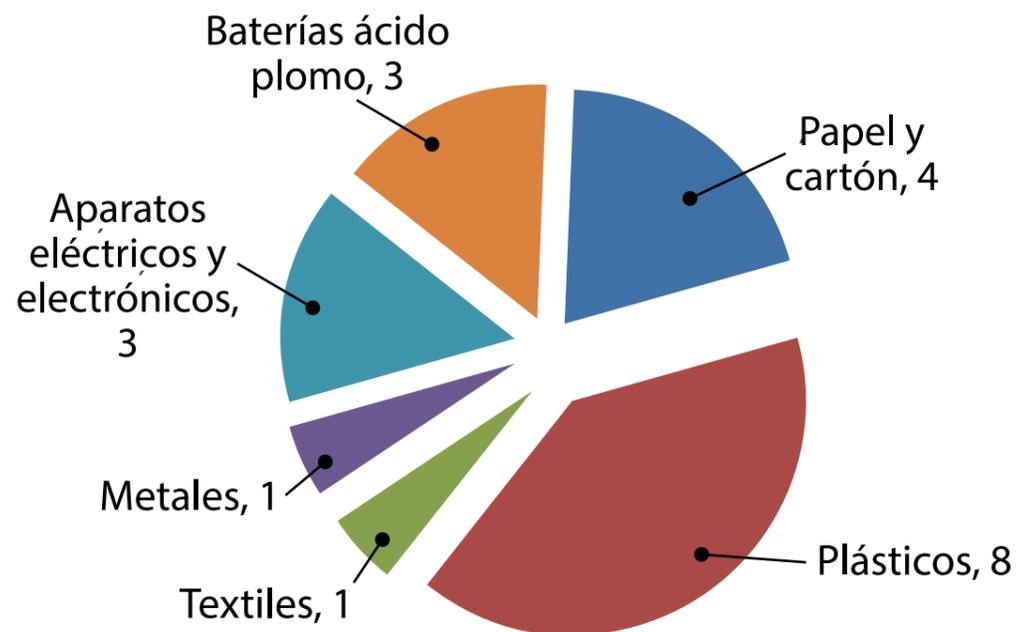


Figura 160. Empresas autorizadas para reciclaje o desensamble por tipo de material
Fuente: MARN

Plan Nacional de Sensibilización

El Plan Nacional de Sensibilización es un componente del Programa Nacional de Manejo Integral de Desechos Sólidos, el cual se lanzó en el año 2010 y responde a la necesidad imperante del país de promover el manejo integral de los desechos sólidos articulando el accionar de las instituciones competentes, la responsabilidad empresarial, la participación ciudadana y el acceso a la información.

El MARN con apoyo de la cooperación alemana, entre el 2014 y 2015, analizó las diferentes etapas y procesos que comprenden el manejo integral de desechos sólidos desde su generación hasta su disposición final, detectando la necesidad de contar con el apoyo de los diferentes actores sociales que permitan alcanzar el convencimiento y la conciencia ambiental necesaria para que comprendan su papel y responsabilidad con el propósito de lograr cambio de hábitos y prácticas que contribuyan al saneamiento ambiental del país, finalizando con la elaboración del Plan Nacional de Sensibilización.

El plan se enfoca en la definición de una estrategia que permite orientar los esfuerzos en materia de sensibilización a través de ocho componentes: ciudadanía, sector público, educativo, municipal, privado; gestores de residuos y tomadores de decisión en instrumentos de política; en los siguientes temas:

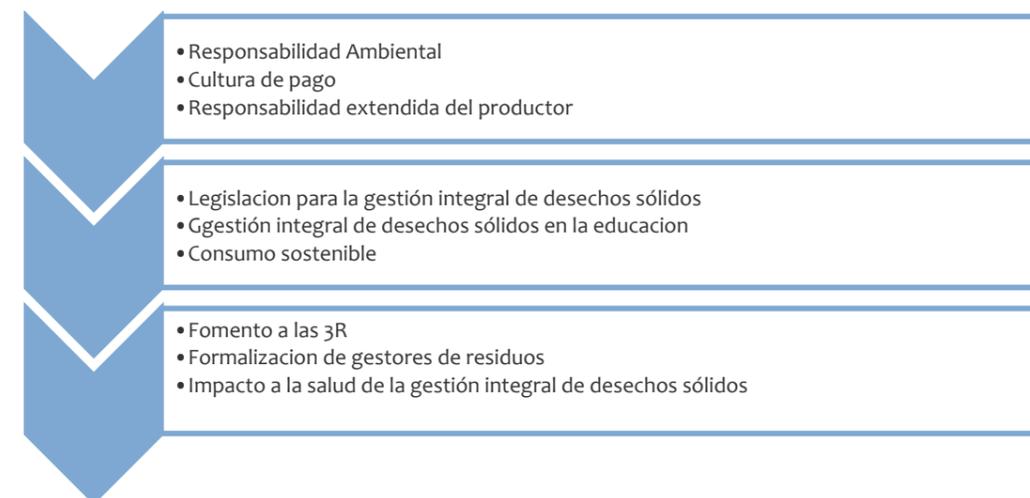


Figura 161. Temáticas que integra el Plan Nacional de Sensibilización
Fuente: MARN

En materia de legislación para la gestión integral de desechos sólidos se elaboraron instrumentos para los municipios como ordenanzas municipales para la gestión integral de los municipios. Las asociaciones municipales: Los Nonualcos, AMUSNOR, ASEMUSA y ASINORLU así como los municipios del Área Metropolitana de San Salvador cuentan con este instrumento que permite regular el manejo de desechos sólidos en sus territorios.

La Figura 162 muestra avances en el desarrollo del plan de sensibilización por sectores:

Sector	Avances
Ciudadanía	Comités locales ambientales en asociaciones de municipios
	Programas locales de sensibilización en municipios modelo
	Campañas de saneamiento ambiental
	Espacio de diálogo (GIDS) en el marco de la Escuela Metropolitana
Privado	Programas empresariales de ecoeficiencia y reducción de huella de carbono
	Desarrollo de Mesa de Ecoeficiencia
	Articulación con gestores de residuos registrados en MARN
Público	Desarrollo de políticas institucionales de gestión integral de desechos sólidos
	Implementación programas 3R en coordinación con gestores registrados
Municipal	Elaboración de instrumentos regulatorios para la gestión integral de desechos sólidos en asociaciones de municipios, municipios modelo y AMSS
	Implementación de programas piloto de separación en el origen de materiales con potencial de reciclaje
	Apoyo a recuperadores informales
Educativo	Inclusión de enfoque gestión integral de desechos sólidos en proyectos en centros escolares/Feria de logros
	Participación de centros escolares en foros/ferias gestión integral de desechos sólidos de sus municipios
Gestores Residuos	Articulación con gestores para recolección separada de diferentes materiales con potencial de reciclaje en municipios de cabeceras departamentales y AMSS
	Programas de capacitación para recuperadores informales

Figura 162. Avances en el desarrollo del Plan de sensibilización por sector
Fuente: MARN

8.2. Rastros municipales

Enfrentar la problemática de salubridad asociada con la operación de los rastros significa pasar de un proceso obsoleto, desordenado y deficiente en infraestructura básica, a una alternativa que permita reducir las fuentes de contaminación derivadas de la actividad, mejorar las condiciones sanitarias de las instalaciones y la calidad del producto.

Como resultado de la investigación realizada por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el año 2010, en El Salvador, se encuentran 87 rastros municipales, de los cuales, 55 están en funcionamiento. En estos rastros se sacrifica ganado bovino y porcino en deficientes condiciones sanitarias (abastecimiento de agua potable, manejo de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, infraestructura y control de vectores, y el control sobre el procesamiento y manipulación de los alimentos). Estas condiciones es el resultado de la falta de infraestructura y equipo adecuado, malas condiciones de aseo, mesas de trabajo y vehículos en los que se transporta la carne. Además de los malos hábitos sanitarios de los trabajadores, deficiente limpieza de utensilios e indumentaria de trabajo, falta de aseo en los servicios sanitarios destinados al uso del personal obrero del rastro, falta de medidas para evitar la proliferación de fauna nociva. Todo lo anterior contribuye a la contaminación de la carne y se constituye en un peligro para la salud pública, especialmente si se considera que la mayoría de ellos están ubicados en el área urbana de los municipios.

En las diferentes etapas del faenado, se genera una importante cantidad de aguas residuales que son vertidas directamente a cuerpos de agua (ríos o quebradas) o alcantarillado sanitario, que también descarga en un cuerpo de agua sin tratamiento alguno; la inadecuada disposición temporal de desechos producto de la actividad en el interior de los establecimientos es causa de la generación de olores fétidos y proliferación de vectores. Ambas situaciones generan un grave problema de salud pública y ambiental. La existencia de matanza clandestina a escala nacional agrava la situación descrita ya que no existe ningún control sobre ello.

De acuerdo a la investigación desarrollada por el MARN, a escala nacional se realiza un aproximado de 2913 sacrificios de ganado bovino y 1615 sacrificios de ganado porcino por semana, siendo la mayor matanza en el municipio de San Salvador con un porcentaje del 52 %. En el 98 % de los rastros no se realiza tratamiento de las aguas residuales y depositan el vertido directamente a los cuerpos de agua y, solamente el 7 % cuenta con vigilancia sanitaria.

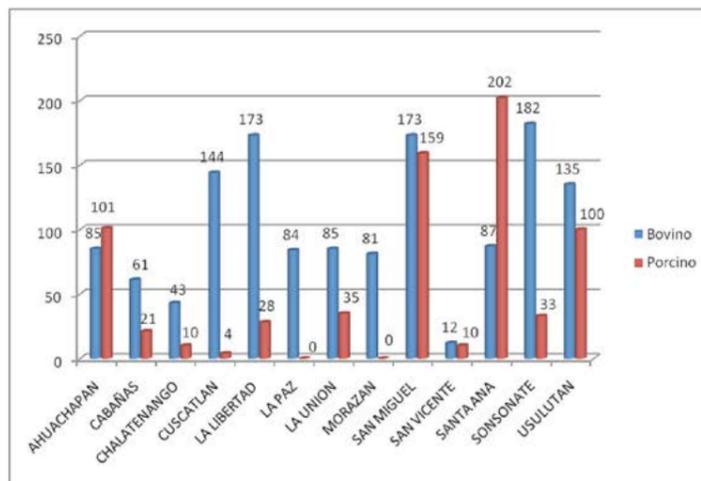
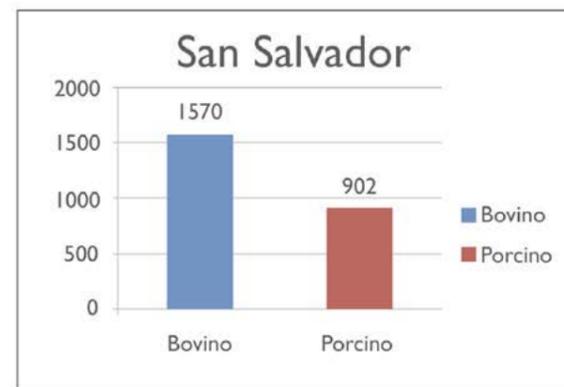


Figura 163. Volumen de sacrificio semanal
Fuente: MARN con datos del diagnóstico actualizado al 2017



Tratamiento de aguas residuales en rastros municipales

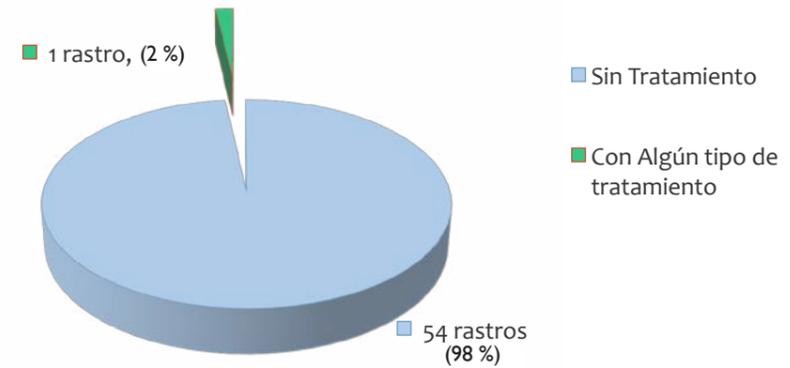


Figura 164. Tratamiento de aguas residuales en rastros municipales
Fuente: MARN datos del diagnóstico actualizado al 2017

Vigilancia sanitaria de las carnes en rastros municipales

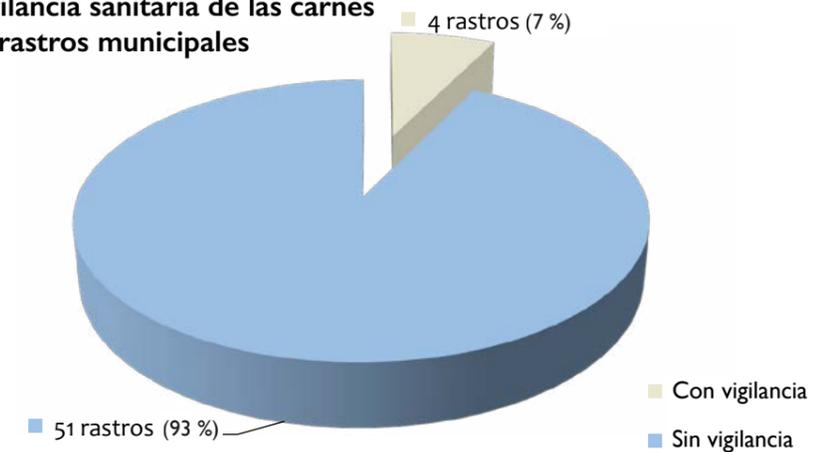


Figura 165. Vigilancia sanitaria de las carnes en rastros municipales
Fuente: MARN con datos del diagnóstico actualizado al 2017

Programa Nacional para el Mejoramiento del Manejo de los Rastros Municipales

Sobre la base de la información recopilada por el MARN y en el marco de la Comisión Interinstitucional de Rastros Municipales, instaurada en el mes de marzo de 2011 y conformada por los ministerios de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), de Agricultura y Ganadería (MAG), de Salud (MINSAL) y el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL), se diseñó el Programa Nacional para el Mejoramiento del Manejo de los Rastros Municipales en El Salvador.

Situación rastros municipales período 2010 - 2017

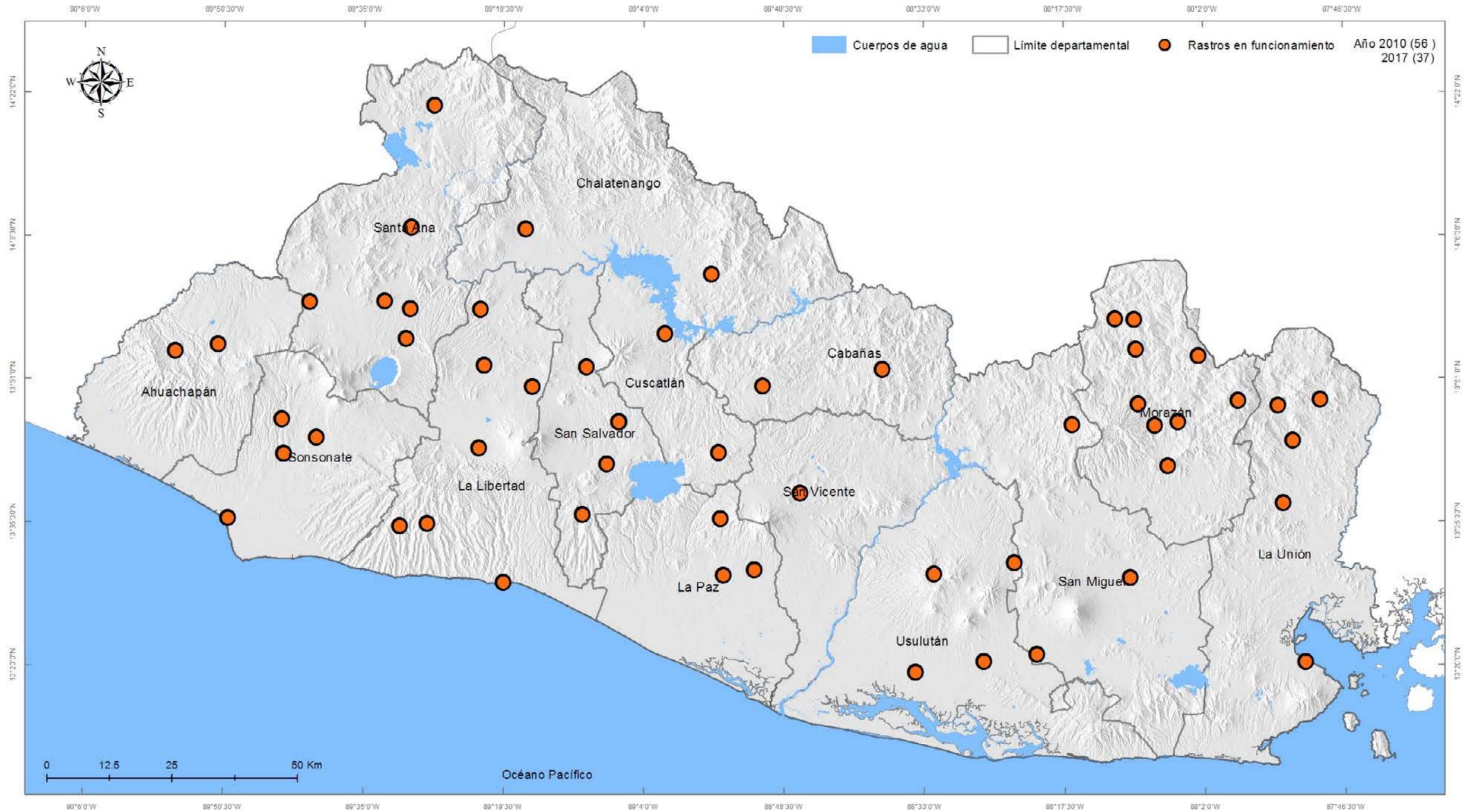


Figura 166. Situación de los rastros municipales 2010-2017
Fuente: MARN

Propuesta para adecuación y nuevos proyectos de rastros

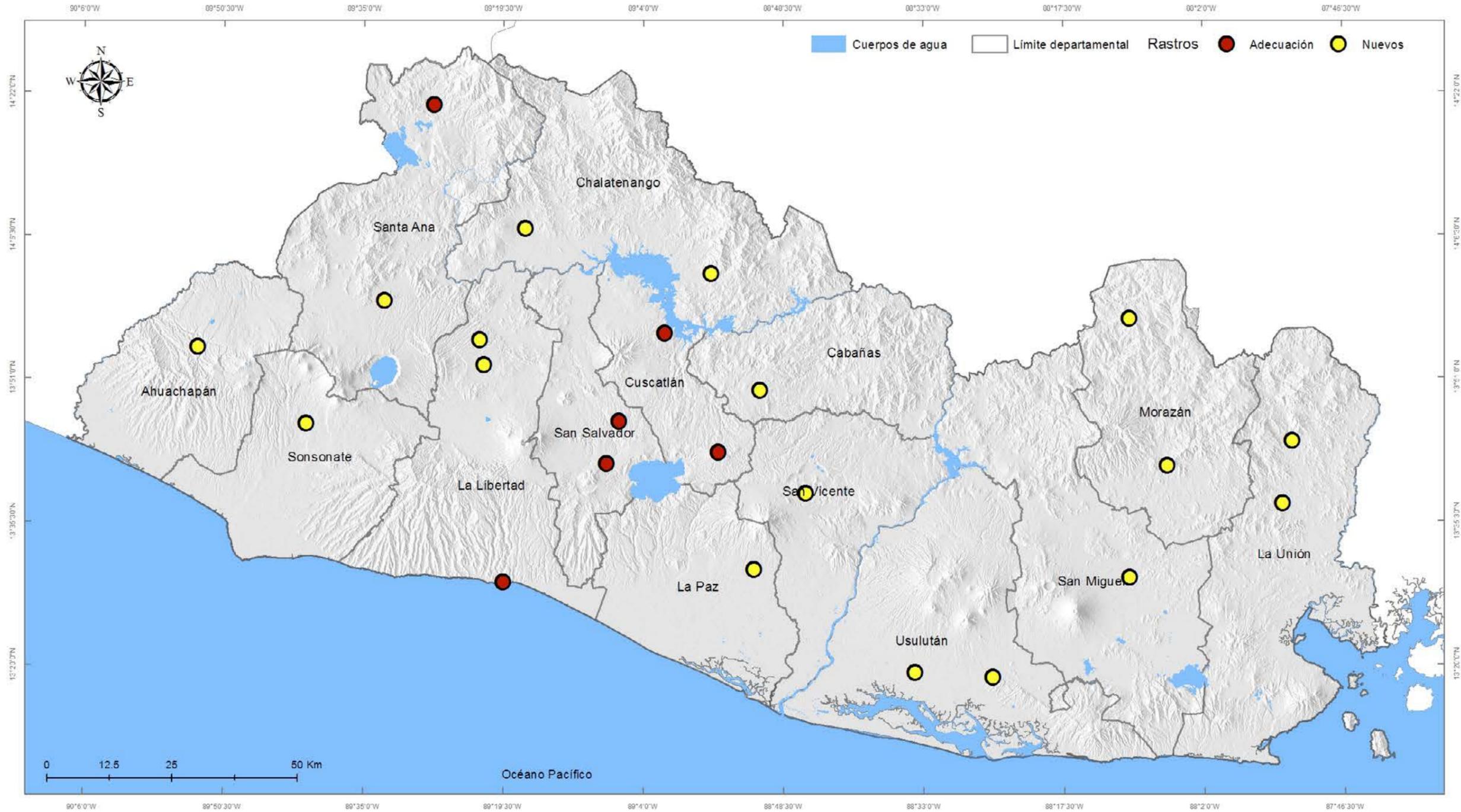


Figura 167. Propuesta de rastros en El Salvador a escala nacional
Fuente: MARN

Con el objetivo de buscar alternativas para solventar la problemática de los rastros, el MARN en coordinación con el MAG y MINSAL, elaboraron el Plan Nacional para la Construcción y Mejoramiento de Rastros Municipales.

Como resultado del trabajo coordinado, se fortalecieron las capacidades técnicas sobre funcionamiento, operación y administración de mataderos, a personal técnico de municipalidades y de las instituciones gubernamentales competentes. Con la cooperación del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina, se elaboró un formulario único para tramitar el permiso de construcción y funcionamiento de un rastro, se elaboraron los Lineamientos para el diseño de rastros o mataderos, se elaboró un instrumento de caracterización de los rastros, como metodología de preevaluación de rastros con base a cuatro criterios básicos: ubicación y entorno, infraestructura, manejo de vertidos y controles sanitarios; para determinar los rastros con potencial de adecuación y los que deben ser cerrados. De igual forma se elaboraron los Lineamientos para la adecuación temporal de rastros municipales, y se realizó la actualización de la situación de los rastros al 2017. Además, se formularán los lineamientos para el cierre técnico de los rastros que no pueden adecuarse.

8.3. Gestión de sitios contaminados

Las potenciales fuentes de contaminación han quedado evidenciadas en los inventarios realizados por el MARN con el desarrollo del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo (PNI) en el 2010 y el seguimiento anual del mismo. Esto ha permitido identificar los sitios de almacenamiento o abandono de desechos de plaguicidas, logrando diferenciar los sitios contaminados por desechos de plaguicidas con compuestos orgánicos persistentes (COP), identificando casos en los que se encuentran enterrados o a nivel de piso. También se identificaron depósitos o focos de contaminación causados por desechos de plomo o destinados al almacenamiento, en algunas ocasiones con derrame de desechos peligrosos.

El Inventario de plaguicidas y sitios contaminados efectuado por el MARN registró seis zonas en las que se encontró más de 62 toneladas de desechos de plaguicidas, además de solventes, tierras y equipos contaminados, entre otros. En la Tabla 31 se presentan los resultados de los contaminantes orgánicos persistentes encontrados en empresas e instituciones.

Tabla 31. Inventario de desechos de plaguicidas contaminantes orgánicos persistentes

Nº	Empresa /institución/ departamento	Contaminante Orgánico Persistente	Cantidad (toneladas métricas)	Porcentaje (%)	Estado actual
1	Bodega exIRA, Santa Ana (MAG)	Aldrin	1.81	0.97	Eliminado por coprocesamiento en hornos de cemento
2	MINSAL, San Salvador	DDT	5.4	13.85	Almacenamiento temporal.
		Hexaclorobenceno	20.43		
3	Quimagro; San Luis Talpa (FOSAFFI)	Etil paratión, clordimeform y toxafeno, principalmente.	69.19	37.10	Eliminación fuera del país mediante incineración en hornos de alta temperatura. Contratación de VEOLIA LTD, por FOSAFFI.
4	Intradesa, Soyapango	Enterramiento de plaguicidas (Suelos contaminados por toxafeno, aldrin)	47	25.20	Eliminado por coprocesamiento en hornos de cemento
5	Agrojel, San Miguel (MARN)	toxafeno (plaguicidas y suelos contaminados)	42.66	22.87	Eliminado por coprocesamiento en hornos de cemento
Total			186.50	100	

Fuente: MARN-PNUD (2012). Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo. Información actualizada con datos de la Unidad de Desechos Sólidos y Peligrosos del MARN a diciembre de 2017

De estos sitios registrados, el primer caso atendido fue el de la explanta formuladora de plaguicidas Agrojel en San Miguel, que durante más de 10 años dejó abandonados 42.6 toneladas de toxafeno, un material altamente tóxico que se encontraba al aire libre y en contacto con la población que residía en los alrededores de la instalación. Además de la eliminación de los desechos tratados a través de coprocesamiento en hornos cementeros, incluyendo los suelos que habían tenido contacto con los mismos, se desarrollaron otras medidas de atención a las comunidades, como servicios de salud a las familias afectadas, el análisis de frutos y cultivos en la zona y el suministro de agua potable.

En cuanto al total de 186.5 toneladas de desechos de plaguicidas se ha logrado eliminar el 86.15 % de ese pasivo ambiental, equivalente a 160.67 toneladas.

Emergencia Ambiental Caso BAES en Sitio del Niño, San Juan Opico

La situación de contaminación por plomo encontrada en el cantón Sitio del Niño, municipio de San Juan Opico, es más complejo que el de Agrojel por la amplitud de impacto en las comunidades periféricas.

En el mencionado sitio, funcionó hasta el año 2007 la planta de fundición y ensamblaje de baterías automotrices de la sociedad Baterías de El Salvador, S.A. (BAES), dedicada al reciclaje de baterías de ácido plomo usadas (BAPU). En la zona hay un aproximado de 3000 viviendas cuyos habitantes habían denunciado reiteradamente la contaminación debido al plomo en años anteriores.

En el año 2007, la fábrica Baterías de El Salvador fue clausurada por el Ministerio de Salud debido a no contar con el permiso de funcionamiento. También, más de 300 personas fueron diagnosticadas con altos niveles de plomo en sangre, y la contaminación en suelo y agua en un radio de 1500 metros de la exfábrica estaba en niveles de muy dañina para la salud de las personas.

En el año 2010, se decreta Estado de Emergencia Ambiental, figura de ley emitida por primera vez en el país, la cual conjugó un amplio esfuerzo de coordinación entre diversas instituciones del Estado con el objetivo de lograr una remediación integral de la zona.

La declaratoria de emergencia ambiental se realizó luego de determinarse científicamente, con apoyo de especialistas internacionales, los altos niveles de contaminación en suelo y agua. Así mismo, se detectó altos niveles de plomo en sangre en la población. Entre enero de 2010 y julio de 2012 se realizaron alrededor de 1800 muestras en suelo superficial en los alrededores de las instalaciones de BAES. Estas se efectuaron hasta una distancia aproximada de 400 metros en el sector norte de las instalaciones, encontrándose concentraciones de plomo en niveles superiores a 400 partes por millón (ppm). En la zona cercana a los drenajes de la exfábrica BAES, las concentraciones de plomo variaron en un rango promedio de 1300 a 36,200 ppm.

Desde el 2010 se realizan importantes acciones de atención a la población de la zona que ha requerido una labor coordinada y articulada del conjunto del gobierno, particularmente de los ministerios de Salud, de Medio Ambiente, Obras Públicas, de Trabajo, de Agricultura y Ganadería, de ANDA, del Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS), Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, la Secretaría de Inclusión Social, Alcaldía Municipal de San Juan Opico y la Policía Nacional Civil. Estas instituciones conforman el Comité Interinstitucional para la atención de la emergencia en Sitio del Niño.

La pavimentación de calles contaminadas, atención integral de salud, destrucción de cultivos contaminados, suministro agua potable para 3000 familias y entrega de canastas alimentarias forman parte de la atención a las comunidades afectadas.

Con la implementación de las actividades contempladas en los decretos de emergencia ambiental se ha logrado mejorar la calidad ambiental del 96 % del área inicialmente afectada por la contaminación, reduciéndose a un 4 %, con una extensión aproximada de 39 manzanas, la que todavía requiere de medidas de mitigación y remediación de la contaminación. Esto incluye las áreas al interior de la exfábrica BAES y zonas aledañas. Así mismo, se mantienen las acciones y coordinaciones interinstitucionales relacionadas con el estado de emergencia ambiental y en cumplimiento de las medidas cautelares dictadas por la Corte Suprema de Justicia para remediar la contaminación en ese lugar.

Las inversiones para la reducción y mitigación de riesgos a la población por exposición al plomo a febrero de 2016, alcanzaron un monto aproximado de ocho millones de dólares, que incluye:

- a) Atención en salud de tipo especializada a la población afectada y expuesta. Más de 4000 análisis de plomo en suelo realizados con equipos portátiles de fluorescencia de rayos X; 4878 toma de muestras de sangre en personas y 154 personas extrabajadoras y sus familias beneficiarias reciben atención en el ISSS.
- b) Estudio de calidad de agua de la totalidad de pozos de la zona (más de 900 pozos).
- c) Abastecimiento de agua segura para el consumo humano que beneficia a 1300 familias, equivalente a una población de 10 mil habitantes.
- d) Apoyo alimentario sistemático y programado a 188 pacientes con altos niveles de plomo en la sangre y 14 familias afectadas por la destrucción de cultivos contaminados.
- e) Pavimentación de 1.7 km y con recubierta asfáltica en 1.3 km de calles contaminadas por plomo alrededor de las instalaciones de la exfábrica Baterías de El Salvador, S.A. de C.V. (BAES).
- f) Restricción de acceso y de uso en las zonas donde el suelo presenta concentraciones de plomo en niveles de peligro para la salud.
- g) Estudios para precisar las acciones y medidas de saneamiento y remediación apropiadas.
- h) Medidas de mitigación de riesgos al interior de la ex planta BAES, incluida la recolección de desechos a su interior (mayo a noviembre de 2012).
- i) Estudio de niveles de contaminación por plomo en suelo en el radio de 1500 metros.
- j) Monitoreo de niveles de plomo en suelo en el radio de 500 metros.
- k) Evaluación de niveles de plomo en suelo y viviendas en colonia Sitio del Niño y Urbanización Ciudad Versailles.
- l) 22 asambleas generales informativas con comunidades afectadas y aledañas.
- m) Otras acciones de atención a la ciudadanía: activación de línea telefónica de emergencia y Centro de Información de Riesgos (CIR) instalado en la Unidad de Salud de Sitio del Niño, orientada a brindar y recibir información sobre el estado de la emergencia y las medidas a ser tomadas.

n) 5000 ejemplares de la serie “Aprendamos a protegernos: la contaminación por plomo”, elaborada en coordinación con el Ministerio de Educación y entregados a personal docente y directivo de los centros escolares y población de la zona.

o) Se recolectaron y almacenaron 347 toneladas de cenizas y escorias dispersas al interior de la exfábrica BAES, recolección de escombros y embalaje de baterías, tratamiento de ácidos y aguas aciduladas, y se repararon muros y techos a fin de asegurar que no hubiese peligro de contaminación para la población por posibles filtraciones de agua lluvia y arrastre de material particulado.



Figura 168. Materiales y acciones en atención a la emergencia ambiental en Sitio del Niño

Colaboración de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

Las acciones realizadas desde el 2010 a 2017 contaron con la cooperación técnica y asesoramiento de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA, por sus siglas en inglés). Junto a la US EPA se llevaron a cabo más de cinco jornadas de monitoreo de los niveles de contaminación por plomo en suelo y viviendas al interior de la exfábrica Baterías de El Salvador. Se establecieron medidas de mitigación y remediación de la zona afectada por la contaminación, incluyendo alternativas para el retiro y la disposición final de las cenizas y escorias contaminadas por plomo.



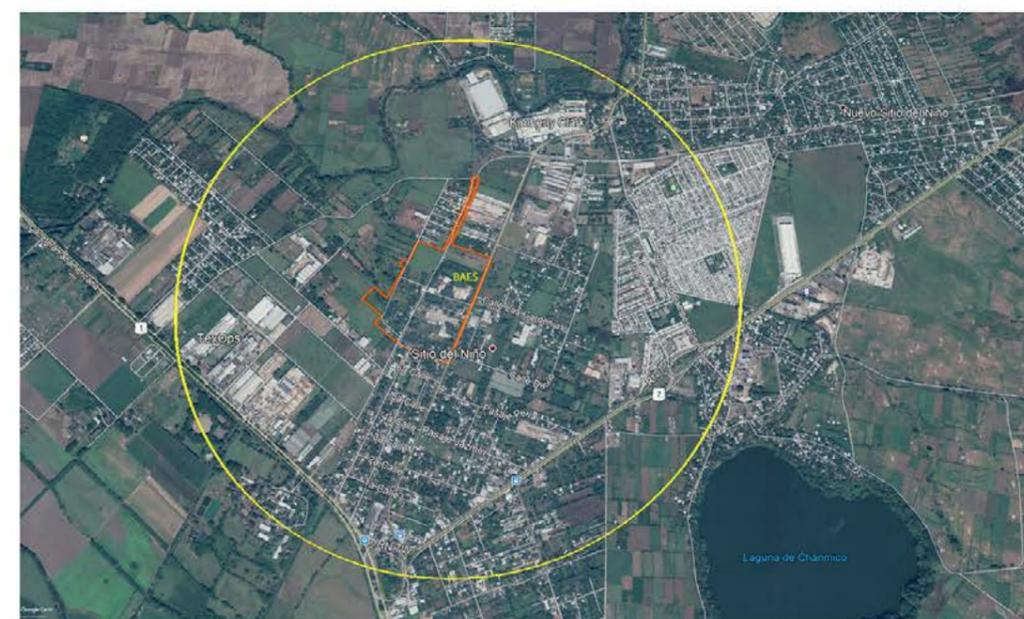
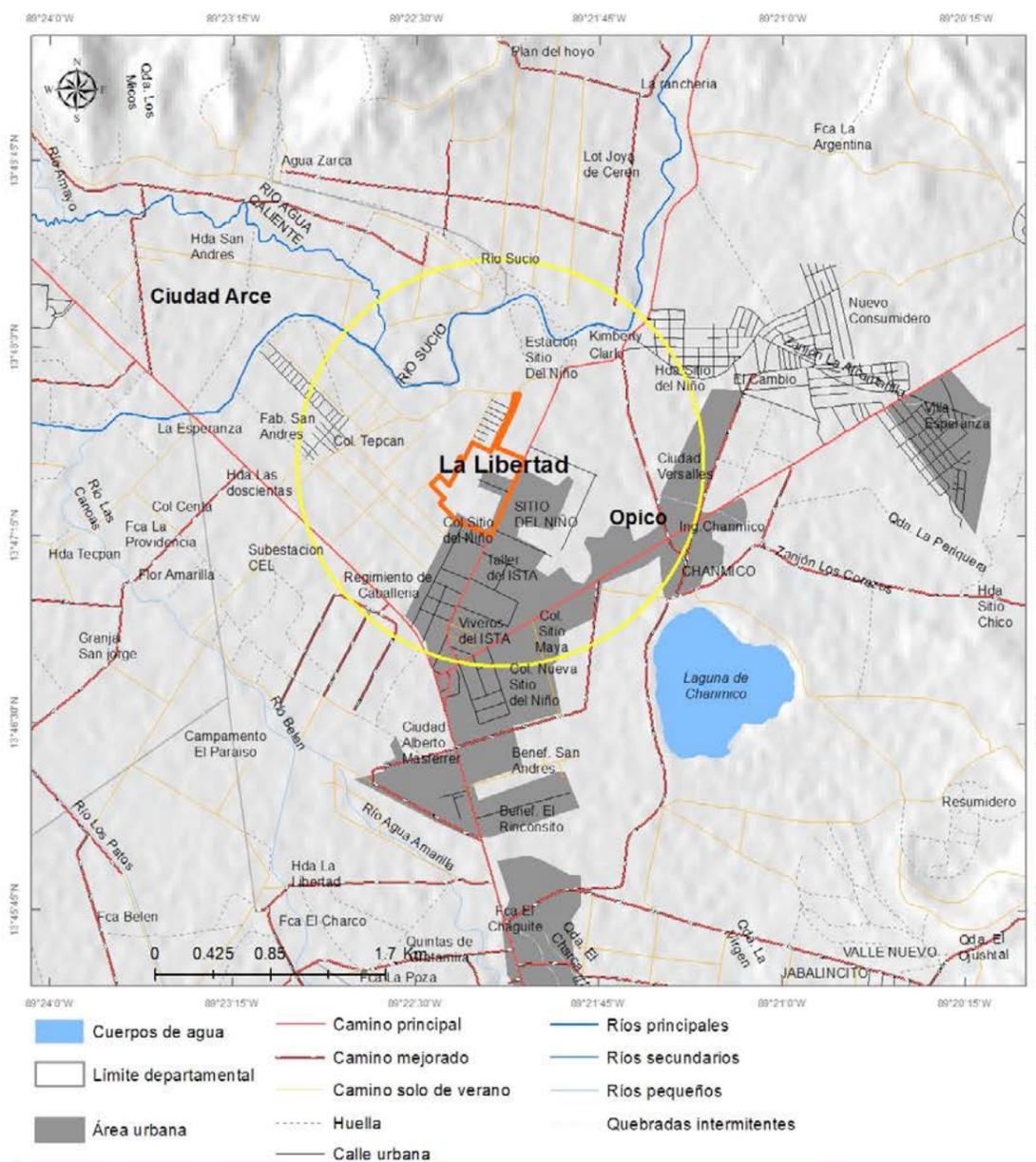
Figura 169. Monitoreo y acompañamiento técnico del personal de la US EPA en la exfábrica BAES
Fuente: MARN

Los resultados durante los cinco años y medio de mantenimiento de la emergencia ambiental han sido exitosos. De un área inicial de 1010 manzanas, la zona que presenta actualmente niveles de plomo en suelo que requieren el mantenimiento de medidas se ha reducido a 39 manzanas, lográndose una mejora en la calidad ambiental de la población de más del 96 % del área afectada por la contaminación por plomo. Esto fue confirmado por la US EPA, en su informe Recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América para el manejo de escorias y suelos contaminados en las instalaciones de Baterías de El Salvador, Sitio del Niño, San Juan

Opico, La Libertad, El Salvador. En el citado informe se expresa que, “con base a la inspección realizada en esta ocasión y la revisión de los últimos datos de muestreos realizados por el MARN, es claro que la implementación de las medidas antes mencionadas ha resultado en el control de la migración de materiales tanto dentro como fuera de la planta y los resultados del monitoreo proyectan una marcada reducción en los niveles de la contaminación dentro y fuera de la misma”.

Límites de declaratoria de emergencia ambiental por plomo

Cantón Sitio del Niño, municipio San Juan Opico, departamento La Libertad - febrero 2016



Mejorada la calidad ambiental en 96 % del área inicial de emergencia de contaminación por plomo

- Declaratoria de emergencia ambiental 2016
área de emergencia: 39 manzanas
vigencia: febrero 2016 a febrero 2018
- Primera declaratoria de emergencia ambiental y prórroga
área de emergencia: 1010 manzanas
período: agosto 2010 - febrero 2016



Figura 170. Imagen de satélite. Límites de la declaratoria de Emergencia Ambiental. Círculo amarillo 2010, cuadrante en color rojo: declaratoria del 2016
Fuente: monitoreo de pozos, MARN

Logros globales

- Mejorada la calidad ambiental en 96 % del área inicial de emergencia de contaminación por plomo.
- Población de Sitio del Niño con servicio de agua potable.
- Incrementada la atención en salud integral de tipo especializada por ciclo de vida a la población afectada y expuesta en Sitio del Niño.
- Equipo técnico institucional con capacidad para manejo de sitios contaminados por materiales peligrosos y equipo especializado para determinación de plomo y otros contaminantes tóxicos

Eliminación de desechos de plaguicidas de la explanta Formuladora Quimagro

La explanta formuladora de plaguicidas Quimagro, S.A. de C.V. se encuentra ubicada en el kilómetro 40.5, carretera al Litoral, jurisdicción de San Luis Talpa, departamento de La Paz. En las bodegas, al interior de esas instalaciones, se encontraban diversos plaguicidas y productos químicos de desecho, ingredientes activos y sustancias utilizadas en la formulación de pesticidas como el *toxafeno*, el *metil paration*, el *etil paration*, *sponto*, *quimation* y *acetona*.

En el sector aledaño a la explanta Quimagro se identificó el caserío Loma del Gallo, constituido por 15 familias y la lotificación El Porvenir, la cual estaba habitada por cinco familias. Estas comunidades no disponían de servicio de energía eléctrica ni agua potable y su abastecimiento lo hacían a través de siete pozos de agua existentes en la zona.

En atención a la denuncia de autoridades del departamento de La Paz (Gobernación Política departamental, Protección Civil) y de conocer la situación sobre los desechos de plaguicidas en una reunión de trabajo de la Comisión Interinstitucional de Plaguicidas (COINPLAG), se coordina una inspección conjunta entre los ministerios de Salud y de Medio Ambiente y Recursos Naturales para atender el requerimiento de la Fiscalía General de la República. Como resultado, en abril de 2013, se realizó la inspección de verificación de las condiciones de almacenamiento de los desechos de plaguicidas que se encontraron en la explanta Formuladora Quimagro, S.A. de C.V., y paralelamente se informó a la comunidad del caserío Loma del Gallo y lotificación El Porvenir de las acciones que se efectuarían para solventar la problemática.



Figura 171. Ubicación de la explanta formuladora Quimagro
Fuente: MARN con imágenes de Google Earth

La inspección recomendó entre otras, la necesidad de la toma de muestras y análisis de suelo y agua de los pozos artesanales a fin de determinar la existencia de fuentes de contaminación por plaguicidas provenientes de Quimagro.

Entre mayo y julio de 2013 se realizaron los estudios de calidad de agua y suelo, y sus resultados indicaron que no había presencia de contaminantes en el agua de los pozos y suelo, hallazgos que se transmitieron en una Asamblea Comunitaria realizada en julio de 2013.

En octubre de ese año, la Asamblea Legislativa emite el Decreto Legislativo No. 471, Ley especial transitoria para la remediación de los desechos de plaguicidas y otros químicos que se encuentran en la explanta Química Agrícola Internacional S.A de C.V., jurisdicción de Olocuilta, departamento de La Paz, mediante el cual faculta al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para que realice y coordine las acciones a fin de remediar, remover, desalojar, transportar, tratar y disponer los desechos de plaguicidas, sustancias químicas y otros subproductos que se encuentran en las bodegas de la explanta, permitiendo al MARN y FOSAFFI realizar las gestiones para la contratación de la empresa que efectuaría los servicios de embalaje y exportación para la disposición final de la totalidad de los desechos de plaguicidas almacenados.

Movimiento transfronterizo hacia Polonia

El 21 de noviembre de 2014, luego de permanecer por más de 18 años en las instalaciones de Quimagro, se inició el movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos, que partieron de El Salvador hacia Polonia, desde el puerto de Acajutla.

En diciembre de 2014 el Gobierno de Polonia notifica que debido a situaciones ajenas a su voluntad no permitiría el ingreso de los desechos a su territorio y tendría que buscarse un nuevo país de destino o en su defecto retornar al país de procedencia. Después de las gestiones pertinentes, se logra identificar un destino seguro y el movimiento transfronterizo continúa su proceso.

En abril de 2015 se recibió notificación de la finalización exitosa de la eliminación de las 69,193 toneladas de tóxicos y demás material contaminado retirados de la explanta Quimagro, las cuales fueron incineradas el 14 de abril de 2015 en las instalaciones de *Tradebe Fawley Limited*, en el Reino Unido.

Tabla 32. Cantidad de desechos peligrosos encontrados en Quimagro

Descripción de desechos peligrosos	Cantidad (toneladas)
Desechos de agroquímicos vencidos, incluyendo pesticidas	23.784
Otros materiales contaminados con plaguicidas (tierra contaminada, plásticos, maderas, y cualquier otro desecho)	45.409
Total de desechos peligrosos	69.193

Fuente: MARN



Figura 172. Población y autoridades durante el retiro de los tóxicos desde San Luis Talpa
Fuente: MARN

Logros globales de la eliminación de desechos de plaguicidas

Con las 69,193 toneladas de tóxicos y demás material contaminado que fueron retirados de la explanta Quimagro, se eliminó el 86.1 % de los desechos de plaguicidas clasificados en la categoría de contaminantes orgánicos persistentes, del inventario nacional reduciendo los riesgos a la salud y el ambiente en el país.

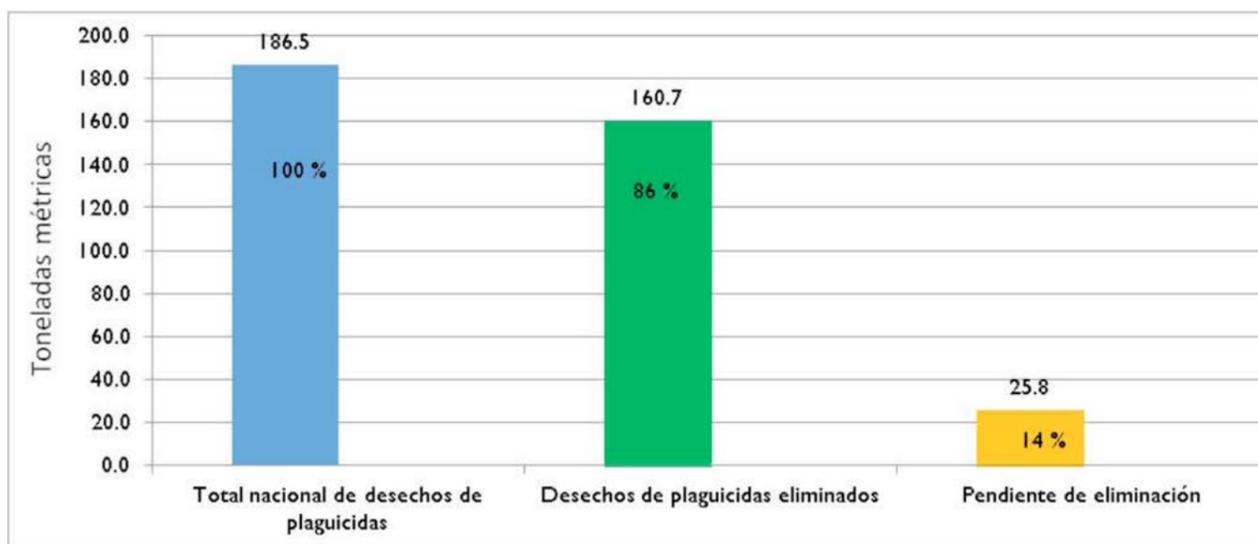


Figura 173. Total de desechos peligrosos eliminados del inventario nacional de desechos de plaguicidas identificados por contaminantes orgánicos persistentes
Fuente: MARN con base en datos del Inventario nacional de desechos de plaguicidas.

Para el 14 % de desechos de plaguicidas pendientes de eliminación corresponden a DDT y hexaclorobenceno, se abrió a concurso las bases de licitación del proceso de eliminación final de los desechos de plaguicidas.



Figura 174. Sitios atendidos por presencia de desechos de plaguicidas
Fuente: MARN

Introducción de agua potable a las comunidades de caserío Loma del Gallo Proyecto de agua potable (ANDA)

Pese a que los resultados de los análisis de agua realizados a los pozos de la comunidad caserío Loma del Gallo reportaron que no se encontraban concentraciones de contaminantes de plaguicida que representaran riesgos a la salud, para mejorar el acceso al agua potable de esa comunidad, el MARN y la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillado (ANDA) coordinaron esfuerzos para ejecutar el proyecto de perforación de un pozo profundo y construcción de un sistema de bombeo de agua para la comunidad, el cual continúa en funcionamiento para beneficio de la población desde diciembre de 2013. Esta acción contribuye a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la comunidad caserío Loma de Gallo, en San Luis Talpa.

8.4 Cumplimiento de metas de país en la reducción de las sustancias agotadoras de la capa de ozono

El fortalecimiento institucional para la aplicación del Convenio de Viena, el Protocolo de Montreal y del Plan de manejo para la eliminación de los Hidrofluorocarbonos (HCFC), ha permitido establecer un sistema de cuotas y registro para la importación de las sustancias agotadoras del ozono (SAO), identificadas por Hidro-Cloro-Fluoro-Carbonos (HCFC). Con este plan se ha logrado alcanzar reducciones anuales al consumo de los HCFC establecidos por el Protocolo de Montreal, representando impactos favorables a la salud humana y los ecosistemas, contribuyendo también a mitigar el calentamiento global, al reducirse las emisiones anuales de Dióxido de Carbono Equivalente (CO2).

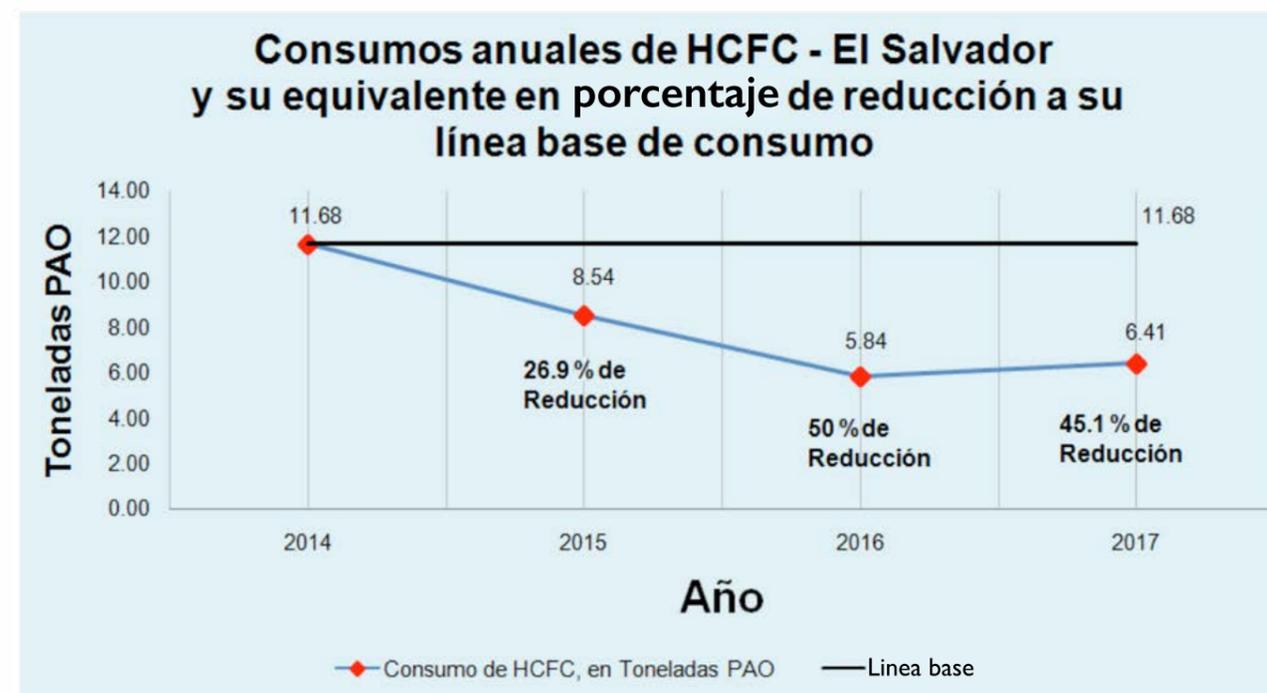


Figura 175. Reducciones en el consumo de HCFC alcanzados en el periodo 2014 – 2017
Fuente: MARN

Las reducciones en el consumo se han situado entre el 26 y 45 % con respecto al año base 2014, como se observa en la Figura 175.

Los logros en las reducciones del consumo de las sustancias agotadoras del ozono, por el potencial de calentamiento global de esas sustancias, también representan una notable contribución a la mitigación del cambio climático, evitándose la liberación a la atmósfera de un acumulado de alrededor de 261,655 toneladas de dióxido de carbono equivalente, como se indica en la Figura 176.

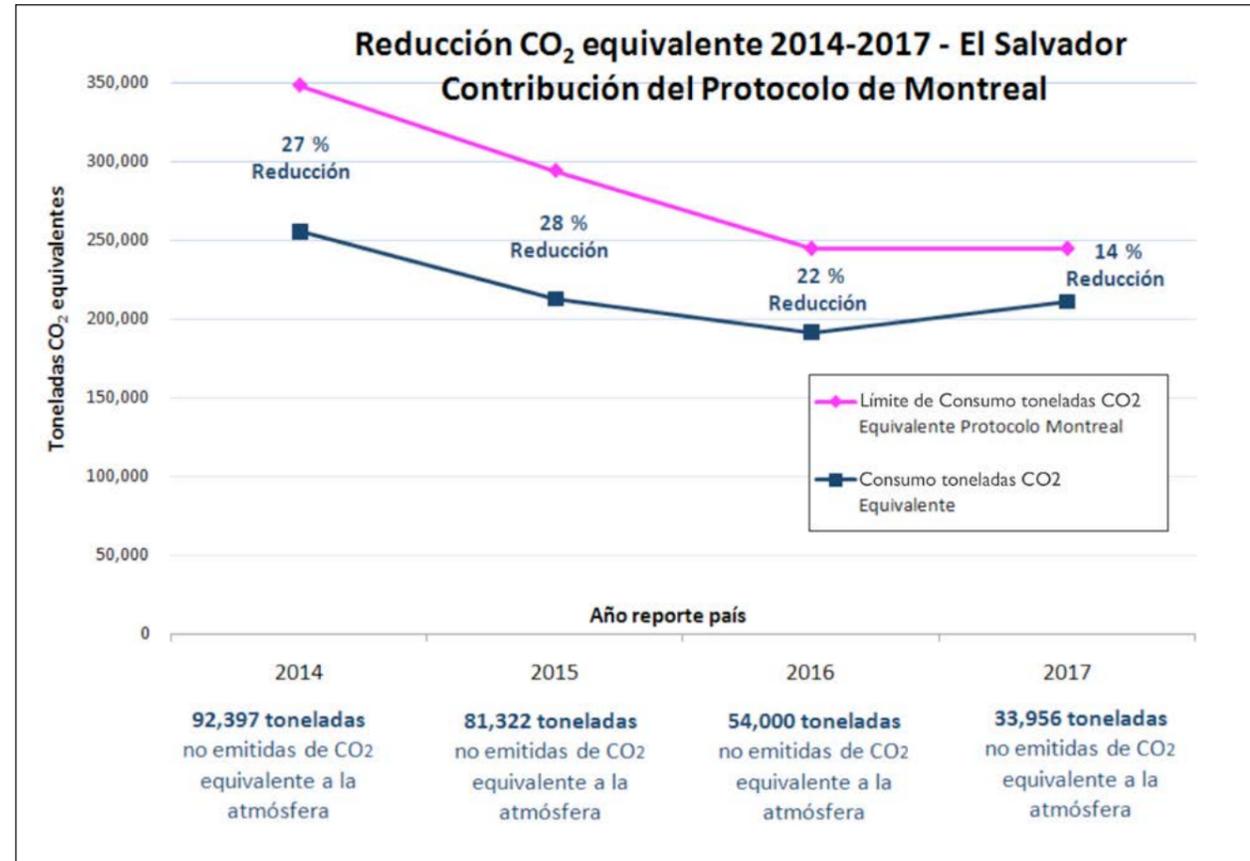


Figura 176. Contribución de las medidas de control de las sustancias agotadoras del ozono a los esfuerzos por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, expresadas en toneladas de dióxido de carbono equivalente
 Fuente: MARN

Los resultados nacionales del consumo de SAO se han presentado en los reportes anuales remitidos a la Secretaría de Ozono del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en cumplimiento del artículo 7 del Protocolo de Montreal y conforme al Objetivo 7 del Plan Quinquenal de Desarrollo “Transitar hacia una economía y sociedad ambientalmente sustentables y resilientes a los efectos del cambio climático”. Así mismo, se han presentado reportes a la Secretaría del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal de los proyectos de inversión realizados en el marco del programa de país, que reducen las fuentes de consumo de SAO conforme al Objetivo 9 de los Objetivos Desarrollo Sostenible “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación”.

En esta acción coordinada, se ha llevado a cabo una reconversión tecnológica de tres empresas relacionadas con la manufactura de espuma rígida aislante de calor, con alternativas de sustancias que no agotan la capa de ozono y

con el más reducido potencial de calentamiento global disponible, identificadas por ciclopentano, metilformiato y a base agua, logrando un impacto positivo de no emisiones anuales estimadas en 54,000 toneladas de dióxido de carbono equivalente.

Se ha realizado también la difusión de tecnología de aislamiento térmico en unidad móvil para uso como oficina y estancia, aislado térmicamente, sin uso de sustancias agotadoras del ozono, para fortalecer la atención ciudadana por parte de la Policía Nacional Civil. Se capacitó al personal de Aduanas de El Salvador en prevención del comercio ilegal de sustancias agotadoras del ozono (SAO) y a 1000 técnicos de servicio en mantenimiento en equipos de refrigeración y aire acondicionado, con tecnologías sin uso de sustancias agotadoras del ozono (SAO) y de alta eficiencia energética, priorizando alternativas con el más reducido impacto al clima disponible. La capacitación incluyó al personal docente de la academia que contribuirá con la formación del personal técnico.

Especial mención tiene el reconocimiento del Fondo Multilateral para la Implementación del Protocolo de Montreal por la inclusión de género en el marco de las capacitaciones realizadas por el MARN en apoyo al fortalecimiento del personal técnico en servicio de mantenimiento de aire acondicionado y refrigeración.



Figura 177. Autoridades del MARN verifican nueva tecnología instalada
 Fuente: MARN



Figura 178. Publicación año 2017 en el marco de la celebración de los 30 años de la firma del Protocolo de Montreal

8.5. Gestión de aguas residuales

El alcantarillado sanitario del centro histórico de San Salvador fue desarrollado a principios del Siglo XX mientras que en el resto del país, en su mayoría, se construyeron en las décadas del 50 y 60. Después de esas décadas, el desarrollo de esos sistemas ha sido poco significativo, habiendo sobrepasado, casi en su totalidad, su tiempo de vida útil, con más de 60 años de servicio. Su remozamiento requerirá de importantes inversiones en reposición de tuberías principales y ramales secundarios así como ampliaciones para brindar servicio a nuevos sectores o la intensificación de demanda por aumento de la densidad poblacional en determinadas zonas y conglomerados urbanos.

El sistema de alcantarillado del AMSS tiene un total de 840,552 metros de tuberías que van desde 8 hasta 42 pulgadas de diámetro, de las cuales el 4.7 % tiene más de 80 años de operación y 29.4 % tienen más de 60 años. En tales condiciones, representan alto potencial de riesgo por fugas que podrían derivar y; de hecho, han venido ocasionando la formación de cárcavas y problemas de obstrucciones y derrames de aguas negras, con elevados costos de remediación para el Estado.

Según la EHPM del año 2016, a escala nacional el 54 % de los hogares tienen acceso a saneamiento con arrastre hidráulico, de los cuales 37.1 % tienen acceso a inodoro con conexión a alcantarillado y el 16.9 % con inodoro a fosa séptica, el 30.0 % de los hogares tiene acceso a letrina privada, el 6.6 % a letrina abonera privada, el 5.4 % a letrina común y el 4.0 % restante accede mediante letrina común o inodoro común. Hay marcadas diferencias según el área geográfica; en el área urbana el acceso a servicio sanitario es principalmente mediante: inodoro a alcantarillado (56.6 %), letrina privada (17.8 %) e inodoro a fosa séptica (15.8 %). En el área rural prevalece el uso de letrina privada (52.4 %), inodoro a fosa séptica (18.9 %), letrina abonera privada (14.3 %) y letrina común o de fosa (10.2 %)

Según el Plan Nacional de Agua potable y Saneamiento elaborado por ANDA y publicado en septiembre de 2017, de los 262 municipios del país 116 cuentan con sistema de alcantarillado sanitario, mientras que 146 carecen de él. El Catastro de vertidos del río Acelhuate realizado por el MARN en 2011, estimó que el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) descarga 3.56 metros cúbicos de aguas residuales por segundo, de los cuales el sector comercial, industrial y público representa un 12, 2 y 6 % respectivamente, mientras que las domiciliarias aportan un 80 % del total y son la principal causa de contaminación fecal.

Las descargas de aguas residuales comerciales e industriales, pese a que no constituyen el mayor porcentaje, contienen altas concentraciones de componentes físicos, químicos y biológicos, incluyendo metales pesados, que al combinarse con las aguas residuales del sistema de alcantarillado sanitario público contaminan mayores volúmenes de agua, complicando y encareciendo aún más las posibles opciones de tratamiento.

Según el Boletín Estadístico 2013 de ANDA, el consumo anual acumulado de agua para ese periodo fue de 191.98 millones de metros cúbicos, mientras que las aguas residuales domiciliarias aportan el 80 %, el volumen total aproximado a tratar alcanzaría los 154 millones de metros cúbicos por año. ANDA opera 21 plantas de tratamiento de aguas residuales, con una capacidad total instalada de tratamiento de 186 litros por segundo equivalente a 5.86 millones de metros cúbicos por año, sin considerar el aporte de las plantas de tratamiento operadas por las municipalidades, urbanizadores y comunidades organizadas.

Según datos del MARN, basados en registros del Sistema de Evaluación Ambiental, hasta el año 2016 se registra a escala nacional un total de 244 plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales 84 son del tipo doméstica (34.4 %) y 160 son del tipo especial (65.6 %). El mayor número de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas se concentra en el departamento de San Salvador (34), seguido por el departamento de La Libertad (29), que en conjunto concentran el 75 % del total de plantas a escala nacional.



Figura 179. Plantas de tratamiento de aguas residuales en El Salvador
 Nota: PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales
 Fuente: registros del Sistema de Evaluación Ambiental 2016

Actualmente se estima que, con las 84 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas existentes a escala nacional, se tiene una cobertura del 11 %, con capacidad para tratamiento de unos 18 millones de metros cúbicos anuales de aguas residuales. Lo anterior revela un avance importante pero claramente insuficiente. De igual forma debido a problemas relacionados con las limitadas capacidades técnicas y de gestión administrativa de estos sistemas, así como deficiencias en su diseño, construcción, operación y mantenimiento, un buen número de esas plantas de tratamiento funcionan con bajos niveles de eficiencia, por lo que muchas veces, tanto vertidos de aguas residuales domésticas como especiales no cumplen con los límites establecidos en las normas vigentes.

Esa realidad fue constatada mediante el monitoreo realizado en el río Sucio (MARN 2012), el cual determinó que 18 % de los parámetros analizados en el laboratorio del MARN, no cumplían con los límites de la norma. A partir del año 2014, el MARN ha brindado apoyo a ANDA, a las municipalidades y a otros operadores, en cuanto a la elaboración de planes de mejora de plantas de tratamiento de aguas residuales, complementando ese esfuerzo con visitas de monitoreo, inspecciones y auditorías para mejorar el desempeño de las referidas plantas.

8.5.1. Institucionalidad e instrumentos de gestión y regulación para el manejo de aguas residuales

Las experiencias sistematizadas han permitido observar que en la República de El Salvador, aún no se ha incorporado en su legislación, criterios suficientes para garantizar la remoción de patógenos en el proceso de tratamiento de las aguas residuales, aplicando por tanto tecnologías que protejan principalmente el ambiente y la salud pública.

En el año 2012 el MARN presentó a la Asamblea Legislativa el Anteproyecto de la Ley General de Aguas, el cual busca dotar al país de un marco moderno e integrado de gestión del recurso hídrico. Tal iniciativa se propone, asegurar la sustentabilidad del recurso a través del establecimiento de un régimen de autorizaciones para uso, vertido de aguas y un mecanismo independiente para la recuperación de costos de operación y captación de recursos financieros. Todo ello permitiría afrontar las inversiones prioritarias, tanto en infraestructura sanitaria, como en el fortalecimiento institucional y el desarrollo de capacidades técnicas y desarrollo de modelos de gestión para un buen manejo del recurso hídrico.

El anteproyecto de ley sigue aguardando su aprobación en la Asamblea Legislativa, lo que limita, en gran medida, un avance efectivo en la implementación de un modelo sustentable de gestión de los recursos hídricos, que sería instrumental para subsanar las inconsistencias y vacíos derivados de una legislación dispersa e insuficiente. Tema que se vuelve progresivamente apremiante en el contexto de la amenaza del cambio climático y las condiciones de estrés hídrico que se han venido detectando.

Frente al hecho de la ausencia de una Ley General de Aguas, se ha desarrollado un modelo de gestión para integrar el monitoreo de cuenca, los vertidos, sus respectivos sistemas de tratamiento y la reutilización de esas aguas con destino al riego controlado de algunos cultivos, utilizando tecnologías de bajo costo y orientadas principalmente a proteger la salud pública. Se ha identificado los aspectos que son determinantes para el diseño, implementación y gestión de estos sistemas integrados. Asimismo, ha definido estrategias y lineamientos para orientar el manejo actual del agua residual en las cuencas hacia la implementación y desarrollo de estos sistemas integrados. (Proyecto-FO-AR N° 6.513 Lineamientos para manejo de aguas residuales de actividades agroindustriales).

La reforma a la Ley de Asocios Público Privados sobre el tratamiento de aguas residuales, recientemente aprobada en la Asamblea Legislativa y sancionada por el presidente de la República, es un gran paso para viabilizar las altas

inversiones y financiamiento requerido para cubrir las necesidades de tratamiento y manejo de los vertidos.

Paralelamente, las instituciones con competencias en la materia, como MARN, ANDA y MINSAL, han venido desarrollando instrumentos de política, regulación, guías y planes de acción que están contribuyendo al incremento de conciencia y responsabilidad ciudadana, empresarial e institucional.

Entre ellos se identifican los siguientes instrumentos:

- a) Política Nacional del Medio Ambiente/Estrategia Nacional del Medio Ambiente (MARN).
- b) Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental/ Plan Nacional de Saneamiento Ambiental (MARN).
- c) Anteproyecto de Reforma del Reglamento Especial de Aguas Residuales (MARN).
- d) Anteproyecto de Reglamento Técnico de Aguas Residuales (MARN).
- e) Recomendaciones para la selección de tratamientos de depuración de aguas residuales urbanas en la República de El Salvador (MARN).
- f) Actualización de Normas Técnicas.
- g) Lineamientos para el Manejo de aguas residuales en el lago de Coatepeque (MARN 2017).
- h) Lineamientos para el Manejo de aguas residuales de granjas porcinas (MARN 2017).
- i) Elaboración de 13 planes de mejora de plantas de tratamiento de aguas residuales (MARN 2017).
- j) Elaboración de planes de gestión ambiental en 25 industrias ubicadas en las subcuencas Sucio y El Piro (MARN 2017).
- k) Catastro Nacional de plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico.
- l) Informe cualitativo y cuantitativo de los vertidos industriales que descargan en la microcuenca del río Sumpa.
- m) Elaboración de una propuesta de modelo de gestión de aguas residuales.
- n) Desarrollo de metodología para elaboración de estándares de desempeño en manejo de aguas residuales de sectores productivos con base en mejor tecnología práctica disponible y análisis estadísticos.
- o) Informe de monitoreo de calidad de aguas residuales descargadas al río Sucio y su influencia en el cuerpo receptor (MARN 2012).
- p) Catastro de vertidos de aguas residuales al alcantarillado sanitario implementado en Santa Tecla y otras zonas del AMSS (CALVERTI/ANDA).
- q) Implementación de proyecto piloto aplicando la normativa técnica de diseño y construcción de alcantarillado condominal.
- r) Reglamento técnico salvadoreño de letrinas sin arrastre de agua (MINSAL).
- s) Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento (ANDA).
- t) Propuesta de definición conceptual de indicadores de saneamiento (FOCARD-APS).

Recuperación del río Acelhuate

• Plan Maestro recuperación del río Acelhuate

La recuperación de la subcuenca del río Acelhuate, luego de varias décadas de contaminación, pérdida de vida acuática y calidad del recurso hídrico, traerá beneficios significativos, entre ellos, recuperación de hábitats, especies de peces, fuente de agua dulce, espacios de esparcimiento, mejoramiento de paisajismo, transformación urbanística, mejora en la salud de la población aledaña, estabilidad de laderas, disminución de erosión, cultura del cuidado del agua, negocios relacionados con el río y el fomento de una industria verde y limpia. En este contexto, es importante conocer los antecedentes, la caracterización de la problemática, los tramos del cauce priorizados, que permitirán la recuperación paulatina del río Acelhuate, la cual consiste en reducir en un 80 % la contaminación del río en un periodo de 10 años, siendo necesario identificar los objetivos de la intervención y sus resultados esperados.

• Antecedentes

La demanda de agua para los diferentes sectores productivos que se requiere en el desarrollo económico del país crece considerablemente. Sin embargo, las inversiones en el sector por las distintas instituciones relacionadas con la gestión del recurso hídrico no han sido consistentes con esa demanda (MARN, 2015), consecuentemente se presentan problemas de baja cobertura, especialmente en las áreas rurales, y deficiencias en cuanto a la calidad del servicio. Según evaluación de condiciones ambientales del país realizada por la Organización de Estados Americanos (OEA), determinó que las subcuencas de los ríos Acelhuate, Sucio y Suquiapa son las más contaminadas del país (SNET, 2002).

Todos los planteamientos de descontaminación de estos ríos concuerdan en la necesidad de contar con al menos cuatro elementos esenciales: un sistema de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales; la actualización del catastro de vertidos; la evaluación sobre la aplicación, cumplimiento y verificación del marco teórico y jurídico de las aguas residuales; medidas de control de la contaminación y el levantamiento de puntos y caracterización de vertidos.



Figura 180. Toma aérea del paso del río Acelhuate sobre un tramo de la ciudad capital. Boulevard Venezuela, San Salvador
Fuente: MARN

De forma complementaria, el nuevo enfoque promovido por el MARN, establece las bases para que los ríos urbanos sean espacios ambientales con oportunidades de recreación, cultura y económicos, teniendo en cuenta que las acciones que se adopten aguas arriba del tramo seleccionado impacta aguas abajo del río. Para lo cual se requiere visión y gestión integral, inclusión y participación ciudadana, así como la legalización y concurrencia institucional alrededor de las acciones de recuperación del río, en el caso presente, el río Acelhuate es el objeto de intervención y atención técnico-política.

• Caracterización de la cuenca

La subcuenca del río Acelhuate está conformada por un área de 622.47 km², lo que representa el 3 % del territorio nacional. Esta se extiende por los departamentos de San Salvador, La Libertad y Cuscatlán, alojando el 26.3 % de la población del país e incluye las microcuencas de las quebradas: Ilohuapa, Matalapa, El Garrobo, El Piro y las de los ríos: Las Cañas y Tomayate. Como consecuencia, es claro que el río Acelhuate está altamente amenazado por el crecimiento de la densidad poblacional, el no tratamiento de las aguas residuales de uso industrial y doméstico, y la no planificación del uso de la tierra.

El río Acelhuate constituye el principal recurso hídrico del AMSS, con un caudal medio anual de 32.7 m³/s y un caudal medio mensual, en la época seca, de más de 5.0 m³/s (MARN 2015). Este río ha sufrido una degradación ambiental considerable, constituyéndose en el principal recolector de aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad, así como de los desechos sólidos que son lanzados directamente al cauce. El agua de este río desemboca en el sector superior del embalse del Cerrón Grande que contribuye de esta forma al acelerado proceso de eutrofización del embalse y convirtiendo al río Lempa en el gran receptor de las aguas residuales del AMSS.

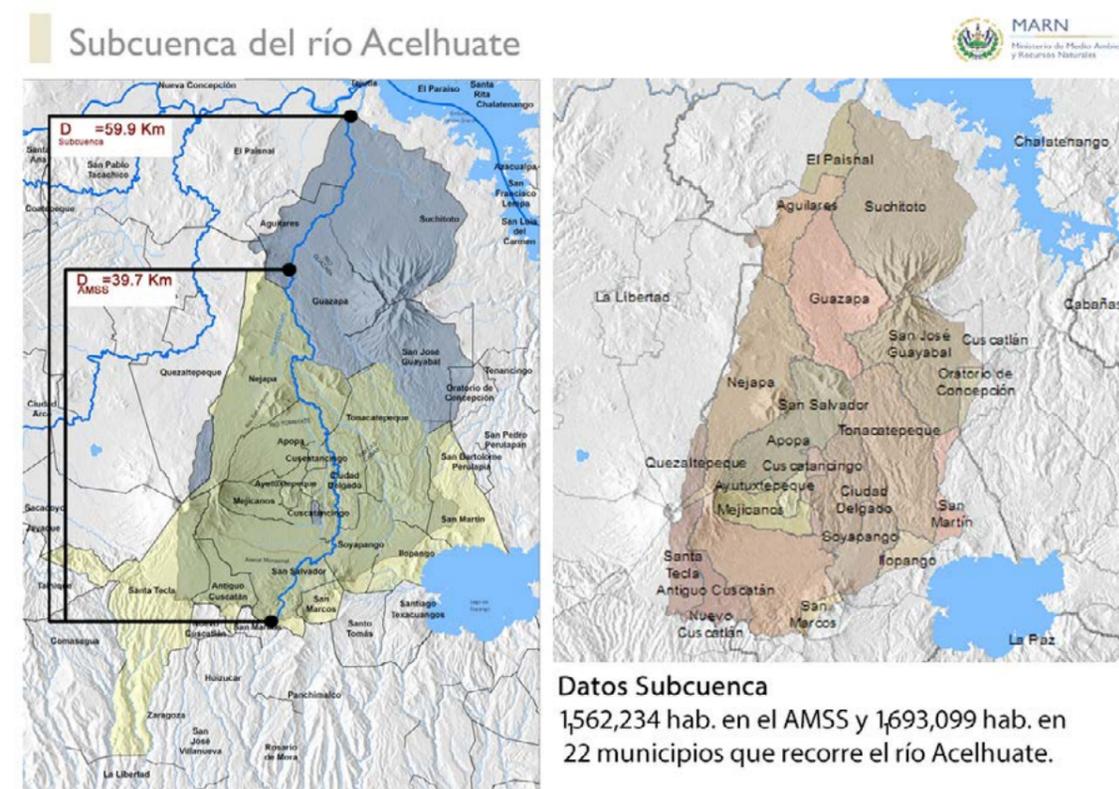


Figura 181. Subcuenca del río Acelhuate
Fuente: MARN

En cuanto al drenaje de aguas residuales, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) divide el sistema por medio de los colectores CP-1, CP-2, CP-3 y CP-5 que conducen sus aguas hacia el Colector Interceptor (CI), en donde se concentra más del 90 % de las aguas residuales de los municipios de San Salvador, Santa Tecla, Mejicanos, Antiguo Cuscatlán, Cuscatancingo y Ciudad Delgado, aguas que son descargadas en el río Tomayate a la altura de Cuscatancingo. El colector CP-4 recorre los municipios de Soyapango e Ilopango, recolectando las aguas residuales de estos municipios y descargándolas justo antes del municipio de Toncatepeque. En la parte media de la subcuenca del Acelhuate se encuentran, alrededor de 13 plantas de tratamiento, las que vierten sus aguas a las microcuencas de los ríos Las Cañas y Tomayate.

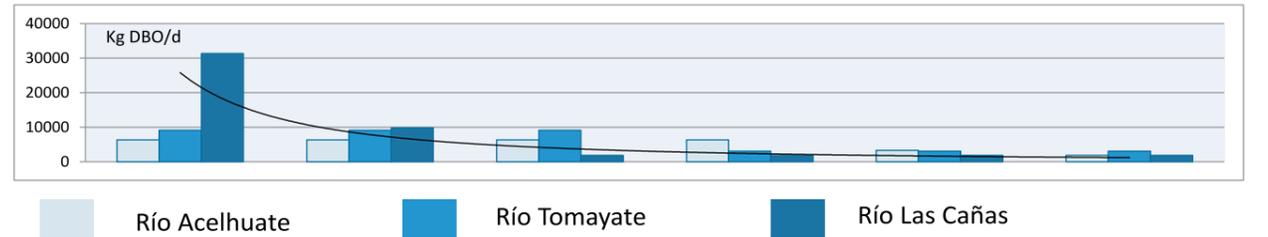
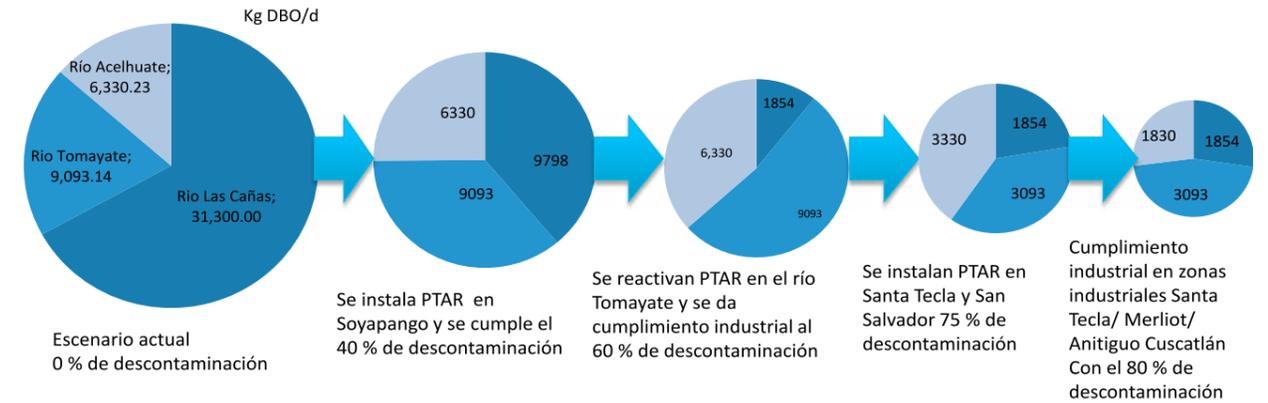


Figura 183. Impacto de las medidas a realizar: reducción total 80 % de la contaminación

Otro estudio muestra que, en un diagnóstico realizado por el MARN, se procedió a determinar la calidad del agua en cada uno de los tramos en estudio, iniciando con el río Sumpa, tomando como parámetro de control la carga orgánica existente en el río. Para ello se partió de la definición del Índice de calidad de agua del río y se utilizó como referencia la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO5). Esto permitió calificar la calidad de los ríos desde excelentes para agua con una DBO5 igual o menor a 3, hasta fuertemente contaminada para una DBO5 mayor o igual a 120. Este último criterio coincide con agua con vertidos industriales. Considerando estos límites, fue factible clasificar el agua de los diferentes afluentes del río Acelhuate, tal como lo muestra la Figura 184.

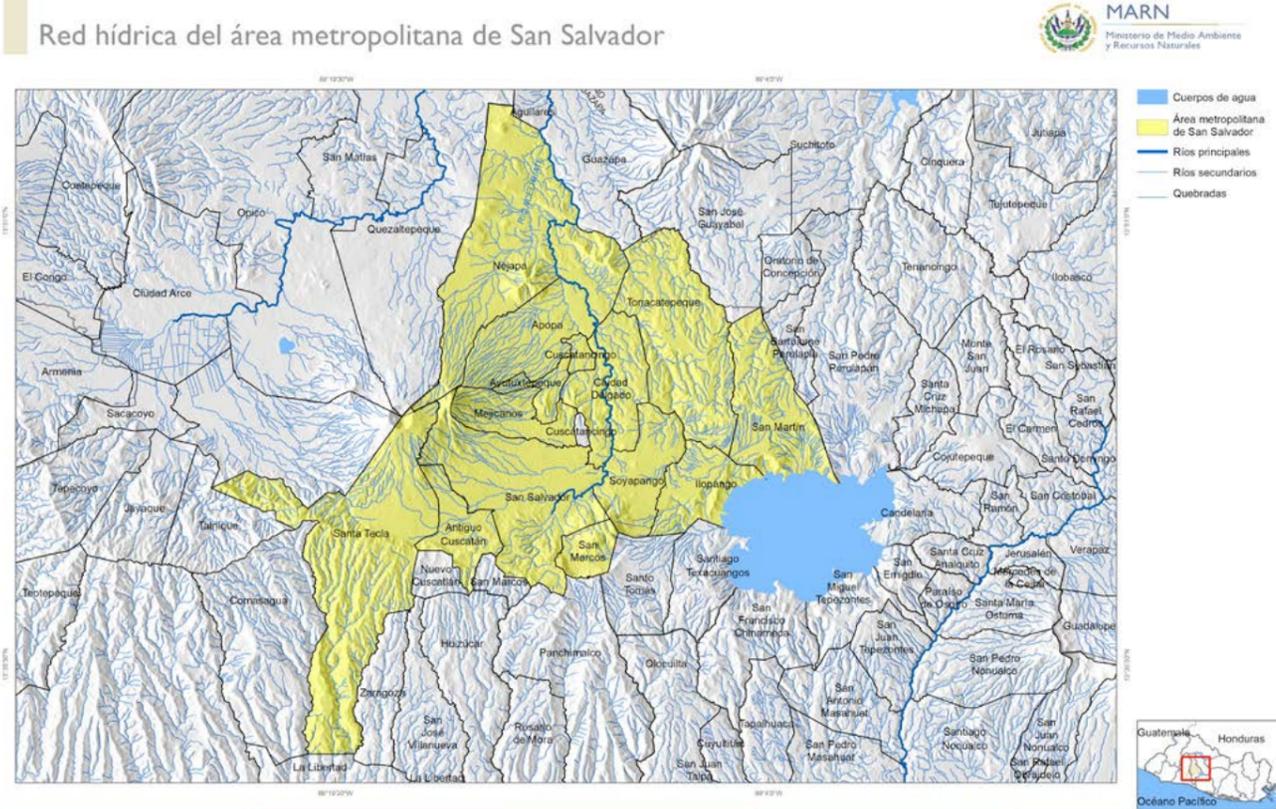


Figura 182. Identificación de 251 ríos o quebradas
Fuente: UCA - OPAMSS

La operación y mantenimiento de estas plantas está a cargo de las municipalidades, ANDA y urbanizadores privados. Sin embargo, muchas de ellas han sido abandonadas o el nivel de depuración de las aguas es deficiente. Adicionalmente a las deficiencias técnicas antes mencionadas, existe un problema de legalización de las infraestructuras, debido a que no han sido recibidas por ANDA. A pesar de todo ello, los expertos aseguran que se cuenta con una capacidad de tratamiento de aguas residuales que puede ser recuperada luego de contar con un diagnóstico claro de las condiciones en las que estas se encuentran. La capacidad de depuración estimada por las autoridades es de alrededor de 380 L/s, con lo que se puede cubrir una población de unas 220,000 personas.

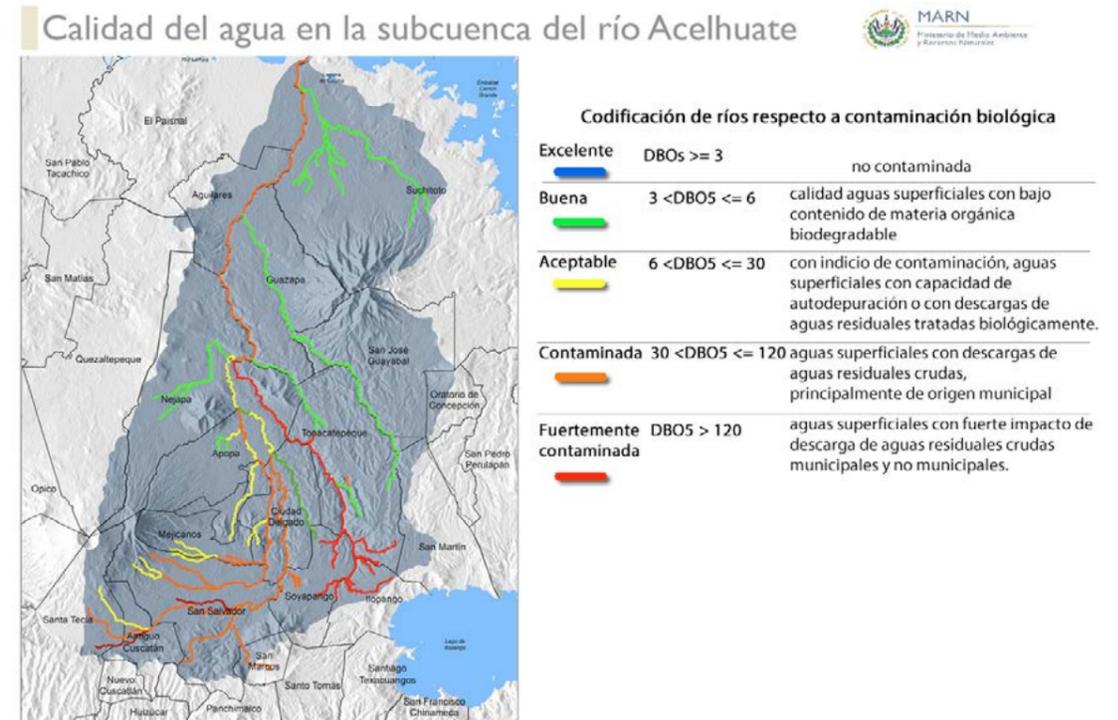


Figura 184. Índice de Calidad de la subcuenca del río Acelhuate

• **Tramos del río Acelhuate a intervenir en el proceso de recuperación**

Con la experiencia acumulada, conocimiento del río y estudios realizados, se definieron criterios para la selección de los tramos a intervenir, los cuales son: a) el nivel de desarrollo urbanístico del entorno, b) el caudal circulante, c) la carga contaminante, d) el potencial paisajístico, e) el nivel de desarrollo industrial, f) el grado de conflictividad, g) el costo de la propiedad y h) la densidad poblacional.

Adicionalmente, se analizaron todos los criterios mencionados para los tramos en los cuales se divide el río Acelhuate y sus afluentes; priorizando aquellos que cumplieran con todos o la mayoría de ellos, bajo la premisa de que no es posible recuperar todo el río simultáneamente, debido a los montos de inversión requeridos para lograr este proyecto, así como a la complejidad de su implementación.

En función de los criterios mencionados, se priorizaron tres afluentes, El Piro, Tomayate y Sumpa-Las Cañas, a esto hay que agregarle el impacto que tendría en los niveles de contaminación existente, la intervención, aunado al criterio de oportunidades y potencialidades de cada zona.



Figura 185. Rehabilitación del río Sumpa y tramo alto del río Las Cañas
 Fuente: MARN



Figura 186. Rehabilitación del río Tomayate
 Fuente: MARN

Rehabilitación quebrada El Piro



Figura 187. Rehabilitación de la quebrada El Piro
 Fuente: MARN

• **Plan de recuperación del río**

El objetivo principal es reducir la contaminación del río Acelhuate en un 80 % en un plazo mínimo de 10 años atendiendo cuatro de sus principales afluentes: los ríos Sumpa, Las Cañas, Tomayate y la quebrada El Piro.

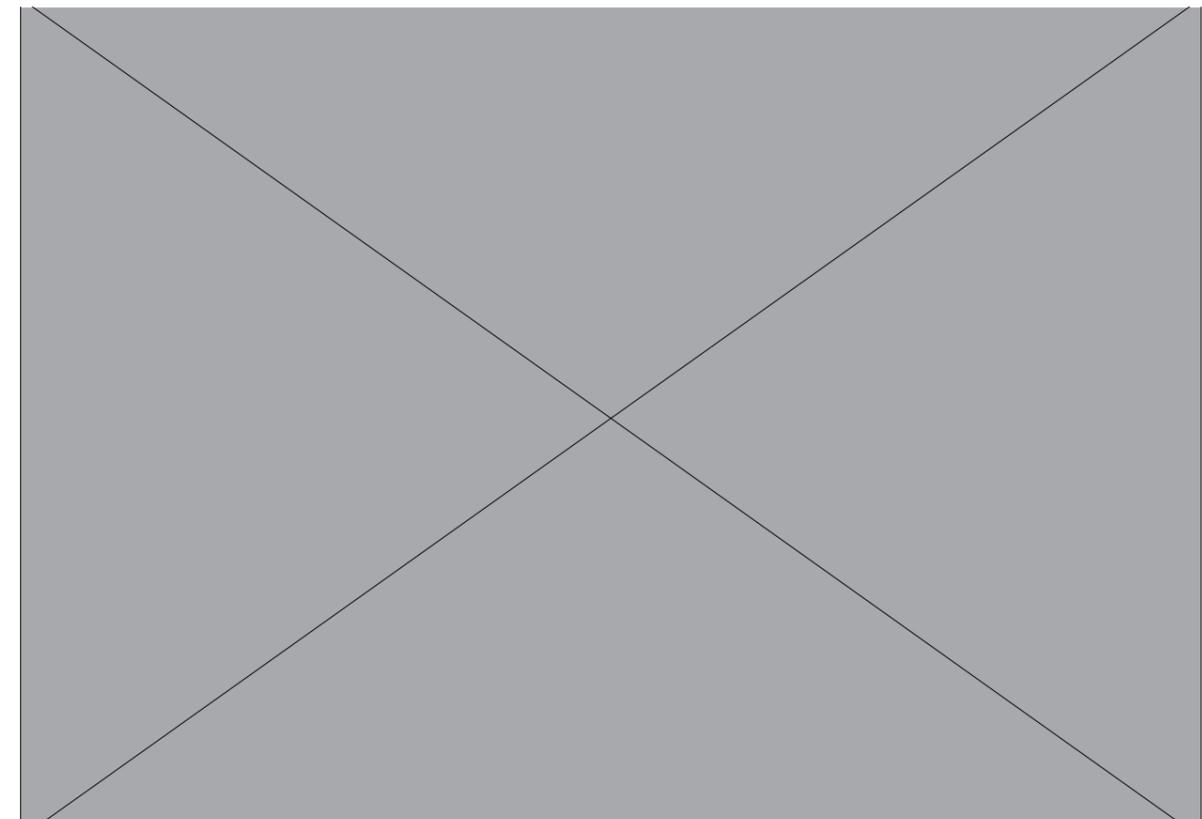


Figura 188. Escenario a 10 años de la mejora de la calidad del río Acelhuate
 Fuente: MARN

• Componentes identificados en la recuperación

a) Componente: Educación/cultura y comunicación

Este componente tiene como objetivo implementar un proceso de cogestión, mediante la definición y promoción de canales, mecanismos y espacios de participación y comunicación con los actores en el territorio, a través de una estrategia de comunicación de carácter local, con el propósito de lograr incidir en los habitantes y actores del territorio, incluyendo a las municipalidades y sectores industriales, abriendo espacios para una participación que asuma un rol protagónico en el proceso de recuperación del río.



Figura 189. Observatorio del agua, una plataforma para el acceso a la información sobre los recursos hídricos
Fuente: MARN

b) Componente: Social y económico

El objetivo de este componente es revitalizar los ríos urbanos, mediante intervenciones de espacio público asociadas al entorno actual. Históricamente el espacio público ha sido el lugar en donde se llevan a cabo todo tipo de intercambios, que van desde lo cultural, social, económico hasta político.

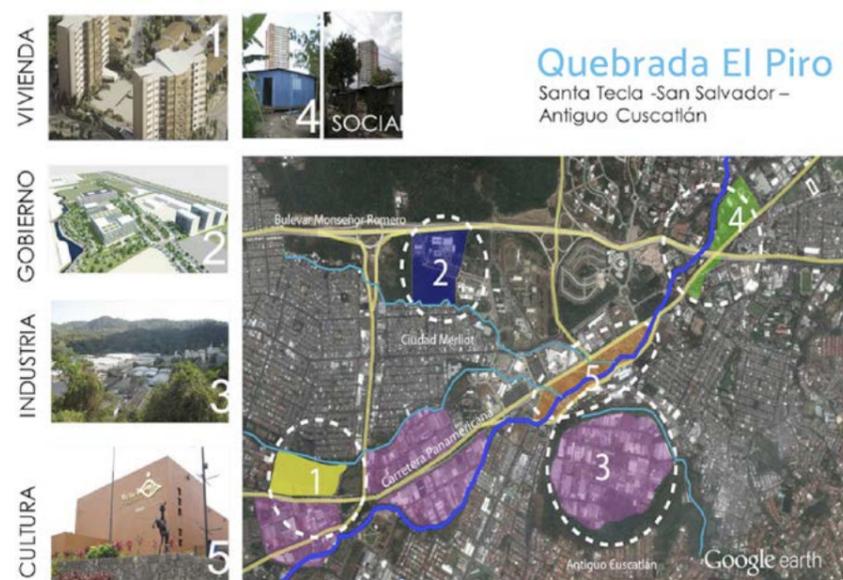


Figura 190. Ilustración de cómo se proyecta la intervención de la quebrada El Piro
Fuente: MARN

c) Componente: Ambiental y de riesgo

El componente tiene como objetivo mejorar la calidad de agua realizando inversiones en infraestructura de tratamiento de agua en las zonas prioritarias, así como el fortalecimiento institucional para el cumplimiento de la normativa.

El rescate del río Lempa: una deuda pendiente

La cuenca del río Lempa es una cuenca transfronteriza con los países de Guatemala y Honduras; sin embargo, solo en el territorio nacional es de 10,234 km², que representa el 57 % de la superficie de la cuenca y el 50 % de la superficie nacional. Se trata del mayor sistema de agua del país y cuenta con una parte muy significativa de los recursos hídricos superficiales y subterráneos nacionales. Asimismo, concentra una gran parte de las demandas de los diferentes sectores económicos usuarios del agua. Las aportaciones totales en régimen natural, promedio de la serie histórica de 42 años de longitud, han sido cuantificadas en 11,539 MMC/año.

Este sistema está constituido por 84 subcuencas que permiten la conformación de las cuencas de los principales afluentes del río Lempa, entre ellas las de los ríos Suquiapa, Sucio, Acelhuate, Quezalapa, Copinolapa, Titihuapa y Acahuapa, afluentes al Lempa por su margen derecha, y las de los ríos Mojaflores, Jayuca, Metayate, Grande de Tilapa, Tamulasco, Sumpul, Torola, Jiotique y Gualcho, afluentes por su margen izquierda.

En el sistema Lempa están comprendidas un total de 15 masas de agua subterránea que ocupan aproximadamente un 42 % de la superficie del sistema de explotación. Es por ello que también requiere de una gestión integral para su manejo, uso y protección del agua.

Referente a las demandas, es la cuenca del río Lempa la que tiene la mayor demanda, tanto para agua potable como para riego, energía hidroeléctrica y uso industrial. La mayor demanda es para el abastecimiento al AMSS, el núcleo poblacional más populoso (27.8 % del total de la población) e industrializado del país. El abastecimiento al AMSS se realiza, por un lado, desde la potabilizadora de Las Pavas, en el cauce del río Lempa, y por otro, con los pozos del Sistema norte, los del Sistema Guluchapa y el Sistema de pozos tradicionales.

Con relación al uso para riego se tiene una superficie bajo riego de 12,216 ha, de las cuales un 53 % corresponden a los cuatro distritos de riego del país, y el restante 47 % corresponde a la superficie potencial bajo riego de regantes individuales y colectivos. La producción de agua para el abastecimiento a los cuatro distritos alcanza los 245.55 MMC/año (incluyendo el uso acuícola y ganadero), siendo el distrito con mayor consumo el DR-Atiocoyo Sur (51 %), seguido del DR-Zapotitán (25 %), DR-Atiocoyo Norte (15 %) y por último el DR-Lempa-Acahuapa (9 %).

El Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador (PNGIRH) estima 360.92 MMC/año para la satisfacción de las demandas de abastecimiento, de ellos el 22 % son recursos superficiales propios del SE (80.08 MMC/año), 76 % son recursos subterráneos propios (275.20 MMC/año) y 5.64 MMC (el 2 %) son recursos superficiales externos procedentes del SE Jiboa- estero de Jaltepeque.

Infraestructura para regular el flujo hídrico: cuenta con cuatro embalses, tres de ellos ubicados en el cauce del río Lempa, y un cuarto ubicado en el lago de Güija. De ellos, la mayor capacidad de embalse la presenta el Cerrón Grande. Según el PNGIRH para la satisfacción de las demandas futuras a 2022 se ha identificado la construcción de dos nuevos embalses con objetivos multipropósitos (generación de energía hidroeléctrica, usos para sistemas de riego, usos para agua potable, actividades turísticas, control para eventos extremos: inundaciones y sequías).

A pesar que este sistema Lempa tiene una mayor disponibilidad de agua, en ciertas subcuencas ya está presentando déficit hídrico debido a la falta de suministro superficial para demanda agrícola que se encuentra ubicada en cuencas que no cuentan con posibilidad de almacenamiento y regulación del recurso, generalmente están en la zona oriental de la cuenca; lo que se requiere y el PNGIRH lo propone, es la realización de estudios hidrogeológicos complementarios para identificar las medidas correspondientes a regular demanda así como las medidas para incrementar la oferta hídrica a través de infraestructura verde y gris.

Sitios de muestreo de calidad de las aguas región hidrográfica Lempa



Figura 191. Sitios de muestreo de calidad del agua en la región hidrográfica A. Lempa
Fuente: PNGIRH

• **Acciones en marcha**

- a) Implementación de proyectos de restauración de ecosistemas en la zona norte del país a partir del 2016, en subcuencas principales del sistema Lempa para mejorar la capacidad de recarga hídrica del suelo y mejorar las 15 masas subterráneas de agua. Las principales técnicas han sido para la agroforestería, sistemas de café bajo sombra y cacao.
- b) Lanzamiento del plan de recuperación de ríos urbanos: río Acelhuate. La subcuenca del río Acelhuate es la que tiene la mayor carga contaminante (68 %); y, es afluente del sistema Lempa. Por tanto, se requiere atender su calidad para incrementar la disponibilidad del agua en cantidad y calidad para los diferentes usos.
- c) Establecimiento de gobernanza del agua, principalmente en las subcuencas que hay conflicto socio-ambiental, lo cual ha sido a través de mesas de agua para el diálogo entre actores locales. Estas mesas han sido en la subcuenca del río Sucio, acuífero de Nejapa, subcuenca del río Torola.

- d) Mejorar el sistema de la red hidrometeorológica del sistema Lempa para el monitoreo de fenómenos extremos: inundaciones y sequías.
- e) Sistema de monitoreo de calidad del agua.
- f) Promoción de la conservación de diversidad biológica a través de la protección de humedales, reservas de biosferas y áreas naturales protegidas.



Figura 192. Ilustración de las acciones para la recuperación del río Lempa
Fuente: MARN

9

Cultura Ambiental



La cultura ambiental y ciudadana se entiende como el conjunto de costumbres, rutinas y demostraciones mínimamente compartidas y asumidas, que favorecen la convivencia y el respeto del patrimonio común, como el reconocimiento de derechos y deberes ciudadanos.

Diferentes mediciones realizadas sobre temas ambientales en el país en los años 1999, 2010 y 2017³⁴, indican una disposición e interés de la población ante las problemáticas del medio ambiente y los recursos naturales. Sin embargo, y debido a que no siempre existe una correspondencia con las prácticas y comportamientos, muchas veces caracterizadas por el alto consumo y generación de desechos, la sobreexplotación y degradación de recursos y/o, el irrespeto e incumplimiento de normas y derechos, es importante robustecer las políticas y disposiciones para la adopción de comportamientos de responsabilidad y cumplimiento ambiental.

La deforestación y tala de árboles es el problema que genera mayor preocupación para la población, un 24 % indicó que la deforestación causada por la tala y quema de árboles es el problema que más le afecta de acuerdo a la encuesta de 2017. Asimismo, para un 22 % del total, la principal medida para evitar la contaminación y el mal uso de los recursos es la prohibición o controles de la tala y promover la reforestación. De hecho, uno de los asuntos que convoca la participación e involucramiento principalmente ciudadano, es la reforestación. Esto quedó evidenciado en el esfuerzo denominado Plantatón del año 2017 que, es el primer proyecto que surgió del Consejo Nacional de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad (CONASAV), iniciado el 5 de junio, enmarcado en el Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes.

En la Plantatón 2017 participaron 57 organizaciones ciudadanas entre ADESCO, juntas de agua, comités ambientales, además de cooperativas de productores, quienes solicitaron ser parte del esfuerzo. Adicionalmente, se involucraron 61 municipalidades, 4 asociaciones de municipios, 20 organizaciones no gubernamentales, empresas, instituciones gubernamentales, universidades, agencias de cooperación y centros escolares.

Para el 68 % de la población encuestada, el principal problema que daña el ambiente es la contaminación y mal uso del agua, y un 16 % ha percibido la escasez de agua y la contaminación de ríos, lagos y playas. De manera más específica, un 81 % consideró que no se hace un buen uso del agua y un 41 % manifestó que el principal problema de la contaminación son las aguas negras y la basura.

Detrás de estos resultados, es valiosa la información obtenida durante el proceso de elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (MARN, 2017), que identificó un desconocimiento general de la población sobre el proceso de gestión del agua y la disponibilidad y demanda actual y futura de las aguas superficiales y subterráneas,

situación que limita adquirir conciencia sobre la inequidad y crecientes dificultades técnicas y económicas que se deben superar para atender las necesidades básicas de abastecimiento de agua para consumo humano y de los sectores productivos.

De manera amplia, la cultura del agua en El Salvador muestra una baja valoración del agua y los sistemas ecológicos asociados por parte de la población que, se muestra renuente para comprometerse y contribuir en un proceso de concertar e implementar acciones orientadas al control o disminución del desperdicio, la contaminación de las fuentes de agua y el manejo adecuado de riesgos por inundación, dando origen a situaciones de inequidad, tensión y conflicto por el acceso al agua entre los diferentes sectores usuarios.

Se están generando esfuerzos importantes por parte de algunos sectores del país y de la ciudadanía en la eficiencia y la protección del uso del agua. Estos fueron reconocidos por el MARN en siete categorías: agricultura sustentable, proyecto comunitario, sociedad civil, cooperación internacional, turismo, comercio y servicios, e industria. El reconocimiento busca incentivar la adopción de prácticas sustentables del recurso hídrico, para ello, en marzo de 2017 se firmó el Acuerdo Ministerial que da vida al Premio Nacional del Uso Eficiente del Agua, el cual se otorgará cada 22 de marzo.

La preocupación ciudadana en la protección del ambiente, se refleja en alguna medida en las denuncias que las personas naturales y jurídicas presentan al MARN. Datos desde 2005 indican que las problemáticas señaladas con mayor frecuencia han sido las construcciones y actividades en zonas frágiles, con un 24 % del total, seguido de emisiones atmosféricas provocadas por talleres automotrices y fábricas con el 13 %, y con 11 % tanto la contaminación por actividades productivas, como la tala en áreas naturales protegidas y de especies en peligro de extinción.

Los hechos denunciados en 2016 se ubicaron en un poco más de la tercera parte de las denuncias en el departamento de San Salvador, con el 34.7 % del total, seguido por el departamento de La Libertad con poco más de la quinta parte de las denuncias (22 %). Ambos departamentos concentraron el 56.7 % de los casos, dinámica que fue constante a lo largo del año y que refleja la relación existente con la aglutinación poblacional, la centralización de la actividad comercial e industrial y el mayor acceso e información para presentar las denuncias.

³⁴ En 1999 la Asociación de la Encuesta Mundial de Valores realizó una encuesta en 81 países, en la cual el 84 % de a quienes se les consultó, indicaron estar de acuerdo con un aumento de los impuestos si el dinero recaudado se empleara para prevenir la contaminación ambiental y un 85 % consideraron que la protección del medio ambiente debe tener prioridad frente al crecimiento económico y la creación de empleo. En 2010, el MARN realizó una encuesta sobre conocimientos, comportamientos y prácticas de la población salvadoreña ante el medio ambiente y el riesgo, el 83 % indicó mucha preocupación por los problemas ambientales que enfrenta el país y un 54 % señaló muy importante que se tomen medidas para la protección del medio ambiente. En 2017, el MARN desarrolló una encuesta para conocer el impacto de la comunicación institucional como insumo para el diseño de la Estrategia de restauración de ecosistemas y paisajes. Uno de los resultados mostró que más de la mitad de encuestados declaró estar muy preocupados por algún problema ambiental y el 64 % opinó que la problemática ambiental es un tema urgente que debe estar en la agenda de país y del gobierno.

Detalle de cantidad de denuncias ambientales recibidas según departamento, mes y tipo, año 2016

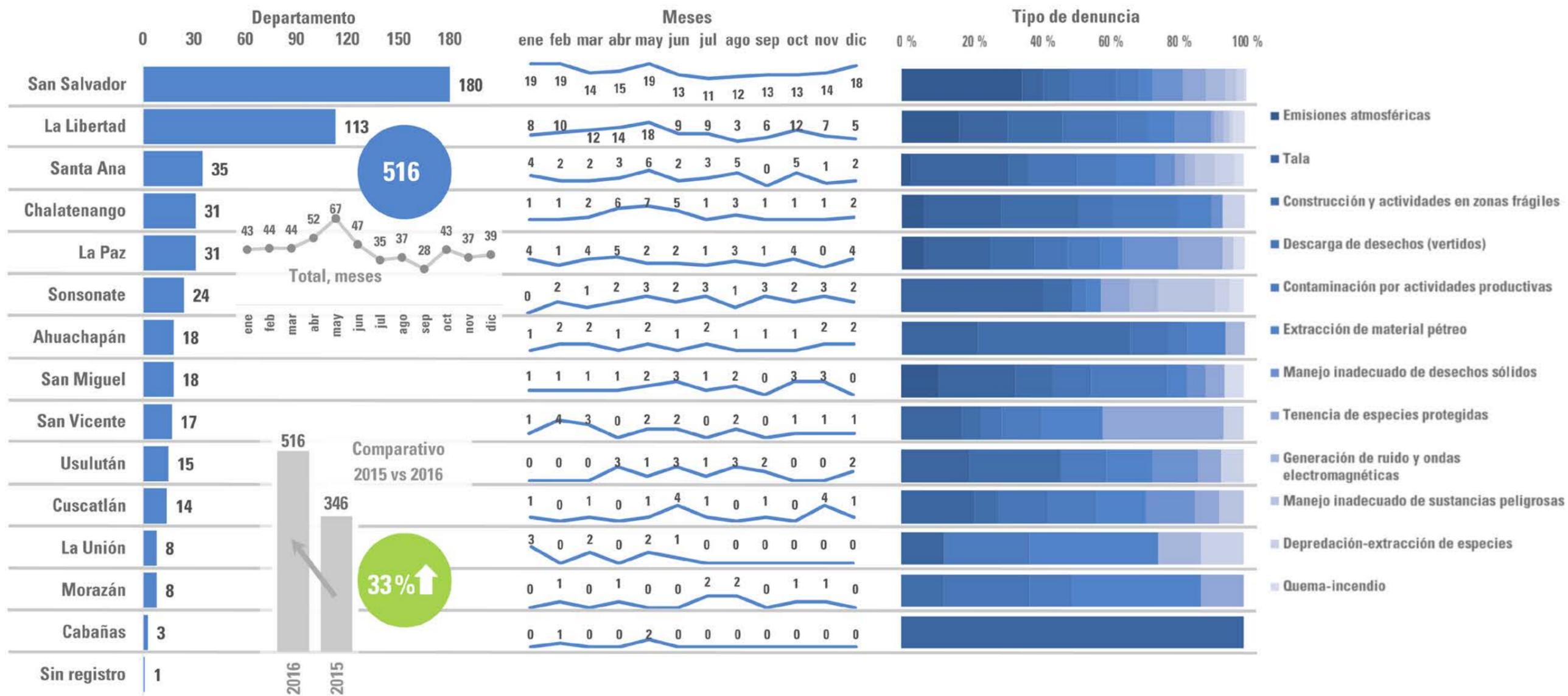


Figura 193. Detalle de cantidad de denuncias ambientales por departamento, mes y tipo, año 2016
Fuente: Anuario Estadístico 2016. MARN, 2017

La cultura ciudadana denota acciones de políticas públicas diseñadas para la adopción y el aumento en el cumplimiento de las normas y reglas. Es así como resulta importante que, a diferentes niveles institucionales, se elaboren y promulguen normativas. En el país existen, a la fecha, alrededor de 111 ordenanzas en 74 municipalidades sobre temas ambientales tales como manejo de desechos sólidos, protección y conservación de recursos naturales, podas y talas, regulación de ruidos, aguas residuales, entre otras.

En el ámbito gubernamental, 37 instituciones, entre ministerios, autónomas y semiautónomas, han elaborado 91 instrumentos internos como planes de gestión y diagnóstico ambiental, planes de residuos sólidos y de eficiencia energética o proyectos relativos a acciones de medio ambiente, con los que propone transformar comportamientos hacia unos sustentable.

La construcción de una cultura ciudadana implica, además, proveer información a la población a fin de promover el conocimiento y la toma de acciones y decisiones. En el MARN, se han desarrollado sistemas y mecanismos informativos, como las plataformas en el monitoreo de amenazas naturales, de sequías, calidad del aire, fenómenos oceanográficos, hídrico, desechos sólidos, evaluación ambiental. El desarrollo de campañas de comunicación realizadas por el MARN utilizando las redes sociales, facilitan informar e interactuar con la ciudadanía, entre estas “Rescatemos al río Acelhuate”, “Defendiendo la vida silvestre”, “Di no a las bolsas plásticas”, prevención de incendios forestales, “Uso eficiente del agua” y “Plantando vida – Plantatón 2017”.

Al mismo tiempo, la educación ambiental es una vía para introducir conocimientos que formen comportamientos y conductas. Para ello, se crearon seis módulos educativos en temas ambientales que apoyan los procesos de aprendizaje, especialmente para personas que trabajan como facilitadores, formadores y docentes, pero también al público en general. Desde que se publicaron en el sitio web institucional en junio de 2016 a mayo de 2017, 1073 personas consultaron los módulos.

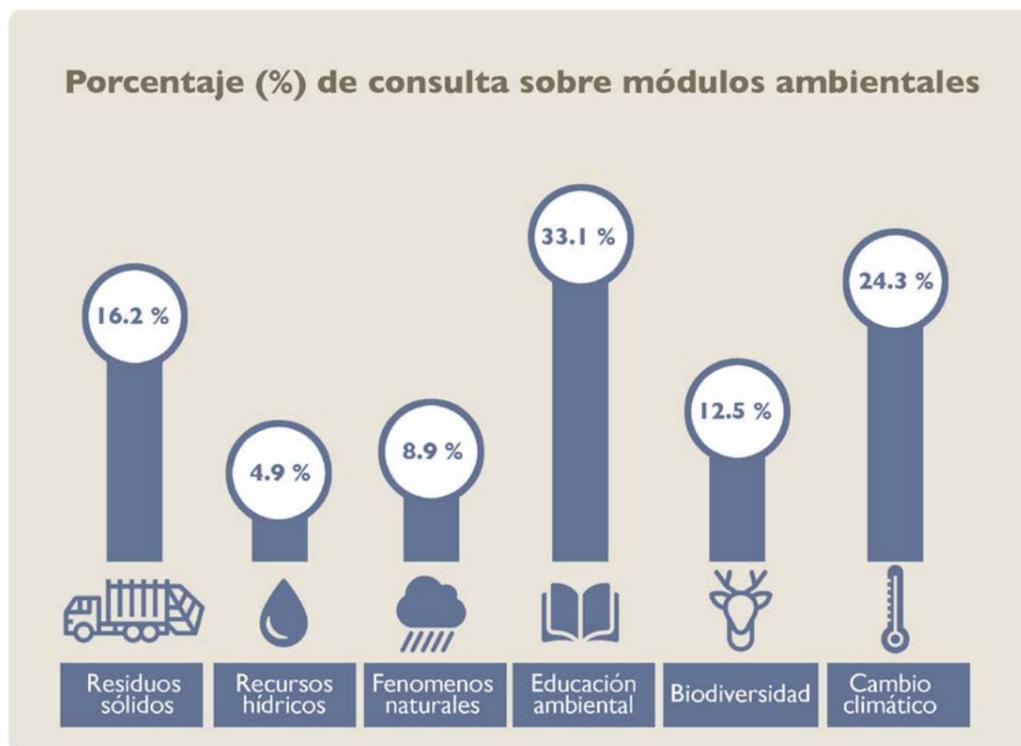


Figura 194. Porcentaje de consultas sobre módulos ambientales. Fuente: Anuario Estadístico 2016. MARN, 2017

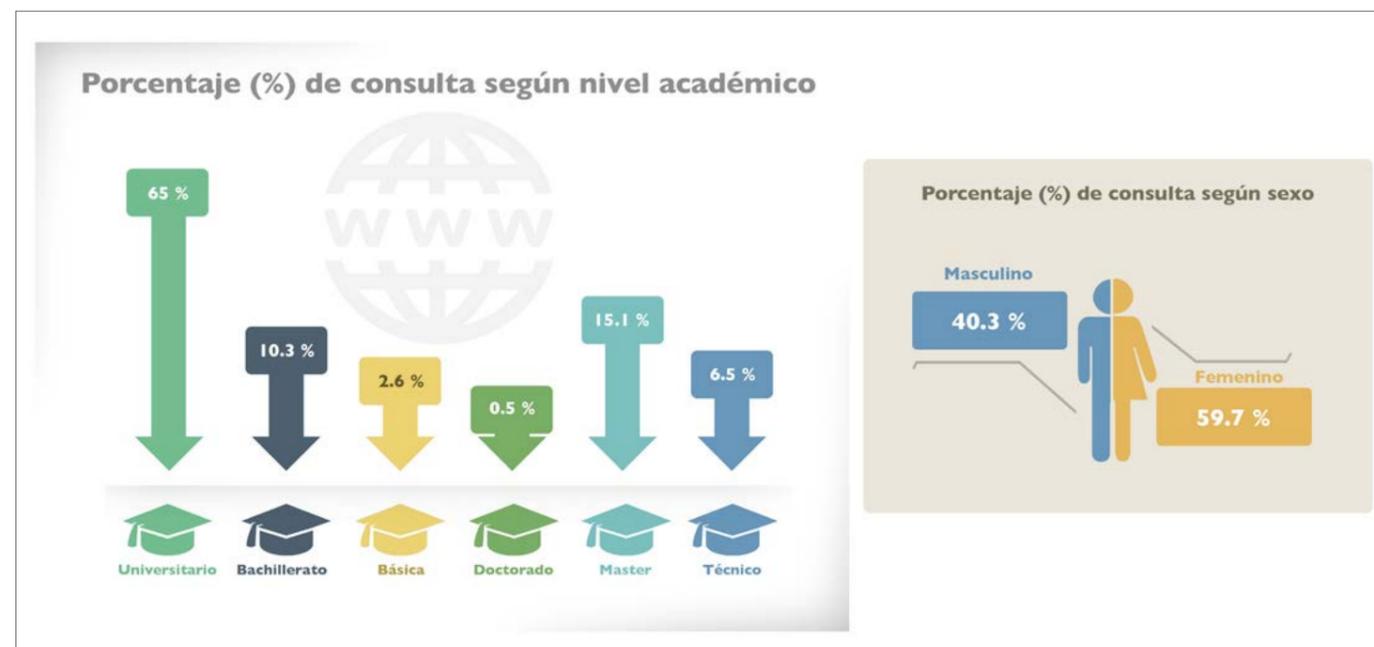


Figura 195. Porcentaje de consultas según nivel académico y por sexo. Fuente: Anuario Estadístico 2016. MARN, 2017

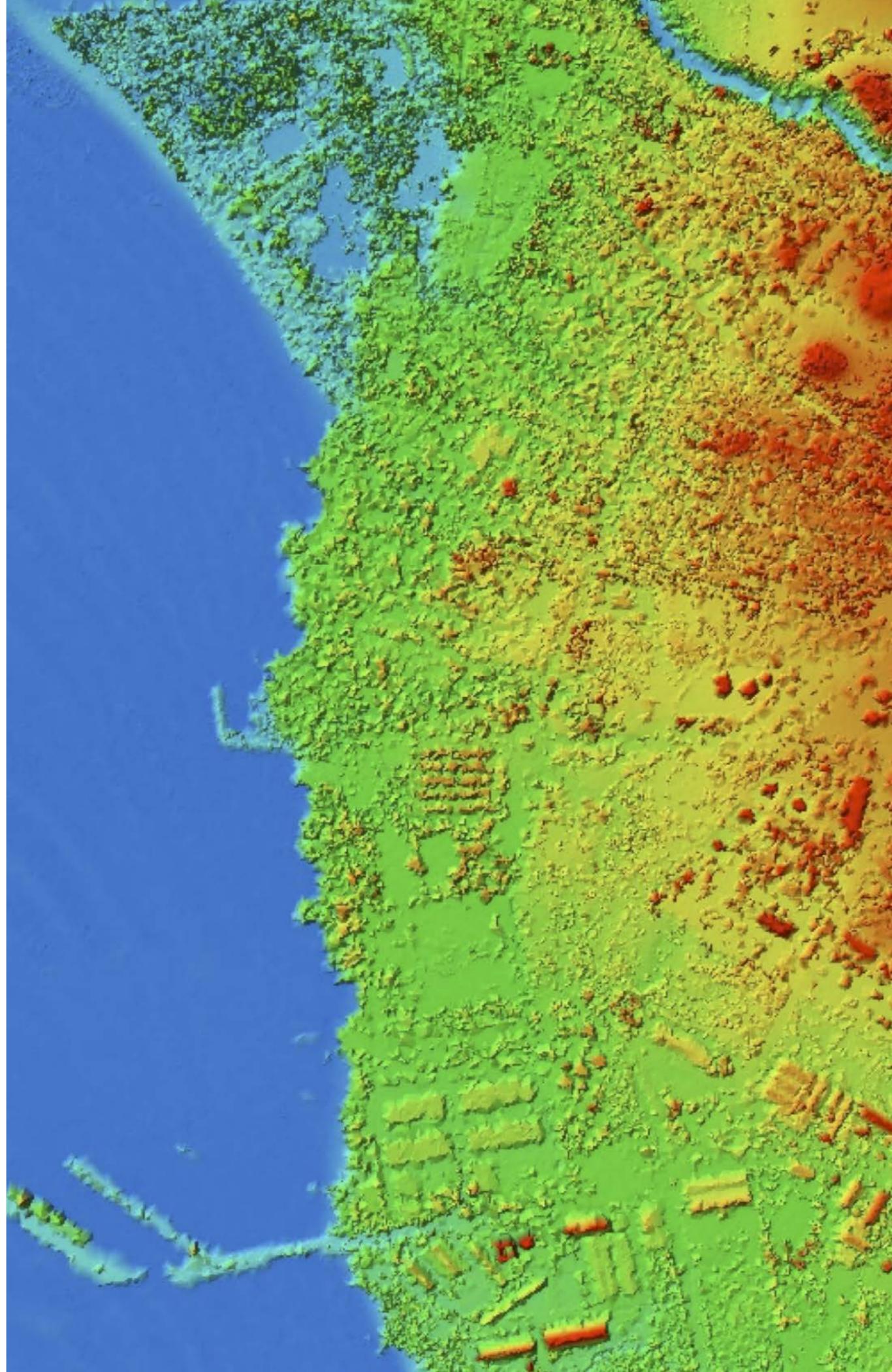
En educación formal, en conjunto con el Ministerio de Educación, el MARN realizó entre octubre y noviembre del 2017, el programa de formación “Adaptación al Cambio Climático y Restauración de Ecosistemas y Paisajes para la reducción de los niveles de vulnerabilidad ambiental”, en el que participaron 166 docentes de diferentes centros educativos del país, como parte del primer módulo de formación docente integrado en el programa “Redes y Aulas Verdes”, con el que se dotó de conocimientos teóricos y prácticos a ser implementados en los centros escolares. La formación en temáticas ambientales, sin embargo, es aún tarea pendiente en las universidades del país. De los 24 centros de educación superior, solo siete ofrecen carreras en temas ambientales, tres de grado y siete posgrados.

Igual de importante es alentar a las empresas y los diversos sectores en la adopción de prácticas sustentables y la introducción de un enfoque de ciclo de vida. Como parte de los incentivos a buenas prácticas de producción y eficiencia de recursos, el MARN entregó en agosto de 2017, el Premio Nacional del Medio Ambiente, que reconoce las iniciativas locales y nacionales más sobresalientes en el ámbito ambiental. El Premio se dirigió a comunidades locales, empresas responsables, medios de comunicación comprometidos y municipalidades que trabajan en programas y acciones de desarrollo resiliente para sus comunidades.

Actualmente, se continúan elaborando e implementando medidas que ya están establecidas en los diversos instrumentos legales, políticas, estrategias, programas y planes del MARN; se sigue buscando y construyendo alianzas y sociedades con los diversos actores y sectores del país, bajo el entendido que solo así se puede lograr la transformación hacia el desarrollo sustentable.

10

Modernización en la gestión de datos e información: una apuesta estratégica



El Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales ha apostado a la modernización en la gestión de datos e información, como insumo clave para la toma de decisiones sobre la base de información técnico científica y la mejora de los procesos, impulsando así, un salto cualitativo en la gestión del medio ambiente.

Mejor información científica generada sistemáticamente, de acceso público y en línea, junto a optimizados sistemas de alerta temprana, son elementos centrales de una efectiva gestión ambiental y de riesgos. El acceso a más precisa información ambiental en línea, posibilita además la formulación más eficiente y técnicamente correcta de estudios de impacto ambiental para el diseño, construcción y operación de proyectos, aportando también a una mejor protección y gestión de los recursos naturales, y con ello, al crecimiento económico y desarrollo sustentable del país.

10.1. Monitoreo sistemático

El Centro de Monitoreo Integrado de Amenazas Naturales funciona las 24 horas del día y los 365 días del año, realiza un monitoreo permanente sobre las condiciones atmosféricas, hidrológicas, oceanográficas, vulcanológicas, sísmicas y geológicas. El principal objetivo de este centro de monitoreo es “generar información permanente de los principales fenómenos naturales y socionaturales que afectan el territorio nacional; produciendo información oportuna y efectiva que permite brindar servicios para la alerta temprana y la toma de decisiones estratégicas, así como para la planificación territorial, el ordenamiento ambiental y la protección de los recursos naturales.

Como apoyo a la gestión de divulgación de información, se cuenta con más de 100 centros de monitoreo municipales, que constan de un equipo de visualización a través del cual se emite información sobre el desarrollo de eventos hidrometeorológicos y geológicos en tiempo real, y se cuenta con más de 600 observadores locales, quienes apoyan para brindar información confiable y oportuna al Sistema Nacional de Protección Civil, sectores productivos y población en general, con fines de alerta temprana, reducción de riesgo, planificación y protección.



Figura 196. Centro de Monitoreo Integrado de Amenazas
Fuente: MARN, 2018

Un componente clave para la vigilancia es la Red Nacional de Estaciones que agrupa a las diferentes estaciones de monitoreo. La red está conformada por más de 250 estaciones ubicadas en todo el territorio nacional, las cuales están equipadas con aparatos especializados en función del tipo de fenómeno monitoreado y contando, en su mayoría, con transmisión telemétrica para disponer de datos e información en tiempo real.

- a) Red de radares meteorológicos, conformados por ocho radares dispuestos en diferentes puntos del país que garantizan una cobertura nacional para el monitoreo de la intensidad de la lluvia;
- b) Red sísmica nacional conformada por más de 90 estaciones sísmicas de período corto, banda ancha y acelerográficas, para realizar el monitoreo sísmico y emitir alertas tempranas ante un posible tsunami, las cuales se encuentran ubicadas en todo el territorio con énfasis en la cordillera volcánica, zonas de enjambres y principales ciudades del país;
- c) Redes hidrometeorológica, telemétrica y convencional empleadas en la vigilancia y medición de distintos parámetros meteorológicos, climáticos, niveles y caudales de ríos, situadas en las distintas zonas climáticas y cuencas de los principales ríos del país;
- d) Red de pozos de monitoreo en acuíferos prioritarios, los cuales se subdividen en dos tipos: pozos de monitoreo con registrador automático - los cuales registran y almacenan tres lecturas diarias de nivel piezométrico, y pozos de monitoreo convencional, en pozos artesanales o excavados, que son utilizados para realizar mediciones, dos veces al año, durante la época seca y lluviosa
- e) Red de mareógrafos empleada para el monitoreo, en tiempo real, de lo que sucede frente a la costa salvadoreña, localizadas en los puertos de Acajutla, La Unión y La Libertad;
- f) La red de calidad de aire establecida con la finalidad de realizar el monitoreo de la calidad del aire en el Área Metropolitana de San Salvador, en especial, las zonas urbanas que corresponden a zonas de mayor población (Soyapango, el centro y occidente de San Salvador) donde se vuelve altamente necesario mantener los puntos de vigilancia;
- g) Red de monitoreo volcánico para la continua vigilancia de los volcanes más activos: San Miguel (Chaparrastique), Santa Ana, Izalco, San Vicente, San Salvador.

De igual forma, se dispone de modelos analíticos y aplicaciones informáticas para el despliegue y análisis e integración de la información. Un ejemplo clave es el Sistema de Información Hídrica (SIHI), que ha sido diseñado y desarrollado para compilar, manejar y generar información del recurso hídrico en El Salvador, con el objetivo principal de servir como la herramienta tecnológica en apoyo a la implementación y seguimiento del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH).

El conjunto de herramientas e información que propone la primera versión del SIHI, están agrupadas en los temas de: inventario hídrico, gestión del recurso (balance, asignaciones y reservas), mapas temáticos y aplicaciones para la consulta y visualización de fenómenos e indicadores hidrológicos en específico.

10.2. Generación y gestión de información geoambiental

Importantes avances en la generación y gestión de información geoambiental se han realizado en los últimos años, entre los que se pueden destacar:

Levantamiento LiDAR

Con la inversión realizada de USD 3.8 millones para el proyecto de obtención de imágenes LiDAR y fotogrametría ejecutado en el año 2014, el MARN ha procesado para la totalidad del territorio y a una resolución de un metro: i) el Modelo Digital de Elevación, el cual representa el suelo desnudo sin la vegetación o construcciones y permite caracterizar las formas del relieve y los elementos presentes en el mismo, ii) el Modelo Digital de Superficie: medida con respecto al nivel medio del mar, de todos los elementos que se encuentran por encima de la superficie del suelo, incluido este; iii) el Modelo Normalizado de Superficie: elevación de los elementos referidos al suelo, se obtiene de sustraer del Modelo de Superficie y del Modelo Digital de Elevación de la superficie del terreno; iv) el Modelo de Sombra: representación de sombras y niveles de radiación solar sobre el terreno; y, v) Modelo de Pendientes: representación de los cambios graduales o bruscos que se presenta de forma aleatoria sobre la superficie de la tierra. Se cuenta además, a una resolución de 40 centímetros, con imágenes multiespectrales de cuatro bandas (rojo, verde, azul e infrarrojo cercano) y curvas de nivel de un metro.

Todos estos productos han sido generados a partir de la nube de puntos LiDAR clasificada a nivel 2 y que cuenta con una precisión en elevación de 17.8 centímetros.

A partir de estos productos se realizan trabajos para mejorar la cartografía de amenazas naturales. Entre las aplicaciones que se están desarrollando en la actualidad se mencionan: el mapeo forestal; el mapa de biomasa/ estimación de carbono, en el cual se toma como insumo la densidad de los puntos de la nube y se relaciona las estimaciones de biomasa aérea basadas en datos de campo con las métricas de la estructura de bosque derivada de LiDAR; el inventario forestal; la medición de la estructura vertical del dosel del bosque, mapeo de infraestructura; detección de línea de transmisión eléctrica principal; y, creación de capa vectorial de áreas construidas para el año 2014.



Figura 197. Sistema de Información Hídrica (SIHI)
Fuente: MARN

Se cuenta, además, con aplicaciones para dispositivos móviles inteligentes, disponibles de forma gratuita (en Google Play), que, permiten a los usuarios visualizar y compartir información en tiempo real, fomentando una ciudadanía informada y participativa.

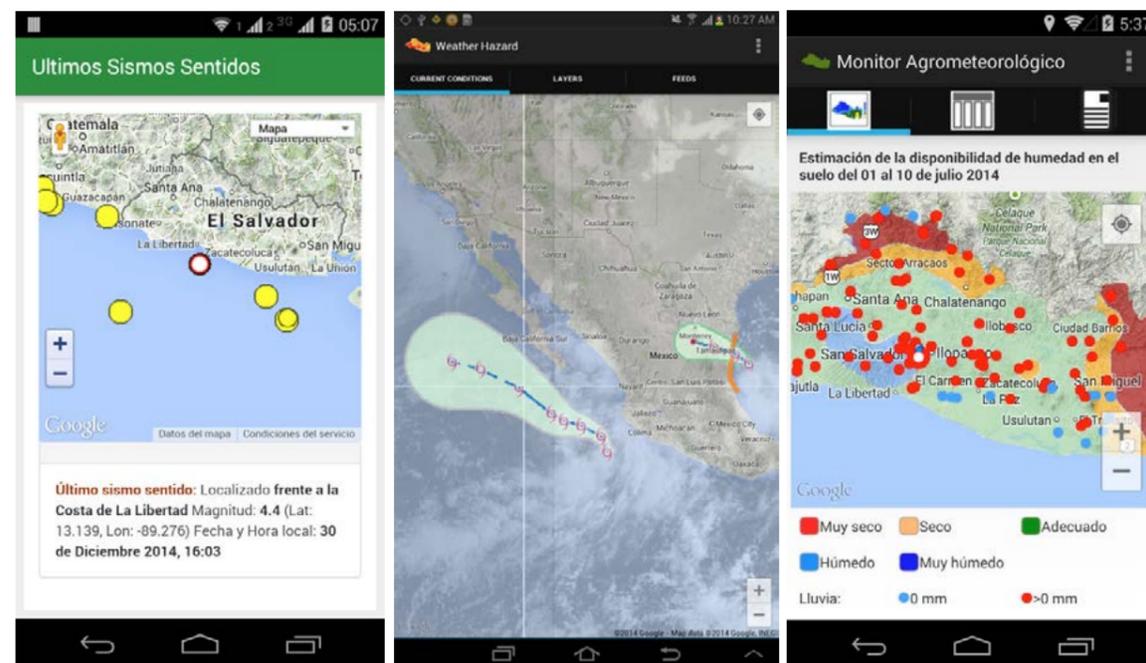


Figura 198. Aplicación para dispositivos móviles: Alertas MARN, Weather Hazard, Agrometeorología
Fuente: MARN

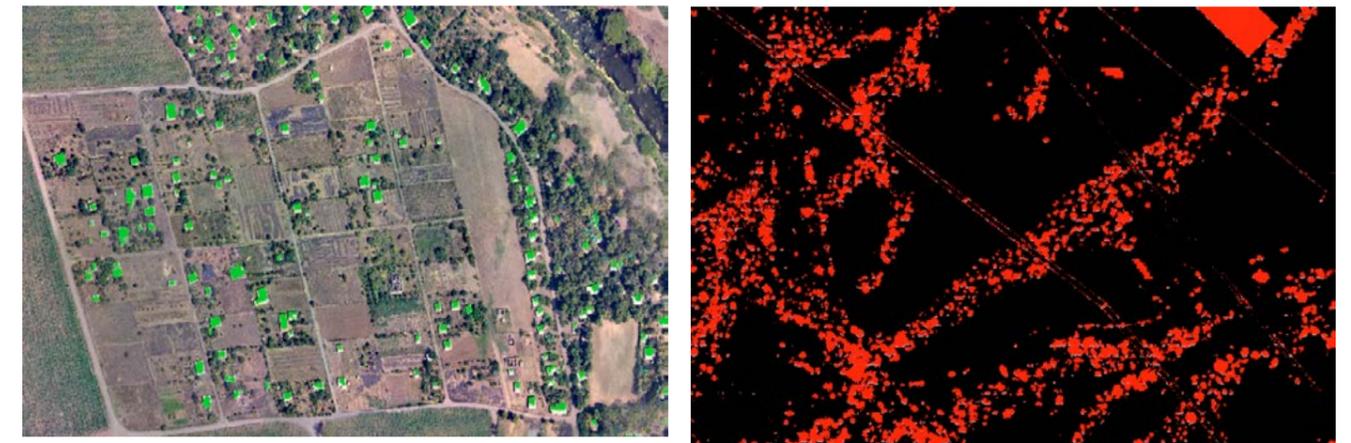


Figura 199. Identificación construcción, Identificación de línea de transmisión principal
Fuente: LiDAR, MARN 2014

En el área de Gestión de Riesgos, se ha actualizado el análisis hidráulico de eventos máximos en el río Grande de San Miguel, se realizó la evaluación de los cambios morfológicos en el río Lempa, simulaciones de deslave en los volcanes de San Vicente y de San Salvador, fue actualizado el mapa de susceptibilidad a deslizamiento (5 m) y se está analizando el comportamiento sismogénico de regiones intersegmento en fallas activas de desgarre.

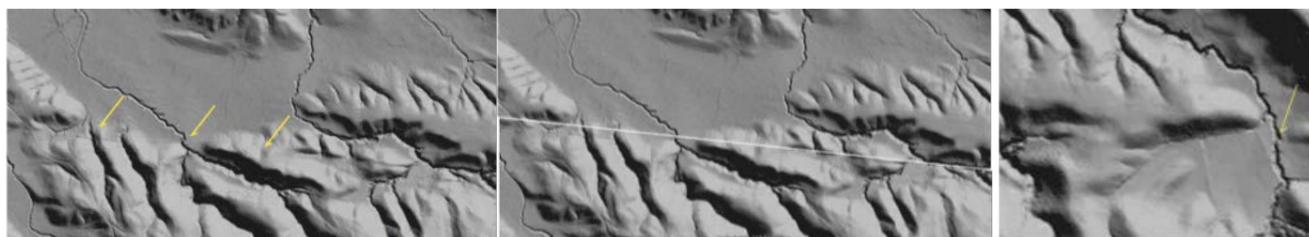


Figura 200. Desplazamientos sísmicos (indicados por flechas), identificados en la morfología a partir del DEM LiDAR y delatan la posición de una falla activa
Fuente: LiDAR, MARN 2014

Asimismo, la información es utilizada en el proceso de verificación del mapa de uso de suelo bajo clasificación IPCC, y se trabaja en la identificación de cobertura arbórea y patrones de diferentes coberturas. También se han generado perfiles detallados a partir del Modelo de elevación para toma de decisiones en diferentes proyectos que requieren permisos ambientales o para realizar análisis en zonas en conflicto solicitadas por los juzgados ambientales.

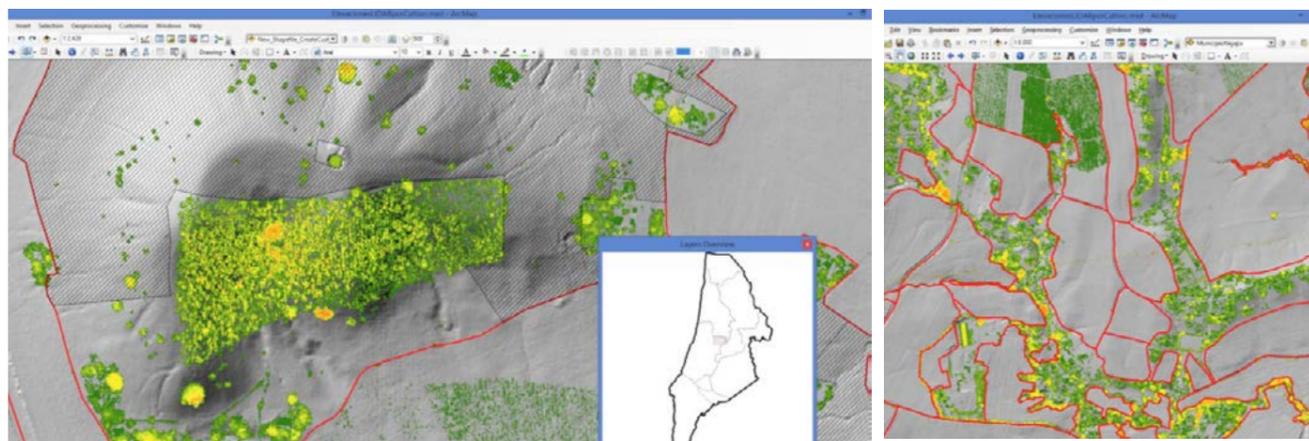


Figura 201. Identificación de trazos y patrones de elevación de plantaciones forestal de Teca en cerro La Tabla
Fuente: LiDAR, MARN 2014

Se continuará utilizando estas herramientas para realizar simulación de inundaciones, análisis de subcuencas, evaluación de amenazas, estimación de volúmenes de tierra a extraer en diferentes proyectos, planificación del uso óptimo del suelo aprovechando sus características y la posibilidad de riego, rectificación de fotografías aéreas y satelitales, y planificación de proyectos viales.

Modelaciones en 3D

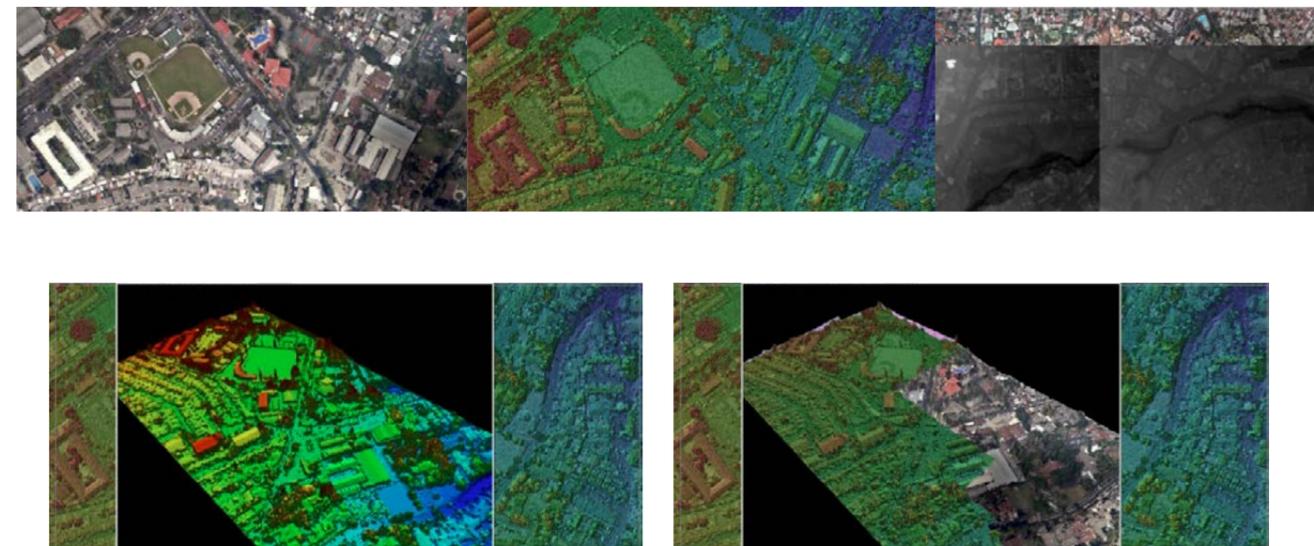


Figura 202. Modelos 3D de colonia San Francisco, San Salvador
Fuente: LiDAR, MARN 2014

10.3. Mapeo de cambios de uso de suelo utilizando teledetección

Se ha desarrollado dos mapas nacionales de cobertura y uso de la tierra con base en imágenes de satélite RapidEye de cinco metros de resolución correspondientes a los años 2011 y 2016, utilizado para muchos procesos, por ejemplo, como base para muestreo del Inventario Nacional de Bosque que está en elaboración, y se espera sea una herramienta efectiva para conocer los contenidos de carbono en los bosques y por depósito.

Con el apoyo de la República de China Taiwán, se realizó el monitoreo de cambios en la cobertura del suelo en zonas prioritarias seleccionadas, mediante la implementación de técnicas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este monitoreo ha permitido determinar que una de las causas principales en la remoción de vegetación es el crecimiento de la frontera agrícola, en la mayoría de los casos; sin embargo, también ha permitido establecer que los cambios que se reflejan a través de las imágenes de satélite provienen de la rotación de cultivos y degradación en la vegetación. Este monitoreo de cambios de uso de suelo al volverse permanente, hará que el MARN, pueda tomar las acciones pertinentes y a tiempo, ante la pérdida de vegetación causadas por tallas ilegales. Este es un proceso de mejora continua en coordinación con otras instituciones como el MAG, las unidades ambientales de las municipalidades y otros actores.

01.2012



01.2015



Figura 203. Plataforma de detección de cambio de uso de suelo Fuente: MARN con imágenes satelitales RapidEye y Sentinel de 2012 y 2015

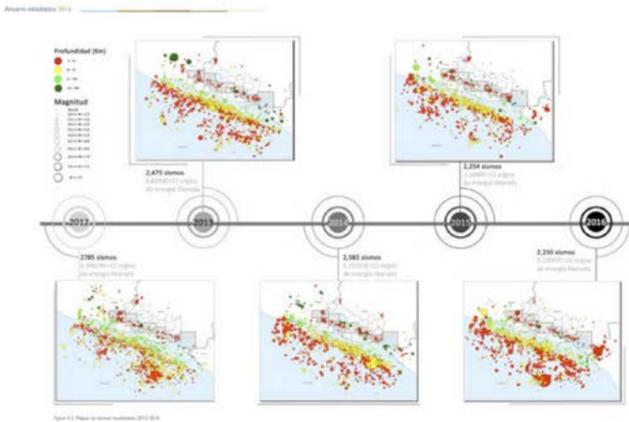
Se ha incrementado la capacidad de las instituciones del Estado que ya cuentan con plataformas de Sistemas de Información geográfica para diferentes fines en los temas relacionados con los Sensores Remotos y uso, captura y procesamiento de información obtenida con la tecnología creciente de drones, así como la capacidad del MARN en la evaluación de los efectos ocasionados por la dinámica natural a través de esta tecnología. Para ello, se han capacitado a 60 técnicos de diferentes instituciones: UES, MAG, UCA, LAGEO, MOP y MARN en el uso de técnicas de sensores remotos y manejo de información generada con drones. Además, se elaboraron los mapas de usos de suelos de zona piloto y mosaico de imágenes RapidEye a escala nacional.

10.4. Estadísticas ambientales

Por primera vez el país dispone de documentación sobre indicadores y estadísticas ambientales, que en un futuro permitirán entender la evolución histórica de los fenómenos ambientales. Para ello, el MARN elabora anuarios estadísticos, base para el inventario de indicadores y estadísticas ambientales.



Figura 204. Anuario estadístico 2016. Fuente: MARN



10.5. Nuevo sistema de evaluación ambiental

Con el objetivo de transitar hacia un nuevo modelo de implementación de prácticas que permitan minimizar el impacto ambiental de las obras en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos y fomentar las oportunidades de inversión en el país, el MARN ha desarrollado e implementado el Sistema de Evaluación Ambiental (SEA), un sistema en línea que de forma rápida, fácil y transparente permite evaluar si una propuesta de proyecto es de impacto ambiental potencial bajo, leve, moderado o alto. Permitiendo al usuario obtener una categorización de su propuesta de proyecto de manera automática.

El SEA en línea se fundamenta en los siguientes criterios:

- a) Envergadura de la propuesta de proyecto
- b) Naturaleza del impacto potencial, referido a la sensibilidad del sitio, las condiciones de conservación ambiental, el riesgo asociado a las condiciones de lugar o al estado de conservación de los factores ambientales
- c) Naturaleza de la actividad, obra o proyecto, criterio que está relacionado al tipo de proceso a realizar y al riesgo potencial asociado a la misma.

Para ello, el sistema utiliza capas digitales de información cartográfica con la mejor precisión disponible, resultados de modelos de simulación e información proporcionada por el usuario, para que a través de un algoritmo se obtenga una respuesta automática.



Figura 205. El Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) disponible en www.marn.gob.sv/sea Fuente: MARN

10.6. Retos en la gestión de información geoespacial

El estado actual de los productos del Observatorio Ambiental se limita a modelos de elevación digital, ya sea de terreno o de superficie, sin embargo, para la gestión del riesgo es importante integrar datos de más detalle, que permitan, además de conocer el nivel de inundación que afecta determinadas estructuras posterior a un análisis espacial por avenidas y desbordamientos, poder publicar esa información, permitiendo a las personas usuarias consultar estos productos de forma descentralizada, todo en formatos de tres dimensiones.

Incorporar inteligencia geoespacial en los sistemas geoambientales permitiría reconocer patrones naturales ocultos entre los datos, y con ello identificar subconjuntos naturales o agrupaciones de características basadas en la ubicación (solo componente espacial), valores (solo atributos) o una combinación de ubicación y valores.

Incorporar tecnología para conectar una realidad virtual de elementos con un entorno real de manera simultánea, es decir, una forma de complementar la realidad de nuestro entorno con ayuda de dispositivos tecnológicos, permitiría visualizar y reconocer objetos mediante dispositivos e interactuar sobre ellos para aportar información o conseguir un fin. Considerando que la información sobre la que se asienta la realidad aumentada es precisamente el territorio y los elementos que lo componen, podría ser complemento idóneo para los Sistemas geoambientales.

Listado de Figuras

Capítulo 1

- Figura 1 Crecimiento, inflación y desempleo en Centroamérica, 2015
 Figura 2 Estanflación, políticas restrictivas y cambio climático
 Figura 3 Huella ecológica y nivel de desarrollo
 Figura 4 Ilustración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)
 Figura 5 Hoja de ruta para la implementación de la Agenda 2030 en El Salvador
 Figura 6 Convenciones internacionales sobre medio ambiente y desarrollo

Capítulo 2

- Figura 7 El Salvador: población según la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM), 2016.
 Figura 8 El Salvador: tasas de crecimiento demográfico promedio por década, 1960-2015
 Figura 9 Tasas de crecimiento del PIB durante 1950-2014 (promedios quinquenales)
 Figura 10 Tasas de ahorro e inversión (% del PIB), 1990-2016
 Figura 11 Déficit de la balanza comercial (Millones de dólares y % del PIB), 1990-2016
 Figura 12 Evolución de la balanza comercial agrícola (millones de dólares), 1994-2016
 Figura 13 Evolución de la balanza comercial de cereales (millones de dólares), 1994-2016

Capítulo 3

- Figura 14 El Salvador territorio multiamenaza. El país más pequeño y densamente poblado de Centroamérica.
 Figura 15 Índice de Riesgo Climático Global 1997 - 2016
 Figura 16 Lluvias extremas por eventos del océano Pacífico: baja presión E96/Ida del 7 al 9 de noviembre de 2009
 Figura 17 Lluvias extremas por eventos del océano Pacífico: depresión tropical 12E del 10 a 12 de octubre de 2011
 Figura 18 Región Costera con un comportamiento bimodal, máximo en septiembre, disminución en julio y agosto. Lluvia mensual 1980-2010 y años secos 1997, 2014 y 2015, estación de La Unión
 Figura 19 Mapa de anomalías de escurrimiento (% de desviación con relación al promedio) del año hidrológico mayo 2016 – abril 2017
 Figura 20 Crecimiento del Área Metropolitana de San Salvador entre 1995 y 2011
 Figura 21 Temperaturas máximas absolutas anuales (izquierda) y temperaturas mínimas absolutas anuales (derecha). Estación Aeropuerto de Ilopango
 Figura 22 Estaciones agroclimáticas MAG-MARN
 Figura 23 Corredor Seco en El Salvador
 Figura 24 Escenarios de pérdida de biodiversidad por cambio climático. Caída de rendimiento productivo agrícola para distintos productos en escenario realista A2 (AR4), sin considerar eventos extremos

Capítulo 4

- Figura 25 Regiones hidrográficas de El Salvador
 Figura 26 Lagos, lagunas y sitios Ramsar de El Salvador
 Figura 27 Aguas de transición delimitadas en El Salvador
 Figura 28 Masas de agua costera delimitadas en El Salvador
 Figura 29 Delimitación de la superficie acuífera en 72 acuíferos
 Figura 30 Agrupación de acuíferos en Masas de agua subterránea (MASub)

- Figura 31 Sistemas de Explotación (SE) identificados en El Salvador
 Figura 32 Mapa de precipitación promedio multianual, periodo 1965 - 2012
 Figura 33 Ubicación de estaciones de la red hidrométrica nacional
 Figura 34 Ubicación de sitios de monitoreo de la red secundaria en el año 2017
 Figura 35 Número de aforos realizados en ríos del país en el periodo 2013 al 2017
 Figura 36 Número de aforos de la última década en las estaciones hidrométricas Citalá, La Hachadura, Joyas de Cerén y Concepción de Oriente
 Figura 37 Mapa de caudales medios anuales (m³/s) en estaciones de la red hidrométrica nacional
 Figura 38 Caudales medios multianuales en ríos de El Salvador
 Figura 39 Anomalía de escurrimiento registrada (%) en el año hidrológico 2016 – 2017
 Figura 40 Red de sitios para la evaluación de la calidad de agua de los ríos a escala nacional
 Figura 41 Calidad de agua valorada a través del Índice de Calidad de Agua (ICA) para el año 2017
 Figura 42 Evolución del Índice de Calidad de Agua (ICA) para el período 2007- 2017
 Figura 43 Clasificación de sitios de muestreo según el índice de calidad de agua
 Figura 44 Cuerpos de agua de calidad buena o calidad no buena según el ODS 6.3.2 para 2017
 Figura 45 Resultados del Indicador ODS 6.3.2 2013 y 2017
 Figura 46 Resultados de calidad de agua para potabilizar por métodos convencionales
 Figura 47 Resultados de calidad de agua para riego sin restricciones
 Figura 48 Resultados de calidad de agua para consumo de especies de producción animal
 Figura 49 Medición de la calidad del agua para determinar sus usos recomendados
 Figura 50 Resultados de calidad de agua para actividades recreativas con contacto directo
 Figura 51 Zonificación de la calidad del agua en ríos
 Figura 52 Masas de agua subterránea en El Salvador
 Figura 53 Redes de monitoreo de agua subterránea
 Figura 54 Niveles piezométricos registrado en 2017 contra media histórica 2012-2017
 Figura 55 Registro de niveles piezométricos en sector de Cara Sucia y Barra de Santiago
 Figura 56 Registro de niveles piezométricos en acuífero de Zapotitán y Área Metropolitana de San Salvador
 Figura 57 Registro de niveles piezométricos en el sector de San Francisco Javier y San Agustín
 Figura 58 Registro de niveles piezométricos en acuífero de San Miguel
 Figura 59 Zonas prioritarias del Plan Nacional de Gestión integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH)
 Figura 60 Aportaciones medias anuales en 10 regiones hidrográficas en MMC/año
 Figura 61 Demandas estimadas en El Salvador por sector en el año 2012
 Figura 62 Demandas por de agua en El Salvador por sector en el año 2017
 Figura 63 Demanda de agua en El Salvador por departamento en el año 2017
 Figura 64 Zona hidrográfica, estero de Jaltepeque
 Figura 65 Demanda bruta por región hidrográfica y sector-uso consuntivo 2011-2012
 Figura 66 Demandas de agua en El Salvador por sector en el año 2022
 Figura 67 Disponibilidad hídrica a Nivel nacional para el año 2017
 Figura 68 Mapa de Índice de Estrés Hídrico para el escenario de implantación (situación actual 2012 + caudal ecológico)
 Figura 69 Instalación de GPS en barcos pesqueros, bahía de Jiquilisco.
 Figura 70 Índice de Estrés Hídrico con escenario de cambio climático (cc) para el año 2022. (Escenario para el año 2022 + caudal ecológico + cc)
 Figura 71 Distribución de aportaciones superficiales en régimen natural a escala nacional en situación actual 2012 y escenario de cambio climático en el año 2022

Figura 72	Entradas y salidas de las masas de agua subterránea para el cálculo del índice de explotación subterránea
Figura 73	Caudales mensuales en diferentes estaciones hidrométricas (línea azul: caudal promedio mensual; línea cian: caudal en año hidrológico húmedo; naranja: caudal en año hidrológico seco 2016-2017)
Figura 74	Erosión por estragos de tormenta IDA, 2009
Figura 75	Trazos de los cambios en el manglar de Barra Salada en los años 1949 y 2014
Figura 76	Cambios en el vaso del estero de Barra Salada en los años 1949 y 2014
Figura 77	Vulnerabilidad a la erosión en la zona marino costera de El Salvador
Figura 78	Movilidad en los cauces de los ríos Huiza y Jiboa (años 1949 y 2015 en el río Huiza y 1949 y 2010 en el río Jiboa)
Figura 79	Presiones sobre los recursos hídricos y subterráneos

Capítulo 5

Figura 80	Ecorregiones de El Salvador
Figura 81	Bosque y café en El Salvador
Figura 82	Sitios con pérdida de ecosistemas naturales entre 2000 y 2010
Figura 83	Dinámica de la cobertura arbórea y crecimiento poblacional
Figura 84	Cifras sobre incendios forestales, 2006-2016
Figura 85	Sistema de puntos de calor en El Salvador para el monitoreo de incendios forestales
Figura 86	Protocolo para la alerta temprana por incendio forestal en Área Natural Protegida
Figura 87	Plan de recuperación de áreas afectadas por incendios forestales
Figura 88	Incendio ocurrido en el complejo volcánico San Salvador en 2017 captado a partir de vuelo de dron.
Figura 89	Combate a la plaga del gorgojo descortezador del pino
Figura 90	Áreas naturales protegidas de la zona costero marina
Figura 91	Sitios prioritarios a proteger en el corredor costero marino
Figura 92	Monitoreo de barcos pesqueros en tres millas náuticas
Figura 93	Comportamiento del Producto Interno Bruto Agropecuario 2004- 2014
Figura 94	Inventario de fauna y flora en el golfo de Fonseca
Figura 95	Generación y sistematización de información sobre biodiversidad
Figura 96	Reciente hallazgo de pariente silvestre del Maíz (Zea luxurians) en un área natural protegida
Figura 97	Municipios con recursos fitogenéticos de importancia para la agricultura y alimentación, y que son conservados por comunidades indígenas en El Salvador; variedades de maíz, cucurbitáceas y frutales nativos
Figura 98	Índice potencial de biodiversidad, escenario base, B2 y A2 a 2100
Figura 99	Cumplimiento de El Salvador del plan estratégico 2011-2020 y metas Aichi del Convenio de Diversidad Biológica. Detener la pérdida de diversidad biológica, construir resiliencia ante cambio climático y provisión permanente de servicios ecosistémicos
Figura 100	Zonas de movimiento de sedimentos
Figura 101	Área de influencia de la planta potabilizadora Las Pavas – Sistema río Lempa – Las Pavas
Figura 102	Áreas naturales protegidas, sitios Ramsar y reservas de biósfera
Figura 103	Juramentación del comité nacional Ramsar y del COAL
Figura 104	Catálogo de zonas críticas de humedales Ramsar
Figura 105	Criterios para la definición de áreas de oportunidad de restauración
Figura 106	Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: agua superficial y subterránea y adaptación a la sequía
Figura 107	Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: Conservación de suelo y agricultura
Figura 108	Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: Adaptación – tormentas e inundaciones

Figura 109	Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: Conservación de la vida silvestre
Figura 110	Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: Regulación del clima en centros urbanos
Figura 111	Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Criterio: Provisión de leña
Figura 112	Áreas prioritarias para la restauración de paisajes rurales en El Salvador. Todos los Criterios, prioridades alta y muy alta
Figura 113	Prioridades alta y muy alta de restauración del paisaje productivo
Figura 114	Restauración Ecológica del Manglar en coordinación con actores locales
Figura 115	Sistema de monitoreo de acciones de restauración
Figura 116	Cifras sobre restauración de paisajes 2014-2016
Figura 117	Plan de Acción de restauración de ecosistemas y paisajes de El Salvador 2018 - 2022
Figura 118	Fauna atendida por el MARN
Figura 119	Liberación de tortugas marinas como parte de las acciones para su protección y conservación
Figura 120	Cifras de neonatos de tortugas marinas, años 2006-2016

Capítulo 6

Figura 121	Mapa Pedológico de El Salvador
Figura 122	Mapa Agrológico de El Salvador
Figura 123	Muestra de tipos de suelo en El Salvador
Figura 124	Mapa de profundidad del suelo
Figura 125	Carbono orgánico del suelo (profundidad 5-15cm)
Figura 126	Intercambio catiónico del suelo
Figura 127	pH del suelo
Figura 128	Profundidad efectiva del suelo
Figura 129	Evidencia del deterioro del suelo en San Ildefonso
Figura 130	Manglar de Garita Palmera
Figura 131	Evolución de la mancha urbana en el Área Metropolitana de San Salvador
Figura 132	Zonificación ambiental y usos del suelo 2017
Figura 133	Zonificación ambiental y usos del suelo en la Franja costero marina
Figura 134	Zonificación ambiental y el uso del suelo en zona nororiental
Figura 135	Zonificación ambiental y uso del suelo en la Subregión Metropolitana de San Salvador
Figura 136	Sensibilidad territorial al riesgo para la zonificación ambiental en carretera Panorámica
Figura 137	Zonificación ambiental y uso del suelo en el volcán de San Salvador
Figura 138	Zonificación ambiental y el uso del suelo en la cordillera del Bálsamo
Figura 139	Zonificación ambiental y uso del suelo en el municipio de Nejapa
Figura 140	Zonificación ambiental y usos del suelo en el municipio de Santo Tomás
Figura 141	Zonificación ambiental y usos del suelo en el municipio de Nuevo Cuscatlán

Capítulo 7

Figura 142	Contaminación atmosférica generada por fuentes móviles
Figura 143	Orígenes y efectos de los contaminantes atmosféricos
Figura 144	Contribución de emisiones por actividad para el AMSS
Figura 145	Composición de flota vehicular para el AMSS

- Figura 146 Emisiones de PM2.5 por tipo de transporte para el AMSS
- Figura 147 Comparación de tamaño de PM2.5 con cabello humano y grano de arena
- Figura 148 Modelación realizada para el material particulado (PM10) generada por las emisiones del transporte terrestre, en específico para autobuses y microbuses
- Figura 149 Ubicación de estaciones de monitoreo automáticos del MARN y su radio de alcance
- Figura 150 Índice Centroamericano de la Calidad del Aire (ICCA)
- Figura 151 Distribución de porcentaje según ICCA para los promedios diarios de PM2.5 en estación CGOB
- Figura 152 Distribución de porcentaje según ICCA para los promedios diarios de PM2.5 en la estación UDB
- Figura 153 Valores promedios anuales para PM2.5 por estación de monitoreo

Capítulo 8

- Figura 154 Ubicación geográfica de los rellenos sanitarios 2009
- Figura 155 Oferta ampliada de disposición final 2019
- Figura 156 Tratamiento de desechos sólidos a escala nacional
- Figura 157 Tipo de disposición de desechos por ubicación de hogares
- Figura 158 Disposición de residuos
- Figura 159 Composición de los desechos que ingresan al relleno sanitario de Santa Ana, año 2016
- Figura 160 Empresas autorizadas para reciclaje o desensamble por tipo de material
- Figura 161 Temáticas que integra el Plan Nacional de Sensibilización
- Figura 162 Avances en el desarrollo del Plan de sensibilización por sector
- Figura 163 Volumen de sacrificio semanal
- Figura 164 Tratamiento de aguas residuales en rastros municipales
- Figura 165 Vigilancia sanitaria de las carnes en rastros municipales
- Figura 166 Situación de los rastros municipales 2010-2017
- Figura 167 Propuesta de rastros en El Salvador a escala nacional
- Figura 168 Materiales y acciones en atención a la emergencia en Sitio del Niño
- Figura 169 Monitoreo y acompañamiento técnico del personal de la US EPA en la exfábrica BAES
- Figura 170 Imagen de satélite. Límites de la declaratoria de Emergencia Ambiental. Círculo amarillo 2010, cuadrante en color rojo: declaratoria del 2016
- Figura 171 Ubicación de la planta formuladora Quimagro
- Figura 172 Población y autoridades durante el retiro de los tóxicos desde San Luis Talpa
- Figura 173 Total de desechos peligrosos eliminados del inventario nacional de desechos de plaguicidas identificados por Contaminantes Orgánicos Persistentes
- Figura 174 Sitios atendidos por presencia de desechos de plaguicidas
- Figura 175 Reducciones en el consumo de HCFC alcanzados en el periodo 2014 – 2017
- Figura 176 Contribución de las medidas de control de las sustancias agotadoras del ozono a los esfuerzos por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, expresadas en toneladas de dióxido de carbono equivalente
- Figura 177 Autoridades verifican nueva tecnología instalada
- Figura 178 Publicación año 2017 en el marco de la celebración de los 30 años de la firma del Protocolo de Montreal
- Figura 179 Plantas de tratamiento de aguas residuales en El Salvador
- Figura 180 Toma aérea del paso del río Acelhuate sobre un tramo de la ciudad capital. Bulevar Venezuela, San Salvador
- Figura 181 Subcuenca del río Acelhuate

- Figura 182 Identificación de 251 ríos o quebradas
- Figura 183 Impacto de las medidas a realizar: reducción total 80 % de la contaminación
- Figura 184 Índice de Calidad de la subcuenca del río Acelhuate
- Figura 185 Rehabilitación del río Sumpa y tramo alto del río Las Cañas
- Figura 186 Rehabilitación del río Tomayate
- Figura 187 Rehabilitación de la quebrada El Piro
- Figura 188 Escenario a 10 años de la mejora de la calidad del río Acelhuate
- Figura 189 Observatorio del agua, una plataforma para el acceso a la información sobre los recursos hídricos
- Figura 190 Ilustración de cómo se proyecta la intervención de la quebrada El Piro
- Figura 191 Sitios de muestreo de calidad del agua en la región hidrográfica A. Lempa
- Figura 192 Ilustración de las acciones para la recuperación del río Lempa

Capítulo 9

- Figura 193 Detalle de cantidad de denuncias ambientales por departamento, mes y tipo, año 2016
- Figura 194 Porcentaje (%) de consulta sobre módulos ambientales
- Figura 195 Porcentaje (%) de consulta según sexo y nivel académico

Capítulo 10

- Figura 196 Centro de Monitoreo Integrado de Amenazas
- Figura 197 Sistema de Información Hídrica (SIHI)
- Figura 198 Aplicación para dispositivos móviles: Alertas MARN, Weather Hazard, Agrometeorología
- Figura 199 Identificación construcción, Identificación de línea de transmisión principal
- Figura 200 Desplazamientos sísmicos (indicados por flechas), identificados en la morfología a partir del DEM LiDAR y delatan la posición de una falla activa
- Figura 201 Identificación de trazos y patrones de elevación de plantaciones forestal de Teca en cerro La Tabla
- Figura 202 Modelos 3D de colonia San Francisco, San Salvador
- Figura 203 Plataforma de detección de cambio de uso de suelo
- Figura 204 Anuario estadístico 2016
- Figura 205 El Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) disponible en www.marn.gob.sv

Listado de Tablas

Capítulo 2

Tabla 1	Población y densidad demográfica según departamento, 2005 y 2016
Tabla 2	Población y densidad demográfica, según municipio del AMSS, 2005 y 2016

Capítulo 3

Tabla 3	El Salvador: cambio de temperatura media, escenarios B2 y A2, promedio de los tres 2020 a 2100 (en grados Celsius)
Tabla 4	Tendencia del incremento del porcentaje de días y noches cálidas en el AMSS

Capítulo 4

Tabla 5	Superficie de las regiones hidrográficas en El Salvador, Guatemala y Honduras
Tabla 6	Masas de aguas costeras delimitadas en El Salvador
Tabla 7	Calidad de agua con base en el Índice de Calidad de Agua
Tabla 8	Valores históricos de la calidad del agua con base al ICA
Tabla 9	Parámetros y valores guías para el cálculo del indicador ODS 6.3.2
Tabla 10	Calidad de agua para los sitios evaluados en los distritos de riego
Tabla 11	Recargas mensuales y totales promedio multianual en MMC/mes y MMC/año por región hidrográfica
Tabla 12	Valor de la aportación anual promedio multianual según país de procedencia (MMC/año) por región y zona hidrográfica para el periodo 1970-2012
Tabla 13	Demanda consuntiva de agua estimada para 2017 por uso sectorial, ZH y RH (MMC/año)
Tabla 14	Índice de estrés hídrico de los Sistemas de Explotación (SE) escenario 2012 y los futuros
Tabla 15	Índices de explotación de las MASub para el año 2012 y simulaciones para los años 2017 y 2022
Tabla 16	Asignaciones y reservas propuestas en el periodo 2012-2022
Tabla 17	Resumen de las asignaciones en m ³ /s por tramos y sistemas de explotación para el uso ambiental (horizonte 2022)

Capítulo 5

Tabla 18	Tendencias del área boscosa
Tabla 19	Valor económico potencial del ecosistema manglar en El Salvador bajo un sistema de manejo sostenible (Millones de dólares por hectárea por año)
Tabla 20	Especies arbóreas en El Salvador
Tabla 21	Sistematización de estudios y registros de las aves de El Salvador
Tabla 22	Total de especies de fauna registradas y amenazadas
Tabla 23	Dinámica de estado de conservación protección de ecosistemas prioritarios
Tabla 24	Áreas potenciales de restauración según tipo de transición
Tabla 25	Costos y beneficios del uso actual del suelo y de las transiciones

Capítulo 7

Tabla 26	Costo por padecimiento por contaminación del aire para 2003
Tabla 27	Límites de calidad del aire para partículas PM10 y PM2.5

Capítulo 8

Tabla 28	Localización de la infraestructura para el funcionamiento del Sistema Nacional
Tabla 29	Rellenos sanitarios mecanizados y manuales en funcionamiento al año 2017
Tabla 30	Toneladas de desechos dispuestos en Rellenos Sanitarios Mecanizados en 2016
Tabla 31	Inventario de desechos de plaguicidas contaminantes orgánicos persistentes
Tabla 32	Cantidad de desechos peligrosos encontrados en Quimagro

Referencias bibliográficas

- Ayala P., Grande M., Rosa A., Rivas, T., Zimmermann, R., (2017), Informe sobre índices del Clima El Salvador utilizando RCLindex, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- BID, 2016. "Mejorando el transporte público en el área metropolitana de San Salvador. <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7858/SITRAMSS-Mejorando-el-transporte-publico-del-Area-Metropolitana-de-San-Salvador.pdf?sequence=1>
- Calidad del Aire Ambiental, Inmisiones Atmosféricas, NSO 13.11.01:01, CONACYT, El Salvador 2001.
- CCME.WQI, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, w CCME Water Quality Index 1.0 User's Manual, ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/138
- Chávez-Tafur, Jorge. 2006 en Aprender de la experiencia Una metodología para la sistematización.
- Encuesta de Hogares y Propósitos Múltiples, 2015. Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC), El Salvador
- Erazo A, 2010. Impactos de cambios de uso de suelo en la escorrentía superficial en la cuenca del Arenal Monserrat en la ciudad de San Salvador en el periodo 1992-2009 – El Salvador; Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Eurolatina (2006): Diagnóstico de la Calidad del Aire, Levantamiento de Fuentes Contaminantes y Diseño de Red de Monitoreo, El Salvador
- F., Canales C., Díaz M., Gutiérrez E., Hernández D., Marroquín G., Gavidía F., García L., Ayala P., Cerón
- FAO 1993. Directives pour la Planification de l'Utilisation des Terres. Collection FAO: Développement 1. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, Italie. ISBN 92-5-203282-7.
- FAO 1993. Guidelines for land-use planning. FAO Development Series 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Hernández Martínez, M.A., Pérez, D., Serrano Cervantes, L., Sermeño Chicas, J.M., Paniagua Cienfuegos, M.R., Springer, M. & A.J., Monterrosa Urias. 2010. Atlas geográfico de los insectos acuáticos indicadores de calidad ambiental de aguas de los ríos de El Salvador. En: Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador; utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) -Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 104 pág.
- Kattan C., Menjívar L., Molina G., Peñate Y., Estrada A., Moran I., Chávez T., Arriola B., Cruz D., Vides R., Erazo A., Beltrán H., Rivas C., Barrera G., Cañas A., (2017), Informe Nacional del Estado de los Riesgos y Vulnerabilidades, El Salvador, San Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- KOMAR, O. & IBARRA-PORTILLO, R. (2009) El Salvador. Pág. 197 – 204 en C. Devenish, D.F. Díaz Fernández, R. P. Clay, I. Davidson & I.Yépez Zabala Eds. Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation. Quito, Ecuador: BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 16).
- MAG-PNUD (1982) Plan Maestro del Recurso Hídrico.
- MARN, GIZ, UICN, Mapa de cobertura y uso del suelo (1:2500) con base en imágenes Rapid Eye de 2011. Junio, 2016.
- MARN, 2007, Estudio de Balance Hídrico de Seis Subcuencas Hidrográficas Prioritarias Regiones Hidrográficas Cara Sucia -San Pedro Belén, Río Grande de Sonsonate y Banderas Proyecto USAID Mejor Manejo y Conservación de Cuencas Hidrográficas Críticas.
- MARN 2007. Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las aguas superficiales de El Salvador. Contrato Préstamo BID-MARN No 1209/OC-ES. Programa de Descontaminación de Áreas Críticas.
- MARN, 2013. Informe de la calidad del agua de los ríos El Salvador 2012 – 2013. Dirección General del Observatorio Ambiental.
- MARN (2013) Estrategia Nacional de Cambio Climático.
- MARN, 2013, Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de El Salvador
- MARN 2017, Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador
- MARN 2017, Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador
- MARN (2017) Informe Nacional del Estado de los Riesgos y Vulnerabilidades Ruíz R, TORRES H (2008) Manual de procedimientos de delimitación y codificación de unidades hidrográficas. Publicación UICN-SUR 61p
- MARN/PNUD/GEF, 2014. Quinto informe nacional para el convenio sobre la diversidad biológica de El Salvador.
- MARN, 2016. Atlas de zonificación ambiental y usos de suelo de la Franja Costero Marina
- Mapa Uso actual del suelo Corine Land Cover 2002, El Salvador.
- Mapa Uso actual del suelo 2010, El Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería El Salvador/Universidad de El Salvador.
- MARN (2016) Tendencia de la temperatura del aire y los eventos extremos de olas de calor en AMSS
- Manual de Laboratorio, Monitoreo del Aire, Proyecto Aire Puro, Swisscontact 2001.
- OPAMSS (2016). Expansión Urbana – Consumo de Suelo en el AMSS. [En línea] Opamss.org.sv. Disponible en: http://www.opamss.org.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=129:expansion-urbana-consumo-de-suelo-en-el-amss&catid=22&Itemid=167 [Consulta: 26 Mayo 2016].
- Raes, L., Nello, T., Fonseca, J. F. (2017). Análisis Económico de las Categorías de Intervención para la Restauración de Paisajes Productivos en El Salvador. UICN-ORMACC.
- UN-Water: www.unwater.org/.../SP_Step-by-step-methodology-6-3-2_Revision-2017-01-18_Fin...
- World Bank, World Development Indicators: <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>



MARN

Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Naturales

Kilómetro 5 1/2 carretera a Santa Tecla, calle y colonia Las Mercedes
edificio MARN, instalaciones ISTA, San Salvador, El Salvador, Centroamérica
Teléfono: (+503) 2132-6276

@ medioambiente@marn.gob.sv

www www.marn.gob.sv

/marn_sv

/marn.gob.sv

/marnsv