

Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático

**El Salvador
2018**



Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático

El Salvador 2018



Al servicio
de las personas
y las naciones



MARN

Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Naturales

La Tercera Comunicación de Cambio Climático de El Salvador, ha sido liderada por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), punto focal ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

Autoridades nacionales

Lina Dolores Pohl Alfaro, ministra de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Ángel María Ibarra Turcios, viceministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Dirección e implementación del proyecto

Antonio Cañas, jefe de Gabinete Técnico y director de proyecto
Lorena Argueta, coordinadora de la TCNCC y el primer Informe Bienal de Actualización (IBA)
Ernesto Durán, especialista en Cambio Climático

Colaboraciones especializadas:

Estudio sobre Circunstancias Nacionales y su vinculación con el cambio climático

Carlos Acevedo

Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, INGEI

Perspectives Climate Change

Para el sector AFOLU: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE

Escenarios Climáticos

CATHALAC

Estudio sobre Medidas y Programas de Mitigación del Cambio Climático

Centro de Estudios Económicos y Ambientales, CIESA

Evaluación de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático

ESSA Technologies

Integración del documento

María José López Blanco

Financiamiento

La Tercera Comunicación de Cambio Climático de El Salvador fue financiada a través del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), a través de la agencia implementadora del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), El Salvador.

Edición y corrección de estilo

Colaboradora principal: Tania Góchez

Diseño y diagramación

Jessica Nasser

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

Derechos reservados. Prohibida su venta.

Colaboraciones institucionales

Se agradece a todos los funcionarios del MARN que apoyaron en la generación de información para la realización de los estudios que constituyen los insumos de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de El Salvador.

Asimismo se agradece a las instituciones públicas y privadas que aportaron conocimiento e información.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales Kilómetro 5 ½, carretera a Santa Tecla, calle y colonia Las Mercedes, edificio MARN, instalaciones del ISTA, contiguo al parque de pelota Saturnino Bengoa. San Salvador, El Salvador, Centroamérica.

Tel: (503) 2132-6276.

Sitio web: www.marn.gob.sv

Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv

Facebook: [/marn.gob.sv](https://www.facebook.com/marn.gob.sv)

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

You Tube: [/MARNsv](https://www.youtube.com/channel/UCMARNsv)

ÍNDICE

ÍNDICE	ii
LISTA DE TABLAS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
Introducción	xv
Capítulo 1	1
Circunstancias nacionales	1
1.1. Contexto climático nacional	2
1.2. Eventos climáticos extremos	7
1.3. Contexto socioeconómico nacional	15
1.4. Avances en la institucionalidad y la política de cambio climático	26
Capítulo 2	34
Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI)	34
2.1. Arreglos institucionales para la elaboración del INGEI	34
2.2. Metodología del INGEI	35
2.3. Resumen del inventario de GEI 2014 de El Salvador	49
2.4. Emisiones de GEI por sector	52
2.5. Análisis de categorías clave y estimación de la incertidumbre	77
2.6. Plan de mejoras	86
2.7. Actualización de inventarios de gases de efecto invernadero enviados a la CMNUCC previamente y avances implementados	87

Capítulo 3	92
<i>Principales políticas, planes y estrategias nacionales transversales</i>	92
Capítulo 4	96
<i>Escenarios climáticos, vulnerabilidad y adaptación</i>	96
4.1 Escenarios climáticos	97
4.2 Vulnerabilidad al cambio climático	115
4.3 Medidas de adaptación	148
Capítulo 5	165
<i>Programas y acciones de mitigación</i>	165
5.1 Acciones de mitigación sectoriales	166
5.2 Acciones de mitigación nacionalmente apropiadas	177
Capítulo 6	180
<i>Otra información pertinente para el logro del objetivo de la Convención</i>	180
6.1 Observación sistemática	180
6.2 Fortalecimiento de la disponibilidad pública de información	183
Capítulo 7	185
<i>Necesidades y apoyo recibido para la acción climática</i>	185
7.1. Necesidades de financiamiento climático	185
7.2. Apoyo recibido para la acción climática	189

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Indicadores de vulnerabilidad ambiental.....	8
Tabla 2 Indicadores socioeconómicos	16
Tabla 3 Porcentaje de hogares por condición de pobreza, según área geográfica de residencia	18
Tabla 4 Centroamérica: Recursos de agua por país	21
Tabla 5 Características de los niveles metodológicos.....	37
Tabla 6 Niveles metodológicos utilizados para estimar las emisiones de El Salvador. Año 2014.....	39
Tabla 7 Explicación de las etiquetas IE.....	44
Tabla 8 Potenciales de calentamiento global. Horizonte temporal de 100 años por GEI utilizados en el Ingei 2014.....	45
Tabla 9 Resumen de categorías clave identificadas para los sectores Energía, Ippu y Residuos en el INGEI 2014.....	47
Tabla 10 Responsabilidades y roles en el Plan GC/CC del Ingei 2014	48
Tabla 11 Emisiones totales en El Salvador por GEI en el 2014 (kt CO ₂ eq).....	49
Tabla 12 Emisiones de GEI para cada categoría en 2014.....	50
Tabla 13 Emisiones totales de GEI de El Salvador por sector en 2014 (kt CO ₂ eq).....	52
Tabla 14 Fuentes de información utilizadas en el cálculo de emisiones en el sector energía (2014).....	53
Tabla 15 Emisiones de GEI en el sector energía (2014)	55
Tabla 16 Guías metodológicas y factores de emisión utilizados en las distintas categorías Ipcc del sector energía	57
Tabla 17 Estimación de emisiones del sector energía a través del enfoque de referencia	58
Tabla 18 Emisiones de CO ₂ (2000-2015). Comparativa del enfoque de referencia y sectorial	62
Tabla 19 Emisiones estimadas para los búnkeres internacionales. Años 2000-2015	63
Tabla 20 Composición de la industria manufacturera en El Salvador para el año 2014.....	64
Tabla 21 Fuentes de información en el cálculo de emisiones del sector industrial. Año 2014.....	65
Tabla 22 Emisiones de GEI en el sector IPPU. Año 2014	67
Tabla 23 Emisiones y absorciones de GEI en el sector AFOLU. Año 2014	71
Tabla 24 Fuentes de información utilizadas en el cálculo de emisiones en el sector Residuos. Año 2014.....	74
Tabla 25 Emisiones de GEI en el sector Residuos. Año 2014	76
Tabla 26 Análisis de las categorías principales según el criterio de nivel. Año 2014	78
Tabla 27 Resumen de categorías clave identificadas para los sectores Energía, IPPU y Residuos en el INGEI 2014	80
Tabla 28 Estimación de la incertidumbre según categoría para los sectores Energía, IPPU y Residuos	81
Tabla 29 Estimación de la incertidumbre según categoría para el sector AFOLU	85
Tabla 30 Resumen del balance de emisiones y absorciones del sector AFOLU por categoría para los INGEI de 2000, 2005 y 2014 en Gg CO ₂ eq.....	90
Tabla 31 Emisiones per cápita y por unidad de PIB (2000, 2005, 2014)	91
Tabla 32 Principales políticas, planes y estrategias nacionales transversales.....	93
Tabla 33 Ejes, líneas, temas y requerimientos de la Estrategia Nacional de Cambio Climático	94
Tabla 34 Impactos en adaptación y mitigación de los componentes del Plan Nacional de Cambio Climático.....	95
Tabla 35 Modelos de circulación global seleccionados para la elaboración de los escenarios climáticos.....	97
Tabla 36 Promedio de los cambios porcentuales mensuales de la precipitación (%) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2021-2050.....	101
Tabla 37 Promedio de los cambios porcentuales de la precipitación (%) bajo los cuatro escenarios RCP en los periodos de referencia para El Salvador	102
Tabla 38 Promedio de los cambios porcentuales mensuales de la precipitación (%) bajo los cuatro escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2071-2100	102

Tabla 39 Promedio de anomalías en temperatura media (°C) bajo cuatro escenarios RCP para El Salvador (de 2021 a 2100).....	105
Tabla 40 Promedio de las anomalías mensuales de la temperatura media (°C) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2021-2050.....	105
Tabla 41 Promedio de las anomalías mensuales de la temperatura media (°C) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2071-2100.....	105
Tabla 42 Promedio de anomalías de presión atmosférica (hPa) en superficie bajo los cuatro escenarios RCP en los periodos de referencia para El Salvador	110
Tabla 43 Anomalías promedio de la velocidad del viento bajo los cuatro escenarios RCP.....	112
Tabla 44 Variaciones climáticas previstas, impactos potenciales y consideraciones de adaptación.....	114
Tabla 45 Indicadores seleccionados para el análisis de vulnerabilidad.....	117
Tabla 46 Municipios y nomenclación (utilizada en mapas de vulnerabilidad).....	124
Tabla 47 Índices de vulnerabilidad (actual y futura) de municipios del Corredor seco oriental y cadenas de impacto analizadas	127
Tabla 48 Índices de vulnerabilidad (actual y para un escenario futuro) para cada municipio del AMSS y cada cadena de impacto analizada.....	138
Tabla 49 Principales instrumentos de disminución de la vulnerabilidad y adaptación por sector.....	148
Tabla 50 Principales proyectos de adaptación en el sector agricultura.....	151
Tabla 51 Componentes estratégicos en el PREP	153
Tabla 52 Resumen de las principales acciones de mitigación por sector.....	166
Tabla 53 Generación eléctrica por recurso acumulada a junio del 2018.....	171
Tabla 54 Escenarios con las medidas para la reducción de GEI con la Nama de eficiencia energética en edificios públicos	178
Tabla 55 Resumen de la inversión total para la implementación del Plan El Salvador Sustentable.....	187
Tabla 56 Gasto total en cambio climático por ramo e institución durante 2011-2015	190
Tabla 57 Gasto público climático por categoría y año	191

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zonas climáticas de El Salvador	2
Figura 2. Distribución espacial de la temperatura media en El Salvador (1961-1990).	3
Figura 3. Distribución espacial de la precipitación en El Salvador (1961-1990).....	4
Figura 4. Precipitación promedio anual en El Salvador.....	5
Figura 5. Intensidad de lluvia en El Salvador.....	6
Figura 6. Distribución espacial de la humedad relativa en El Salvador (1961-1990)	7
Figura 7. Total de desastres acumulados por tipo (1991-2015).....	9
Figura 8. Probabilidad de ocurrencia/año según número de desastres (IDH = 2014).....	10
Figura 9. Susceptibilidad a inundaciones en El Salvador.....	11
Figura 10. Días secos consecutivos por región y lluvia media en milímetros (1971-2015).....	12
Figura 11. Territorio propenso a sequías meteorológicas.....	13
Figura 12. Pérdidas económicas estimadas (millones de USD corrientes) según escenario de sensibilización (1990-2100).....	15
Figura 13. Densidad poblacional al 2016 en El Salvador.....	17
Figura 14. Porcentaje de hogares por condición de pobreza total y extrema para el periodo 2008-2017 según área geográfica.....	18
Figura 15. Incidencia de pobreza en El Salvador por departamento (% de hogares).....	19
Figura 16. Evolución interanual del Índice de Gini en El Salvador.....	20
Figura 17. Crecimiento anual del PIB (porcentaje).....	23
Figura 18. Porcentaje del PIB por rama de actividad económica para el año 2016, a precios constantes de 1990 en USD\$.	24
Figura 19. Uso de suelo en El Salvador	25

Figura 20. Principales avances en la política e institucionalidad climáticas en El Salvador (1995-2018).....	27
Figura 21. Componentes del Plan Nacional de Cambio Climático.....	31
Figura 22. Arreglos institucionales para la elaboración del Ingei 2014	36
Figura 23. Ciclo de desarrollo del Ingei 2014	37
Figura 24. Emisiones totales de GEI de El Salvador (kt CO ₂ eq) por GEI, año 2014	49
Figura 25. Emisiones totales de gases precursores de El Salvador (kt) por gas, año 2014.....	49
Figura 26. Emisiones totales de GEI de El Salvador (kt CO ₂ eq) por sector, año 2014.....	52
Figura 27. Emisiones totales de GEI de El Salvador (kt CO ₂ eq) del sector energía por categoría, año 2014	54
Figura 28. Emisiones totales de GEI del sector Ippu (kt CO ₂ eq) por categoría, año 2014.....	66
Figura 29. Emisiones totales de GEI del sector Afolu (kt CO ₂ eq) por categoría, año 2014.....	70
Figura 30. Emisiones totales de GEI del sector de residuos (kt CO ₂ eq) por categoría. Año 2014	75
Figura 31. Emisiones totales en kt CO ₂ -equivalente de los Ingei 2000, 2005 y 2014.....	88
Figura 32. Comparación de emisiones en kt CO ₂ -equivalente del sector Energía entre los Ingei 2000, 2005 y 2014	88
Figura 33. Comparación de las emisiones totales en kt CO ₂ -equivalente del sector Ippu entre los Ingei 2000, 2005 y 2014	89
Figura 34. Comparación de las emisiones en kt CO ₂ -equivalente del sector Residuos entre los Ingei 2000, 2005 y 2014	89
Figura 35. Cambios porcentuales de la precipitación anual proyectados por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.....	99
Figura 36. Climatologías futuras de la precipitación anual, proyectadas por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.....	100
Figura 37. Cambios proyectados en la temperatura media anual (°C) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5	103
Figura 38. Climatologías futuras de la temperatura media anual, proyectadas por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5	104
Figura 39. Cambios proyectados en la temperatura máxima (°C) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5	106
Figura 40. Cambios proyectados en la temperatura mínima del aire (°C) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.....	107
Figura 41. Cambios proyectados en la humedad relativa del aire (%) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5	108
Figura 42. Cambios proyectados en la presión atmosférica superficial (hPa) para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5	109
Figura 43. Cambios proyectados en la velocidad media del viento en superficie (m/seg) para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5	111
Figura 44. Cambios proyectados en la dirección del viento en superficie (°) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: (a) Escenario RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: (c) Escenario RCP 2.6 y (d) RCP 8.5.....	113
Figura 45. Marco conceptual para el análisis de la vulnerabilidad y utilización de indicadores	116
Figura 46. Cadena de impactos y riesgos por precipitación y temperatura en el Corredor Seco Oriental	125
Figura 47. Cadena de impactos por precipitaciones extremas e intensificación de erosión en el Corredor Seco Oriental.....	126
Figura 48. Mapa del grado de vulnerabilidad futura (RCP8, 2071-2100) a cambios en la temperatura y precipitación media anual e impacto en la seguridad alimentaria en el Corredor Seco Oriental.....	129

<i>Figura 49. Índice agregado de sensibilidad a cambios en la temperatura y precipitación media anual y sus efectos en la seguridad alimentaria en el Corredor Seco Oriental.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 50. Capacidad adaptativa frente de la seguridad alimentaria en el Corredor Seco Oriental.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 51. Mapa del grado de vulnerabilidad futura al aumento de la precipitación máxima de los municipios del Corredor Seco Oriental.....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 52. Sensibilidad al aumento de la precipitación máxima en el Corredor Seco Oriental.....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 53. Capacidad adaptativa frente al aumento de la precipitación máxima en el Corredor Seco Oriental.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 54. Cadena de impactos asociados al aumento de las temperaturas en el Amss.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 55. Cadena de impactos asociados al aumento de las precipitaciones extremas en el Amss.....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 56. Cadena de impactos asociada a cambios en la precipitación anual y presión sobre el suministro de agua en el Amss.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 57. Mapa del grado de vulnerabilidad futura (RCP8.5, 2071-2100) al aumento de la temperatura en el AMSS (TEMP).....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 58. Contribución de los indicadores al índice agregado de sensibilidad al aumento de la temperatura (TEMP).....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 59. Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa al aumento de la temperatura (TEMP).....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 60. Mapa del grado de vulnerabilidad futura (RCP8.5, 2071-2100) al aumento de la precipitación máxima (PREP).....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 61. Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de sensibilidad al aumento de la precipitación máxima (PREP).....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 62. Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa al aumento de la precipitación máxima (PREP).....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 63. Mapa del grado de vulnerabilidad futura (RCP8.5, 2071-2100) a cambios en la precipitación media anual e impactos en la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en el AMSS (HID).....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 64. Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de sensibilidad a los cambios en la precipitación media anual en el AMSS (HID).....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 65. Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa a cambios en la precipitación media anual en el AMSS (HID).....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 66. Laguna de laminación en construcción en el arenal de Monserrat del Amss.....</i>	<i>152</i>
Figura 67. Emisión histórica y proyectada total (miles de Gg CO₂e) 2000-2040 según escenarios del PIB.....	167
Figura 68. Emisión histórica y proyectada sector Energía (miles de Gg CO₂) 1980-2040 según escenarios del PIB.....	168
<i>Figura 69. Resumen esquemático de escenarios económicos para la estimación de GEI.....</i>	<i>169</i>
Figura 70. Arreglos institucionales y proyectos de energía adjudicados en la última década.....	170
Figura 71. Emisión histórica y proyectada (miles de GgCO₂) por consumo total de hidrocarburos en el sector de transportes según escenarios del PIB, 1990-2040... 	172
Figura 72. Emisión histórica y proyectada del sector Afolu (miles de GgCO₂e) 2000-2040 según escenarios del PIB de ganadería y agricultura (USD\$ constantes de 1990).....	173
Figura 73. Balance de GEI de las acciones de restauración (TonCO₂e/ha).....	175
Figura 74. Emisiones históricas y proyectadas en Gg CO₂e totales del sector de residuos 2014-2040.....	177
Figura 75. Red de monitoreo de agua subterránea de El Salvador.....	181

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AFOLU	Agriculture, forestry and other land use (Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra)
AMSS	Área Metropolitana de San Salvador
AND	Autoridad Nacional Designada
ANDA	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
Anexo I	Países incluidos en el Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
ANP	Área natural protegida
ATN	Atlántico Tropical Norte
BAU	<i>Business as usual</i> (escenario base)
BCIE	Banco Centroamericano de Integración Económica
BCR	Banco Central de Reserva
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAF	Corporación Andina de Fomento
CASSA	Compañía Azucarera Salvadoreña
CBA	Canasta básica alimentaria
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CDKN	<i>Climate and Development Knowledge Network</i> (Red de Conocimiento sobre Clima y Desarrollo, conocida como Alianza Clima y Desarrollo)
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa de El Salvador
CELADE	Centro Latinoamericano de Demografía
CENTA	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CER	Certificados de Emisiones Reducidas
CH ₄	Metano

CKD	<i>Cement Kiln Dust</i> (polvo de horno de cemento)
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNCC	Comisión Nacional de Cambio Climático
CND	Contribución Nacionalmente Determinada/Contribuciones Nacionalmente Determinadas
CNE	Consejo Nacional de Energía
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
COMURES	Corporación de Municipalidades de la República de El Salvador
CONASAV	Consejo Nacional de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad
CONSAA	Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera
COP	Conferencia de las Partes de la CMNUCC
COVNM o COVDM	Compuestos orgánicos volátiles no metánicos compuestos orgánicos volátiles distintos del metano
CSC	Consejo Salvadoreño del Café
DACGER	Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo
DGEA	Dirección General de Economía Agropecuaria
DGOA	Dirección General del Observatorio Ambiental
DIGESTYC	Dirección General de Estadística y Censos
EAE	Evaluación Ambiental Estratégica
EEACC	Ecosistemas Estratégicos para la Adaptación al Cambio Climático
EHPM	Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples
EM-DAT	<i>Emergency Events Database</i> (Base de datos Emergency Events)
EMEP/EEA	<i>European Monitoring and Evaluation Programme/European Environment Agency</i> (Guías de referencia metodológica del Programa Europeo de Evaluación y Monitoreo, y la Agencia Europea de Medio Ambiente)
ENAPM	Encuesta Nacional Agropecuaria de Propósitos Múltiples
ENB	Estrategia Nacional de Biodiversidad

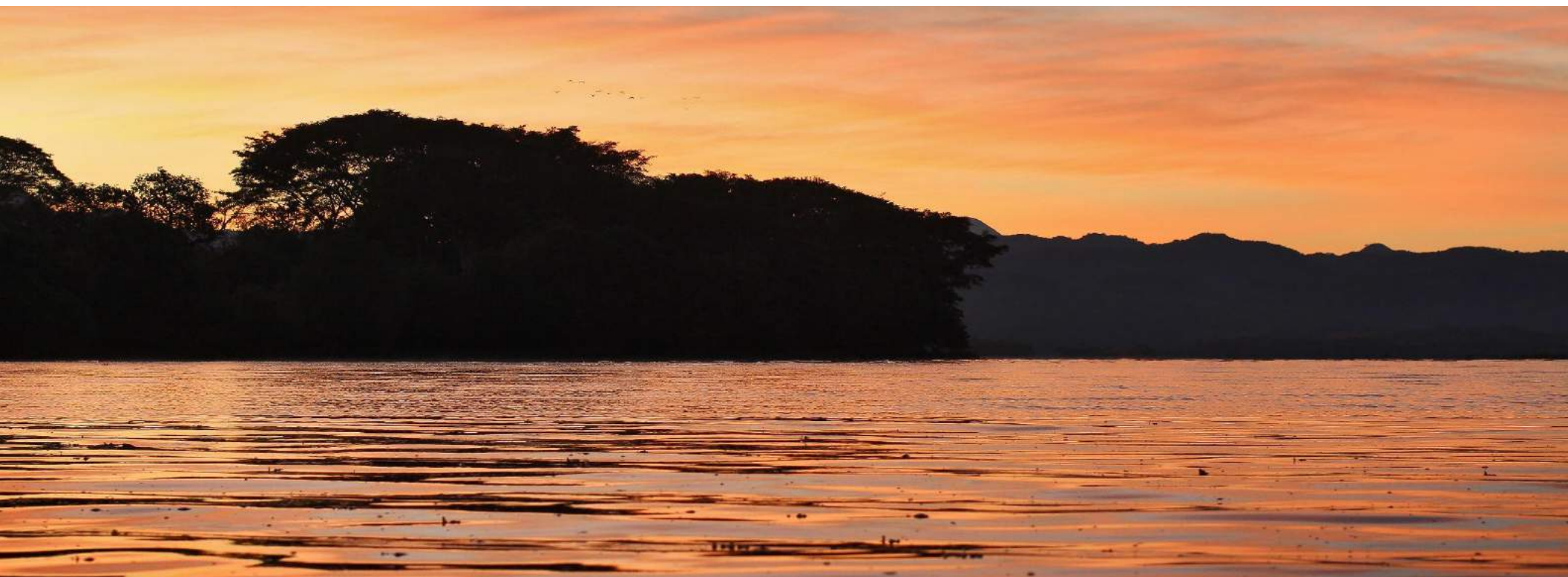
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ENMA	Estrategia Nacional del Medio Ambiente
ENRH	Estrategia Nacional de Recursos Hídricos
ENSA	Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations.</i> (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
FE	Factor de emisión
FIDA	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
FISDL	Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local
FMI	Fondo Monetario Internacional
FOD	Método de descomposición de primer orden
FONAES	Fondo Ambiental de El Salvador
FUSADES	Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social
FVC	Fondo Verde para el Clima
GC/CC	Garantía de calidad/control de calidad
GCM	Modelos de circulación general
GEF	<i>Global Environment Facility</i> (Fondo para el Medio Ambiente Mundial)
GEI	Gas(es) de efecto invernadero
GFDRR	<i>Global Facility for Disaster Reduction and Recovery</i> (Fondo Mundial para la Reducción de los Desastres y la Recuperación)
GOES	Gobierno de El Salvador
GWP	<i>Global Warming Potential</i> (Potencial de calentamiento global)
HFC	Hidrofluorocarbonos
IACC	Infraestructura Adaptativa al Cambio Climático
IBA	Informe Bienal de Actualización
IDF	Intensidad-Duración-Frecuencia

IED	Inversión extranjera directa
IMCC	Inversión en infraestructura para la mitigación
INERV	Informe Nacional del Estado de los Riesgos y Vulnerabilidades
INGEI	Inventario nacional de gases de efecto invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC)
<i>IPPU</i>	<i>Industrial processes and product use</i> (procesos industriales y uso de productos)
IRM	Índice Municipal de Riesgo Manifiesto
IVP	Índice de Vulnerabilidad Prevalente
IVS	Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica
KFW	Banco de Desarrollo Alemán
kt	Kilotoneladas
LDPS	Ley de Desarrollo y Protección Social
<i>LKD</i>	<i>Lime Kiln Dust</i> (Polvo de horno de cal)
LMA	Ley del Medio Ambiente
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MH	Ministerio de Hacienda
MINEC	Ministerio de Economía
MINED	Ministerio de Educación
MINSAL	Ministerio de Salud Pública
MOM	Materia orgánica muerta
MOP	Ministerio de Obras Públicas
MRREE	Ministerio de Relaciones Exteriores
MRV	Medición, reporte y verificación

N ₂ O	Óxido nitroso
NAMA/ NAMAS	Acción Nacional Apropriada de Mitigación/Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación
NDC	<i>Nationally Determined Contribution</i> (Contribución nacionalmente determinada)
NH ₃	Amoníaco
NH ₄ ⁺	Amonio
No Anexo I	Países no incluidos en el Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
NO _x	Óxidos de nitrógeno
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ONG	Organizaciones no gubernamentales
OPAMSS	Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador
PCN	Primera Comunicación Nacional
PCNCC	Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático
PEA	Población económicamente activa
PEN	Política Energética Nacional
PFC	Perfluorocarbonos
PFES	Política Forestal para El Salvador
PIB	Producto interno bruto
PK	Protocolo de Kioto
PLAMADUR	Plan Maestro de Desarrollo Urbano del Área Metropolitana de San Salvador
PMR	Productos de madera recolectada
PNCC	Plan Nacional de Cambio Climático
PNGIRH	Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico
PNMA	Política Nacional del Medio Ambiente
PNRH	Política Nacional del Recurso Hídrico
PNRR	Programa Nacional de Reducción de Riesgos

PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PQD	Plan Quinquenal de Desarrollo
PREP	Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes 2012 y Plan Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes 2016
RCP	Representative concentration pathways (Trayectorias de concentración representativas)
REDD+	Reducción de Emisiones de GEI causadas por la Deforestación y Degradación de los bosques, la conservación y el incremento de las capturas de CO ₂
SAO	Sustancias agotadoras de la capa de ozono
SCNCC	Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático
SEDS	Sitios de eliminación de desechos sólidos
SETEPLAN	Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia
SF6	Hexafluoruro de azufre
SICA	Sistema de la Integración Centroamericana
SICEX	Sistema Integrado de Comercio Exterior
SIGET	Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones
SINAMA	Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente
SINGAR	Sistema de Información Nacional de Gestión de Agua para Riego
SITRAMSS	Sistema Integrado de Transporte del Área Metropolitana de San
SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
SNPC	Sistema Nacional de Protección Civil
SO ₂	Dióxido de azufre
SuDs	<i>Sustainable Drainage Systems</i> (Sistemas de drenaje pluvial sostenibles)
TCNCC	Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático
TECSA	Tecnologías Ecológicas Centroamericanas, S. A. de C. V.
TJ	Tera julio
UES	Universidad de El Salvador

UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNFPA	Fondo de Población de las Naciones Unidas
UNIEC	Unidad de Investigación y Epidemiología de Campo
UNISDR	Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres
UNU	United Nations University
UNU-EHS	<i>Institute for Environment and Human Security of the United Nations / University</i> (Instituto para el Medio Ambiente y la Seguridad Humana de la Universidad de las Naciones Unidas)
USEPA	Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos
VMT	Viceministerio de Transporte
WDI	<i>World Development Indicators</i> (Indicadores del Desarrollo Mundial)
WEI	<i>Water Exploitation Index</i> (Índice de Explotación de Agua)
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical



Introducción

Desde 1995, El Salvador es parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC); en 1998, ratificó el Protocolo de Kioto; en el 2016, firmó el Acuerdo de París y, en marzo del 2017, lo ratificó, volviéndose Parte.

Con la presente entrega, en 2018, de la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (TCNCC) –la Primera se entregó en el 2000 y la Segunda en el 2013–, el país cumple con su compromiso de informar a las Partes sobre sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y sobre las medidas que ha adoptado o prevé adoptar para aplicar la Convención.

La TCNCC evidencia los significativos avances que ha llevado a cabo el país, respecto a estudios especializados, a creación de institucionalidad y al incremento de acciones para responder a los desafíos climáticos en mitigación y adaptación.

En los 20 años transcurridos desde el inicio de los preparativos para la elaboración de la PCNCC, el corpus del conocimiento sobre los efectos del cambio climático en el país ha aumentado notablemente, en particular en la última década, sobre la base de los numerosos

esfuerzos de diagnóstico y estudios técnicos que se han desarrollado en torno a los documentos oficiales tales como: la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), el Plan Nacional de Cambio Climático (PNCC) y las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND), que han delineado el marco estratégico de intervención para enfrentar las crecientes amenazas del cambio climático.

El Informe de la Tercera Comunicación cuenta con siete capítulos:

1. **Circunstancias nacionales.**

Presenta el contexto climático y socioeconómico, las tendencias históricas, los eventos extremos y los impactos. Además, evidencia la combinación de factores económicos, sociales y ambientales que han configurado la situación crítica de alta vulnerabilidad en el país frente al cambio climático. También incluye los avances realizados en la institucionalidad, así como la política de cambio climático. Por último, concluye con la presentación de los arreglos institucionales existentes y previstos en materia de cambio climático.



2. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI).

Presenta la metodología y los resultados de la cuantificación de las emisiones de GEI de El Salvador para el año 2014 por sector y durante el periodo 2000-2005-2014.

3. Principales políticas, planes y estrategias transversales.

Destaca la acelerada adopción de políticas, planes y estrategias transversales enfocadas a atender los problemas provocados por la creciente variabilidad climática y construir una sociedad resiliente y baja en emisiones.

4. Escenarios climáticos, vulnerabilidad y adaptación.

Presenta los escenarios climáticos futuros, los estudios de vulnerabilidad y las medidas

sectoriales de adaptación implementadas y en estudio.

5. Programas y acciones de mitigación.

Describe el proceso seguido por el país para enfrentar el cambio climático mediante la mitigación de las emisiones de GEI. También destaca la acelerada adopción de un conjunto de políticas, programas e iniciativas sectoriales de mitigación.

6. Otra información pertinente para el logro del objetivo de la Convención.

Este capítulo aborda los esfuerzos del país en la recogida y gestión de la información relacionada con el cambio climático, esfuerzos que dan cuenta de que el tema es parte de la agenda nacional y está siendo

enfrentado con acciones de monitoreo y gestión concretas.

7. Necesidades y apoyo recibido para la gestión climática.

Este capítulo presenta el apoyo internacional recibido y aborda las necesidades de asistencia técnica y de financiamiento para enfrentar el cambio climático.





Capítulo 1

Circunstancias nacionales

Desde hace décadas, El Salvador experimenta una degradación ambiental determinada principalmente por la deforestación, el deterioro de los suelos, el desarrollo territorial desordenado, la inseguridad hídrica y la alteración climática. Esta degradación se agrava con los efectos del cambio climático.

Uno de los mayores desafíos para la economía y la sociedad salvadoreña es la reducción de vulnerabilidad frente al cambio climático. La variabilidad del clima se expresa en alteraciones en los patrones de lluvia, en un incremento de la temperatura promedio y del nivel del mar, y en el aumento de la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos.

El Salvador, por su ubicación geográfica entre dos océanos y por su situación económica y social, es uno de los países con mayor riesgo y vulnerabilidad ante la variabilidad climática. La variabilidad climática exacerba y profundiza la vulnerabilidad natural del istmo centroamericano. Esta afectación se evidencia en pérdidas humanas y de ecosistemas, en una reducción de la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, en una mayor incidencia de enfermedades, en un impacto negativo en la agricultura y la seguridad alimentaria, en los asentamientos humanos, en los ecosistemas forestales y costero-marinos, y en la economía en general.

Las políticas públicas diseñadas con el objetivo de incrementar la resistencia ante los impactos del cambio climático están determinadas por las

circunstancias nacionales. Históricamente y hasta el presente, El Salvador ha generado emisiones de GEI muy bajas, por lo cual su aporte no es significativo en el ámbito global.

A pesar de ello, la nación se encuentra firmemente comprometida para enfrentar la amenaza del cambio climático y ha priorizado aquellas acciones y contribuciones que conllevan cobeneficios socioeconómicos, y promueve, en donde corresponde, el enfoque de mitigación basado en la adaptación, tal como se indica en sus programas de restauración de ecosistemas y paisajes, y otras iniciativas relacionadas con bosques.

Las circunstancias nacionales marcan las prioridades y los objetivos de desarrollo del país

que servirán para hacer frente a aspectos relacionados con el cambio climático. En este sentido, después de los casi veinte años transcurridos tras la presentación de la Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, se han realizado numerosos diagnósticos y estudios técnicos, sobre todo en la última década, que analizan las circunstancias nacionales y establecen el marco estratégico ante las amenazas del cambio climático.

1.1. Contexto climático nacional

El Salvador tiene un clima tropical con estaciones húmedas y secas pronunciadas en las que la temperatura muestra poco cambio estacional y varía principalmente con el nivel de elevación. La variación de la temperatura anual se incrementa durante marzo y abril, y disminuye en diciembre y enero.

Las zonas climáticas de El Salvador (Figura 1) se pueden clasificar en:

- a. *Sabana tropical caliente o tierra caliente (200-800 msnm)*. El promedio de la temperatura disminuye con la altura y oscila entre 27 a 22 °C en las planicies costeras, y de 28 a 22 °C en las planicies internas. En esta zona se ubican las principales ciudades: Santa Ana, San Salvador y San Miguel.
- b. *Sabana tropical calurosa o tierra templada (800-1.200 msnm)*. El promedio de la temperatura disminuye con la altura de 22 a



Figura 1. Zonas climáticas de El Salvador

Fuente: MARN. INERV

20°C en las planicies altas, y de 21 a 19 °C en las faldas de las montañas.

- c. *Clima tropical de las alturas* (1.200-1.800 msnm). El promedio de la temperatura oscila entre 20 a 16 °C en planicies altas y valles, de 21 a 19 °C en faldas de montañas, y de 16 a 10 °C en valles y hondonadas.
- d. *Clima tropical de las alturas* (1800-2.700 msnm). El promedio de la temperatura oscila por debajo de los 19 °C; muy ocasionalmente alcanza cerca de cero grados. En esta zona se localiza la parte norte de los departamentos de La Unión, Morazán, San Miguel, Cabañas, Chalatenango y Santa Ana.

Las zonas menos cálidas del país son la meseta central y las montañas. La temporada de precipitaciones ocurre entre mayo y octubre; además, es mayor en los meses de junio y septiembre.

El clima de El Salvador está influenciado por las aguas adyacentes del océano Pacífico y por los sistemas meteorológicos que están asociados con la zona de convergencia intertropical (ZCIT) y las ondas del este que entran por la zona oriental o por el Golfo de Fonseca.

La variabilidad meteorológica interanual en el territorio salvadoreño está influenciada por los siguientes fenómenos: los frentes fríos provenientes de América del Norte, la ZCIT, las ondas del este y los huracanes del Mar Caribe y el Pacífico oriental (Aguilar et ál., 2007). También influye significativamente la interacción del Golfo

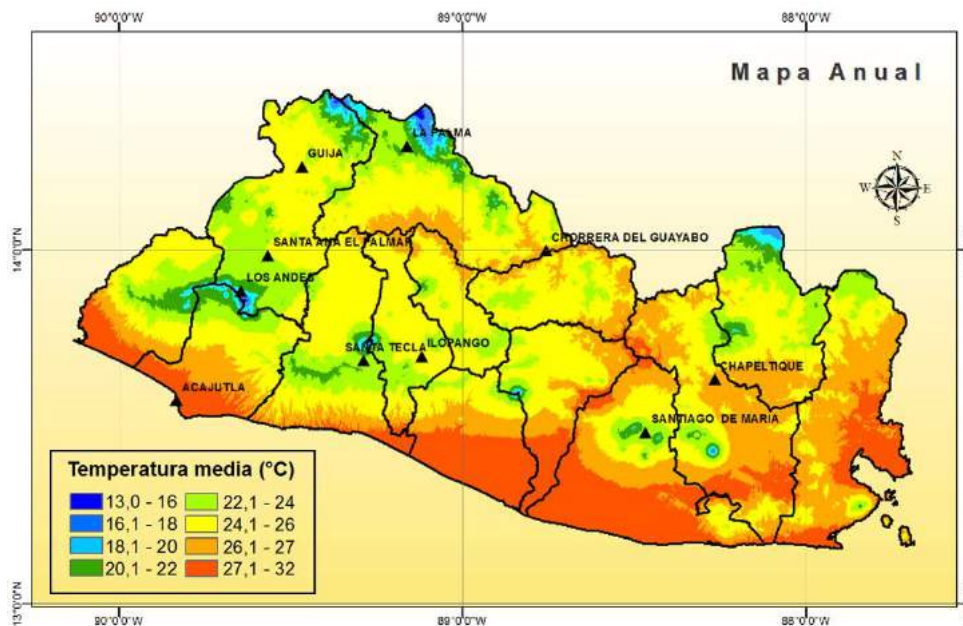


Figura 2. Distribución espacial de la temperatura media en El Salvador (1961-1990).

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

de México, el Pacífico Tropical, el Atlántico Tropical y su interacción con la topografía del continente (Becker et ál., 2013).

A su vez, el clima local se ve influenciado por los sistemas ciclónicos tropicales migratorios. Con base en los datos del Servicio Meteorológico Nacional de El Salvador entre los años 1961-1990, el país presenta un periodo relativamente seco en los primeros cuatro meses del año. Después, presenta un periodo de precipitaciones entre mayo y octubre. No obstante, hay que tener en cuenta que la sequía de medio verano sucede en los meses de julio y agosto porque es ahí cuando

existen las menores precipitaciones dentro de la temporada lluviosa.

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.

La variación de temperatura mensual es poco significativa, excepto en la transición entre los meses de mayo a junio y de agosto a septiembre, con cambios superiores a los 3 °C. Las temperaturas mínimas se registran en los meses de diciembre y enero con valores entre 15 y 28 °C, mientras que la temperatura media en abril y

mayo es de 19 a 38 °C (Figura 2). Las zonas más cálidas del país se presentan en las partes bajas o costeras, mientras que las planicies de media y alta montaña presentan los climas menos cálidos o incluso fríos.

La precipitación presenta una distribución de sus valores proporcional al forzamiento orográfico. Temporal y espacialmente, en los primeros cuatro meses del año, se da un periodo con valores que no superan los 75 milímetros mensuales, en el que las regiones sur y oriental son las que muestran los valores menores (Figura 3). Entre mayo y octubre, se presenta en todo El Salvador la temporada con valores mensuales superiores a los 100

milímetros, y en el norte, con valores mayores a los 200 milímetros.

Los valores promedio anuales de lluvia oscilan entre 1.200 milímetros en los alrededores de la frontera noroccidental con Guatemala, y 2.800 milímetros en las partes altas de la cordillera del norte y sierras suroccidentales, alcanzando promedios nacionales de 1.863 milímetros (Figura 4).

La Figura 5 presenta las intensidades máximas de lluvia en El Salvador. Cabe destacar que el régimen anual de lluvia ha registrado alteraciones en las últimas décadas ante la falta o exceso de precipitación debido a eventos meteorológicos

como El Niño y La Niña. Así, los años 2010 y 2011 han sido los más lluviosos en el período entre 1971 y 2015.

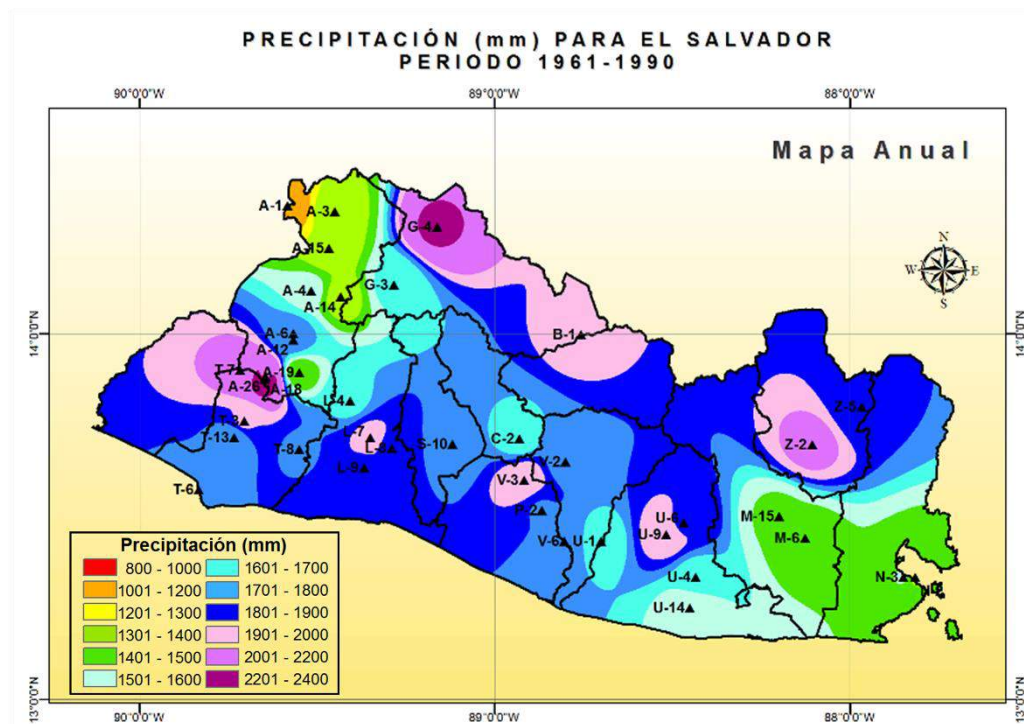


Figura 3. Distribución espacial de la precipitación en El Salvador (1961-1990)

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA



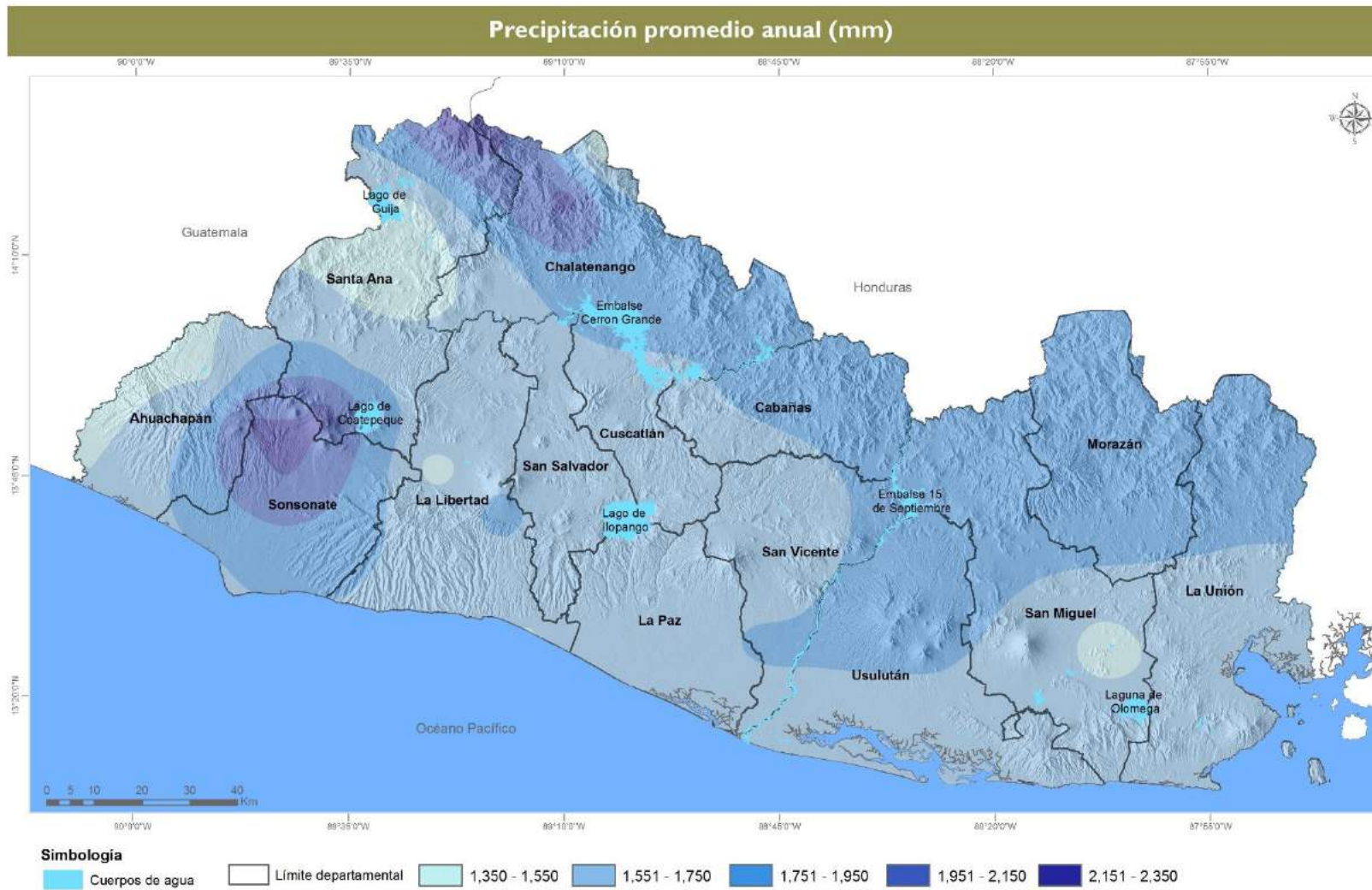


Figura 4. Precipitación promedio anual en El Salvador
Fuente: MARN, INERV 2017.



Figura 5. Intensidad de lluvia en El Salvador
Fuente: MARN (2017). INERV

La humedad relativa en El Salvador oscila entre 50-90 % a lo largo del año. El periodo entre mayo y octubre es el más húmedo. De hecho, de junio a octubre registra valores superiores al 75 % en todo el territorio nacional. Así, febrero y marzo son los meses con valores menores en humedad relativa.

El promedio anual de esta variable oscila entre el 65-85 %. La zona suroccidental es la más húmeda, con valores superiores al 80 %; y la zona más seca se encuentra en una región en el oriente de El Salvador, con valores del orden del 65 % (Figura 6).

De acuerdo con la CEPAL, los datos históricos sugieren que en los últimos 50 años Centroamérica ha sufrido un alza en la temperatura de aproximadamente 0,54 °C (CEPAL, 2011, utilizando CRU TS3.0).

Los escenarios climáticos proyectados para El Salvador, señalan que la temperatura seguirá aumentando hasta 2 o 3 °C en las siguientes seis décadas. Así, el incremento de temperatura también conllevaría a un aumento del nivel del mar de casi 8 centímetros, lo que supone que los impactos por el cambio climático serán particularmente graves en la zona costero-marina y en el sector agropecuario

1.2. Eventos climáticos extremos

Por su geomorfología, orografía y situación geográfica, El Salvador está expuesto a amenazas de origen natural que producen situaciones de desastre frecuentes (Tabla 1). De hecho, según el

Índice de Riesgo Climático Global elaborado por Germanwatch, el país ha sido ubicado en un período, como el más vulnerable del mundo; en otros, dentro de los 15 más expuestos a amenazas y más vulnerables a eventos naturales. (UNU-EHS, 2016).

Sin embargo, posterior a múltiples esfuerzos nacionales y a fuertes inversiones realizadas para reducir la vulnerabilidad y generar mayor resiliencia, el país ha dejado de ocupar esos primeros lugares.

El 88,7 % del territorio nacional se considera zona de riesgo (GFDRR, 2010) debido a su ubicación geográfica y condiciones geológicas (alta tendencia a movimientos sísmicos, movimientos de ladera, inundaciones y actividad volcánica). Sobre esa superficie se asienta el 95,4 % de la población (MARN, 2017). Además, el 41 % de los habitantes reside en municipios de alto riesgo donde se ha concentrado el 74 % de personas fallecidas por algún tipo de desastre.

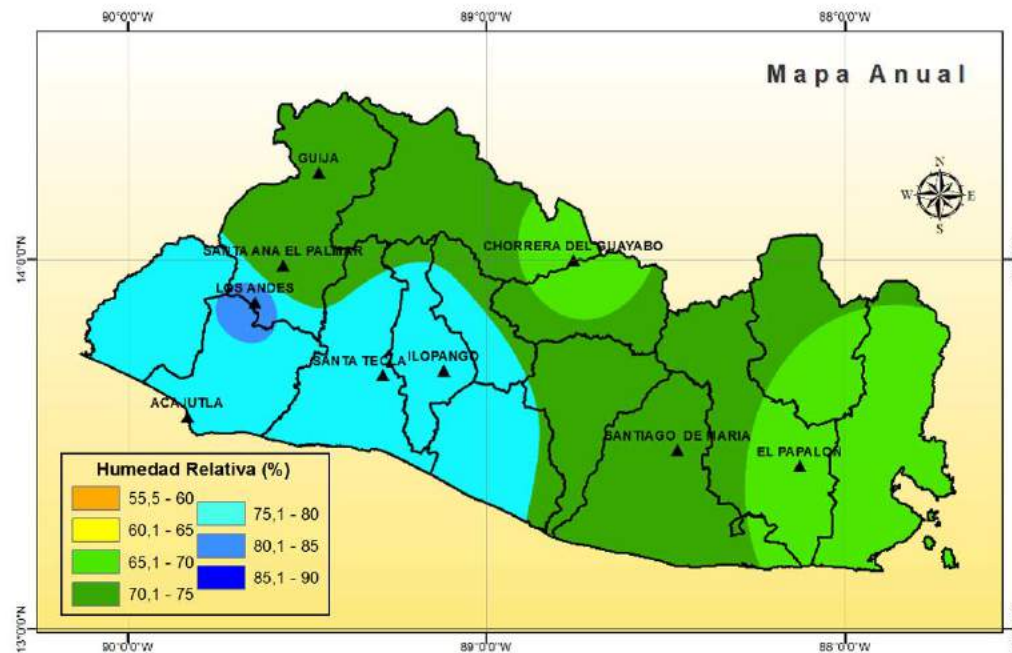


Figura 6. Distribución espacial de la humedad relativa en El Salvador (1961-1990)

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

Tabla 1

Indicadores de vulnerabilidad ambiental

Porcentaje del territorio en situación de riesgo	88,7 %
Porcentaje de la población que vive en zonas de riesgo	95,4 %
Porcentaje del producto interno bruto (PIB) generado en zonas de riesgo	96,4 %
Proporción del territorio con alta susceptibilidad a deslizamientos	38 %
Proporción del territorio susceptible a inundaciones	10 %
Proporción del territorio susceptible a sequías meteorológicas	70 %

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA con información de INERV y otras

Desde 2001, El Salvador registra pérdidas por desastres generados por eventos extremos de hasta un 60 % del valor de la inversión pública de cada año (GAR, 2015), lo que evidencia el alto grado de vulnerabilidad que existe en el país (INERV, 2017).

Las inundaciones afectan al 10 % del territorio nacional; los deslizamientos de tierra, a aproximadamente el 20 %; y el impacto de las sequías, a un 50 %. Además, el riesgo de terremotos afecta al 75 % de la población (CEPAL, 2010a).

Entre 1990 y 2014, el 86 % de las pérdidas económicas y el 40 % de las muertes fueron ocasionadas por terremotos; el 10 % de pérdidas y el 27 % de muertes, por inundaciones; mientras que un 26 % de muertes se debió a deslizamientos; un 3 %, a tormentas eléctricas; y un 4 %, a otro tipo de desastres (GAR, 2015).

La base de datos Emergency Events (EM-DAT) registra que el 86 % de los eventos climáticos ocurridos en Centroamérica desde la década de 1930 se debe a inundaciones, tormentas, deslizamientos y aluviones.

En el periodo 1970-2011, los daños causados por desastres climáticos representaron el 72,9 % del total mundial de daños por desastres, mientras que los causados por desastres de origen geológico representaron el 27 % (CEPAL 2017).

El Salvador fue afectado por dos eventos hidrometeorológicos extremos en las décadas de 1960 y 1970, y durante el periodo 2002-2011 fue afectado por nueve casos. Además, desde 2009 se han batido récords históricos de lluvia acumulada y, en algunos casos, estos se han dado en meses de época seca.



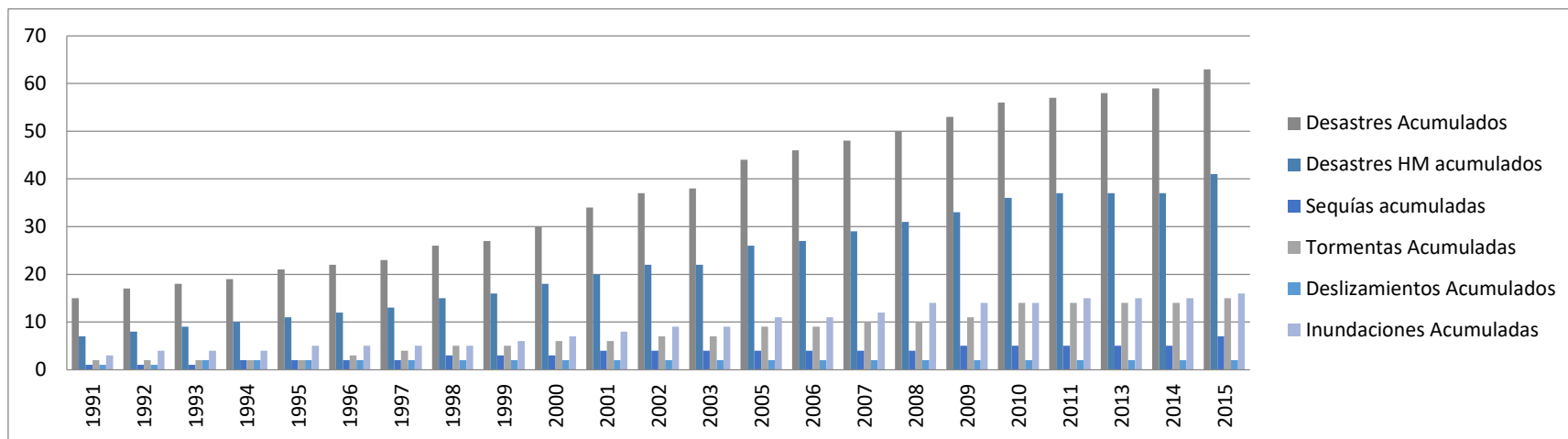


Figura 7. Total de desastres acumulados por tipo (1991-2015)

Fuente: MOP (2017). Centro de Estudios Económicos y Ambientales (CIESA)

Debido al incremento de la variabilidad climática, el patrón o régimen temporal y espacial de lluvias tiende a presentar diversas anomalías que inciden en el incremento de los desastres vinculados a fenómenos hidrometeorológicos.

En la Figura 7, se muestra el número de veces en que la sociedad salvadoreña ha sido impactada por grandes desastres de tipo hidrometeorológico durante los últimos años.

Con el proceso de intensificación de los desastres hidrometeorológicos y de su afectación económica, se aceleró también la afectación social. En los últimos 30 años la nación fue impactada por 52 desastres, de los cuales 37 fueron hidrometeorológicos (71,15 % del total). Cada década experimentó un mayor número de

desastres respecto a los de carácter no hidrometeorológico.

En cuanto a la localización, se ha observado una mayor incidencia de eventos extremos que provienen del océano Pacífico. Este hecho se destaca ya que, en décadas anteriores, el territorio fue afectado únicamente por eventos que provenían del Atlántico.

De acuerdo con los resultados de modelos realizados a nivel nacional, de mantenerse las tendencias climáticas subyacentes, incluso sin acrecentar el nivel de desarrollo medido por el índice de desarrollo humano (IDH) del 2014, se espera que para cada año el país experimente un aumento en el perfil de riesgo climático hidrometeorológico (en términos de la

probabilidad de ocurrencia del número esperado de desastres). Muy probablemente esto se debe tan solo al efecto de la intensificación del cambio global y la mayor presencia de desastres hidrometeorológicos. Para periodos más amplios, conforme se incrementan los plazos, se concentran más probabilidades de un mayor número de veces en que se vulnere la socioeconomía salvadoreña. Es decir, El Salvador probablemente deberá continuar enfrentando mayores desastres hidrometeorológicos de una magnitud tal que vulnera su sistema socioeconómico (Figura 8).

Durante su historia, El Salvador ha sido afectado por desbordamientos de ríos e inundaciones que han provocado importantes pérdidas materiales y humanas. Diversas referencias bibliográficas

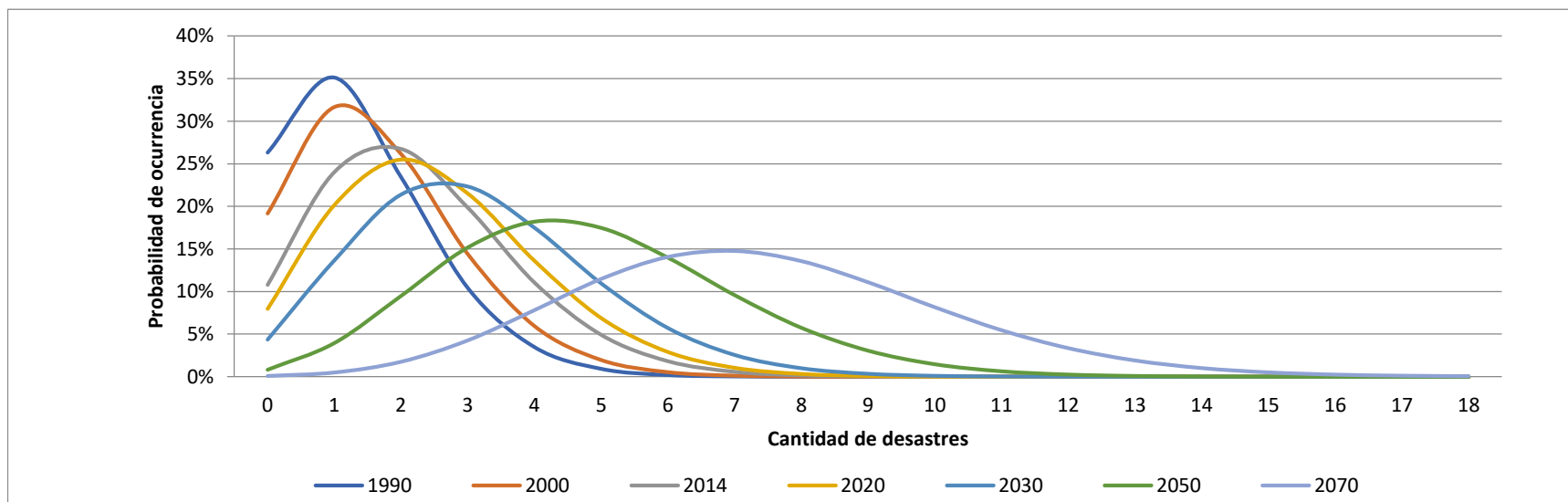


Figura 8. Probabilidad de ocurrencia/año según número de desastres (IDH = 2014)

Fuente: MOP (2017), elaborado a partir de información de EM-DAT

destacan fenómenos hidrometeorológicos extremos acontecidos en los años 1762, 1774, 1781, 1852, 1906, 1922 y 1934. Estos eventos provocaron inundaciones, pérdida de vidas y daños materiales en diferentes zonas. Asimismo, en 1974, el huracán Fifi produjo graves inundaciones. En 1998, el huracán Mitch; en 2009, la baja presión E96 asociada a Ida; en el 2010, la tormenta tropical Agatha; y en el 2011, la depresión tropical 12E también ocasionaron este tipo de efectos. Los estudios de riesgos estiman que el 4 % de las personas expuestas a inundaciones se encuentra en riesgo de muerte.

Aunque las inundaciones han ocurrido siempre (Figura 9), el daño y las pérdidas que generan se han incrementado en los años recientes. La transformación de la morfología del territorio, el cambio de usos del suelo y el desarrollo urbanístico han agravado la problemática, afectando diferentes zonas del país y, en especial, a la población de más escasos recursos que habita en asentamientos precarios o cerca de ríos y quebradas. Las inundaciones también han provocado pérdidas de cosechas y animales, y daños a infraestructura

básica como puentes, carreteras, casas, escuelas y unidades de salud (INERV, 2017).

El cambio en la distribución espacial y temporal de la lluvia, debido al cambio climático y a la variabilidad climática, junto con el incorrecto manejo de las cuencas, ocasiona, además de inundaciones, un incremento de la erosión, una disminución de la infiltración y un aumento de la escorrentía superficial.

Los modelos de cambio climático pronostican que El Salvador estará sometido crecientemente a olas de calor más frecuentes y a períodos de sequía o

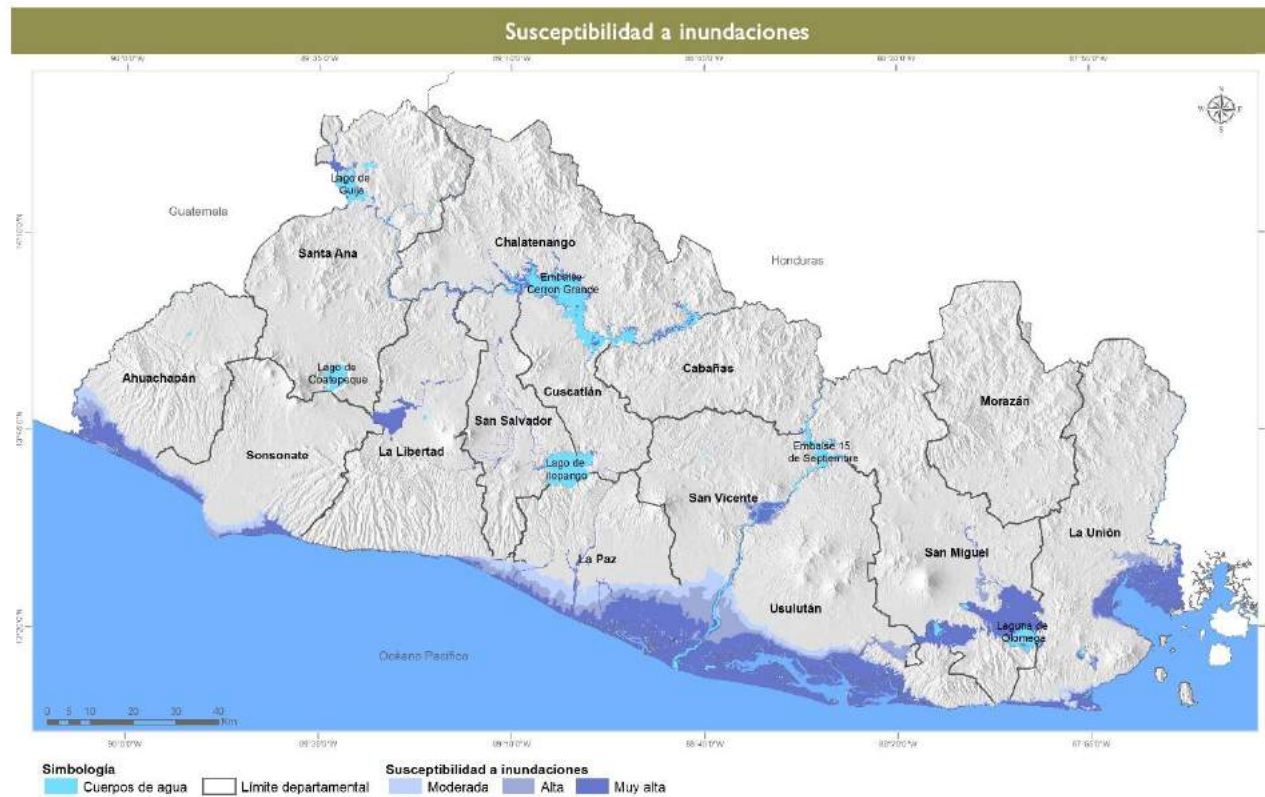


Figura 9. Susceptibilidad a inundaciones en El Salvador
Fuente: MARN (2017). INERV

de lluvias de mayor intensidad (Figura 10), así como a crecientes niveles del mar (CEPAL, 2010a y Escenarios Climáticos elaborados por el MARN en 2017).

El año hidrológico 2015-2016 supuso una sequía en la mayor parte del territorio nacional debido a

que el fenómeno de El Niño retrasó la estación lluviosa. Así, el trimestre más seco en casi medio siglo del registro nacional fue entre mayo y junio del 2016 (MARN-DGOA, 2016). Esto implicó que, por primera vez, El Salvador tuviera que divulgar una guía con medidas para el ahorro de agua.

El déficit de agua generado por los períodos de años secos tiene como consecuencia que los niveles freáticos disminuyan, lo que supone un fuerte impacto para los recursos hídricos.

La sequía meteorológica se clasifica de acuerdo con el número de días secos consecutivos (lluvia inferior a un milímetro). Para el país, una sequía

FUERTE SEQUÍA EN EL PAÍS

Del 20 de julio al 6 de agosto se registraron 18 días consecutivos sin lluvia en la zona oriental y parte de la región costera de la zona central. El resto del país ha tenido de cinco a 15 días consecutivos sin lluvia. Este es el tercer período seco de la época lluviosa en este año.



PEOR TRIMESTRE EN LLUVIAS

Según los registros de lluvia del trimestre mayo-julio, 2015 tiene un acumulado de lluvia de 523 mm, el peor registro desde 1971, y muy por debajo del promedio histórico de 831 mm.

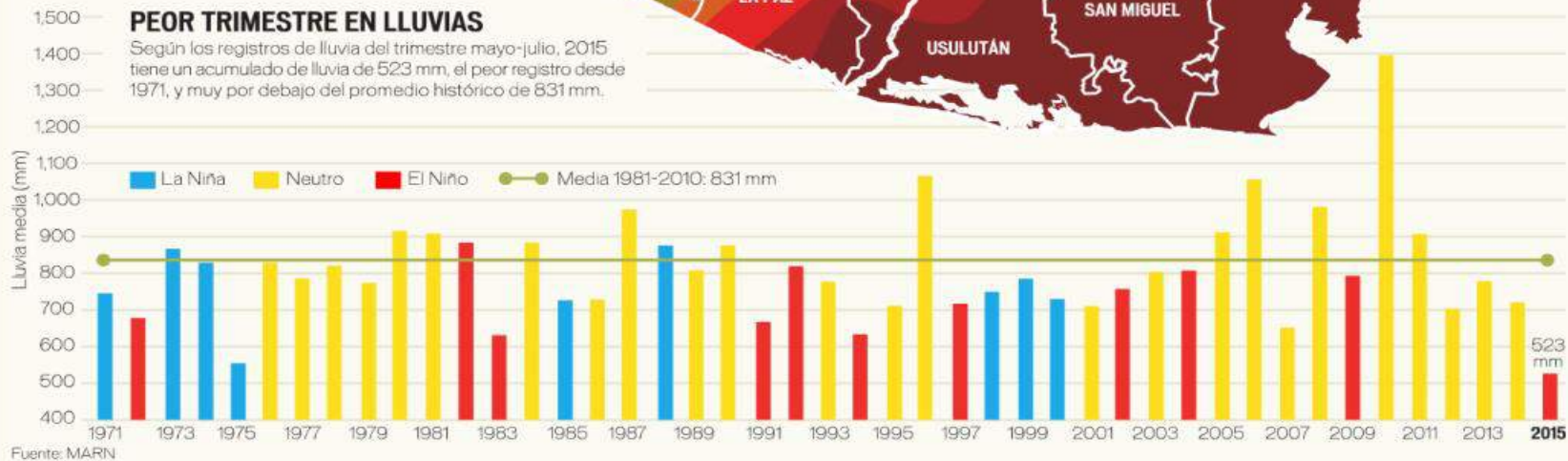


Figura 10. Días secos consecutivos por región y lluvia media en milímetros (1971-2015)

Fuente: Marn, 2015

meteorológica débil se define cuando se presentan periodos de cinco a 10 días secos consecutivos; una sequía moderada, cuando se tiene de 11 a 15 días secos consecutivos; y una fuerte, cuando los períodos superan los 15 días en época lluviosa (INERV, 2017)

El Salvador lleva cinco años consecutivos (2012-2016) enfrentándose a sequías meteorológicas fuertes. La sequía meteorológica de 2012 alcanzó 32 días secos, la de 2013 llegó a 23 y la de 2014 sumó 31 (MARN-DGOA, 2016). Las temporadas de sequía entre 2012-2016 se han visto relacionadas con el fenómeno de El Niño y/o la temperatura del océano Atlántico norte tropical por debajo del promedio.

El mapa en la Figura 11 muestra la propensión (susceptibilidad) de ocurrencia de la sequía en el territorio nacional, cuando se produce una anomalía cálida en la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico ecuatorial en la región Niño 3,4 (típicamente El Niño) y una anomalía negativa de la temperatura en el océano Atlántico Tropical Norte (ATN).

Aproximadamente, el 70 % del territorio es susceptible de sufrir una sequía meteorológica débil o mayor; el 53 %, a ser impactado por una sequía meteorológica moderada o mayor; y el 35 %, a desarrollar una sequía meteorológica fuerte (Figura 11). No es frecuente que el resto del país sea afectado con períodos secos asociados a la canícula.



Figura 11. Territorio propenso a sequías meteorológicas
Fuente: MARN (2017). INERV

La población salvadoreña que posee menos recursos tiene más probabilidad de verse afectada por los desastres generados por eventos extremos, ya que suele vivir en áreas más peligrosas, tales como las orillas de ríos, los edificios frágiles o las zonas con grandes pendientes. Esto supone que los impactos en el bienestar de la población sean asimétricos, afectando al desarrollo del país, pero también a su

economía y a sus infraestructuras, y, por supuesto, ocasionando un daño inconmensurable por la pérdida de vidas humanas.

De acuerdo con un estudio de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR) y la Corporación Osso (2013), El Salvador registró la mayor tasa de daños y pérdidas por riesgo intensivo en comparación con

16 países de la región. Los impactos climáticos han sido tan adversos que, de un total de 177 países, El Salvador se encontraba en 2009 en la primera posición del Índice de Riesgo Climático Global, mientras que en 2011 se mantuvo en el cuarto lugar. Cada año, Germanwatch calcula este índice con base en la pérdida de vida humanas por cada 100.000 habitantes y las pérdidas económicas en relación con el PIB debido a los eventos climáticos adversos (ENCC, 2013). Además, según Germanwatch (2013), El Salvador registra una pérdida anual promedio de 0,86 % del PIB por eventos climáticos adversos.

Por ejemplo, las pérdidas por la sequía de 2001 ascendieron a USD\$ 38,1 millones (CEPAL, 2010a). Los cálculos sobre eventos más recientes registran un ascenso de la cuantía por pérdidas de más de USD\$ 70 millones en 2014 y de más de USD\$ 75 millones en 2015 (MARN-DGOA, 2016). No obstante, estas cifras probablemente subestiman los efectos ocasionados por las sequías ya que no se tiene en cuenta por ejemplo los impactos severos sobre la salud, la reducción de la disponibilidad del agua superficial y subterránea, la depresión del nivel freático por la escasa recarga de los acuíferos, la disminución de los caudales de los ríos y manantiales, la probabilidad del incremento de la intrusión salina en los acuíferos costeros, etcétera.

Los tres eventos más destructivos en El Salvador: la depresión tropical E-96 asociada con la tormenta Ida, la tormenta tropical Agatha y la depresión tropical 12-E, se formaron en el Pacífico y desembocaron en el fallecimiento de 244

personas, un total de 742.000 habitantes y pérdidas superiores a USD\$ 1.300 millones equivalentes al 6 % del PIB (MARN, 2013).

La tormenta Ida afectó a 122.000 personas y las pérdidas ocasionadas por el desastre ascendieron a USD\$ 314,8 millones, cuantía equivalente a 1,44 % del PIB. Los daños y pérdidas del desastre afectaron tanto a la propiedad pública (USD\$ 199,32 millones) como a la propiedad privada (USD\$ 115,5 millones). Así, en orden de mayor a menor afectación, los mayores daños y pérdidas se registraron en la infraestructura física (42,1 %), en el sector productivo (26,2 %), en el sector social (12,6 %) y en el medio ambiente (19,1 %). Los departamentos más afectados fueron San Vicente, La Paz, La Libertad, San Salvador y Cuscatlán (CEPAL, 2010a).

La tormenta tropical Ida ocasionó además los siguientes impactos ambientales: (a) degradación y deterioro de hábitat de la vida silvestre, (b) deterioro de la calidad del agua por el aumento de sedimentos y contaminación, (c) posibilidad de eutrofización, (d) aumento de caudal y (e) inundación (MARN, 2009). El efecto más evidente fue el deslizamiento de escombros o lahares. Por otro lado, el costo de la eliminación de escombros superó los USD\$ 12 millones. Además, generó la pérdida de suelos aptos para actividades agropecuarias y forestales, la colmatación de ríos y quebradas, la pérdida de calidad de agua sobre la biota acuícola, etcétera.

La tormenta tropical Agatha, que ocurrió entre mayo y junio del 2010 (menos de un año después

de la tormenta Ida), afectó principalmente áreas próximas a la línea de la costa y partes altas del territorio del país. Los daños y pérdidas fueron de USD\$ 112,1 millones, lo que equivale al 0,5 % del PIB. El 73 % de esta cuantía recayó en la propiedad pública (USD\$ 81,5 millones), y el restante, en la propiedad privada (CEPAL, 2010b).

La depresión tropical 12E (ocurrida en octubre de 2011, un año después de la tormenta Agatha) tuvo una duración de 10 días. Este evento fue uno de los más severos registrados en el país, cuya precipitación acumuló 762 milímetros, es decir, el 42 % de la lluvia promedio anual del periodo 1971-2000 (CEPAL, 2011).

Solo uno de los tres eventos extremos anteriores alcanzó la categoría de ciclón tropical: la tormenta tropical Agatha. Sin embargo, los otros eventos (la baja presión E96/Ida y la depresión tropical 12E) provocaron lluvias torrenciales con graves impactos en el territorio, la población y la actividad productiva.

Los pronósticos de pérdidas económicas en el PIB (Figura 12) evidencian importantes tendencias crecientes en la mayoría de escenarios, lo que incluso puede llegar, para el año 2040, a una pérdida anual de más de USD\$ 551 millones (3,7 veces superior al escenario base).

Durante la última década, la afectación social en muertes y de otro tipo, debido a desastres hidrometeorológicos ha ganado mayor participación; esto a pesar de la condición sísmica del país. Esta situación está exigiendo que

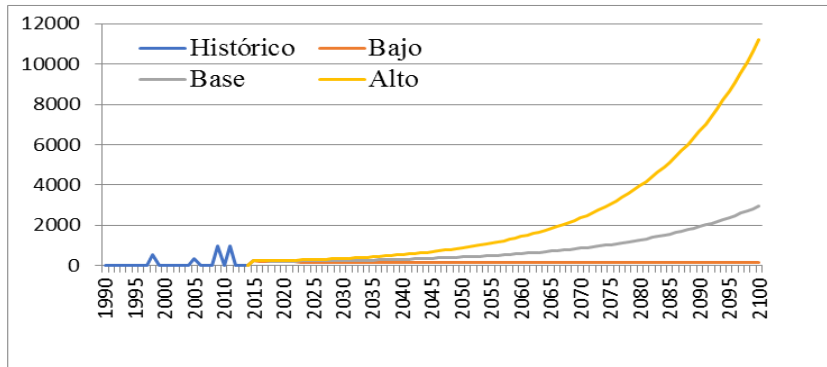


Figura 12. Pérdidas económicas estimadas (millones de USD corrientes) según escenario de sensibilización (1990-2100)

Fuente: MOP (2017) y a partir de información de Cepal, EM-DAT y BCR

El Salvador dirija, en el corto plazo, recursos hacia la atención, y a largo plazo, a enfatizar en la inversión en adaptación ante el cambio climático como proceso de reducción de la vulnerabilidad climática

1.3. Contexto socioeconómico nacional

El Salvador, situado en América Central, tiene una superficie de 21.040 km², con lo que se encuentra entre los países más pequeños de la región. Se compone de 14 departamentos agrupados en cuatro zonas geográficas (central, paracentral, occidental y oriental), y 262 municipios. Tiene una población de 6.581.860 habitantes, según la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM, 2017), de la cual el 60,2 % se localiza en las áreas urbanas, mientras que el 39,8 % restante corresponde a la población rural. Es el país que presenta la mayor densidad demográfica del

continente, con 313 habitantes por km² a nivel nacional (Tabla 2 y Figura 13), superando los 2.015 habitantes/km² en el departamento de San Salvador. Respecto al género, las mujeres constituyen el 53,0 % de la población.

El Área Metropolitana de San Salvador (Amss) ocupa el 3 % del territorio nacional y concentra el 25,7 % de la población total del país (EHPM, 2017). Esta área se establece como el centro político y económico del país.

La tasa de crecimiento de población se ha desacelerado: de un 3 % anual en la década de 1960 ha pasado a tan solo un 0,3 % actualmente, según la base de datos del Banco Mundial. Esto se debe a la intensa dinámica migratoria desde mediados del siglo pasado, la cual se profundizó por el conflicto bélico de 1980 a 1992. Esto supone que la tercera parte de la población vive fuera de El Salvador.





Tabla 2
Indicadores socioeconómicos

Superficie	21.040	km ²
Población (2017)	6.581.860	millones de habitantes
Hombres	3,1	millones de hombres
Mujeres	3,5	millones de mujeres
Tasa de crecimiento de la población (2016)	0,3	
Densidad demográfica (2017)	313	habitantes/km ²
Población indígena	0,2	
Esperanza de vida al nacer (2017)	73,51	años
Tasa de analfabetismo (2017)	10,5	%
Tasa neta de matrícula primaria (2015)	91,2	%
Hogares en pobreza (2017)	29,2	%
Coefficiente de Gini (2017)	0,3421	
Tasa de inmunización (2016)	93	%
Hogares con acceso a servicio de agua por cañería (2017)	88,3	%
Acceso a mejores servicios de saneamiento (2016)	95	%
Hogares en viviendas con tenencia de agua por cañería (2017)	79,4	%
Hogares con acceso a la recolección domiciliar pública de residuos (2017)	49,9	%
PIB 2016	26.797	millones de USD\$
Comercio	21,6	%
Industria manufacturera	19,9	%
Administración pública	18,1	%
Intermediación financiera	16,2	%
Agropecuaria	10,6	%
Transporte y telecomunicaciones	7,9	%
Construcción	3,4	%
Electricidad, gas y agua	2,0	%
Minería	0,3	%
Tasa crecimiento PIB 2017	2,4	%
Tasa de desocupación 2017	7,05	%

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA con información de fuentes nacionales e internacionales (DIGESTYC, EHPM 2016, 2017; Revista BCR, 2017; CEPAL, datos macro)

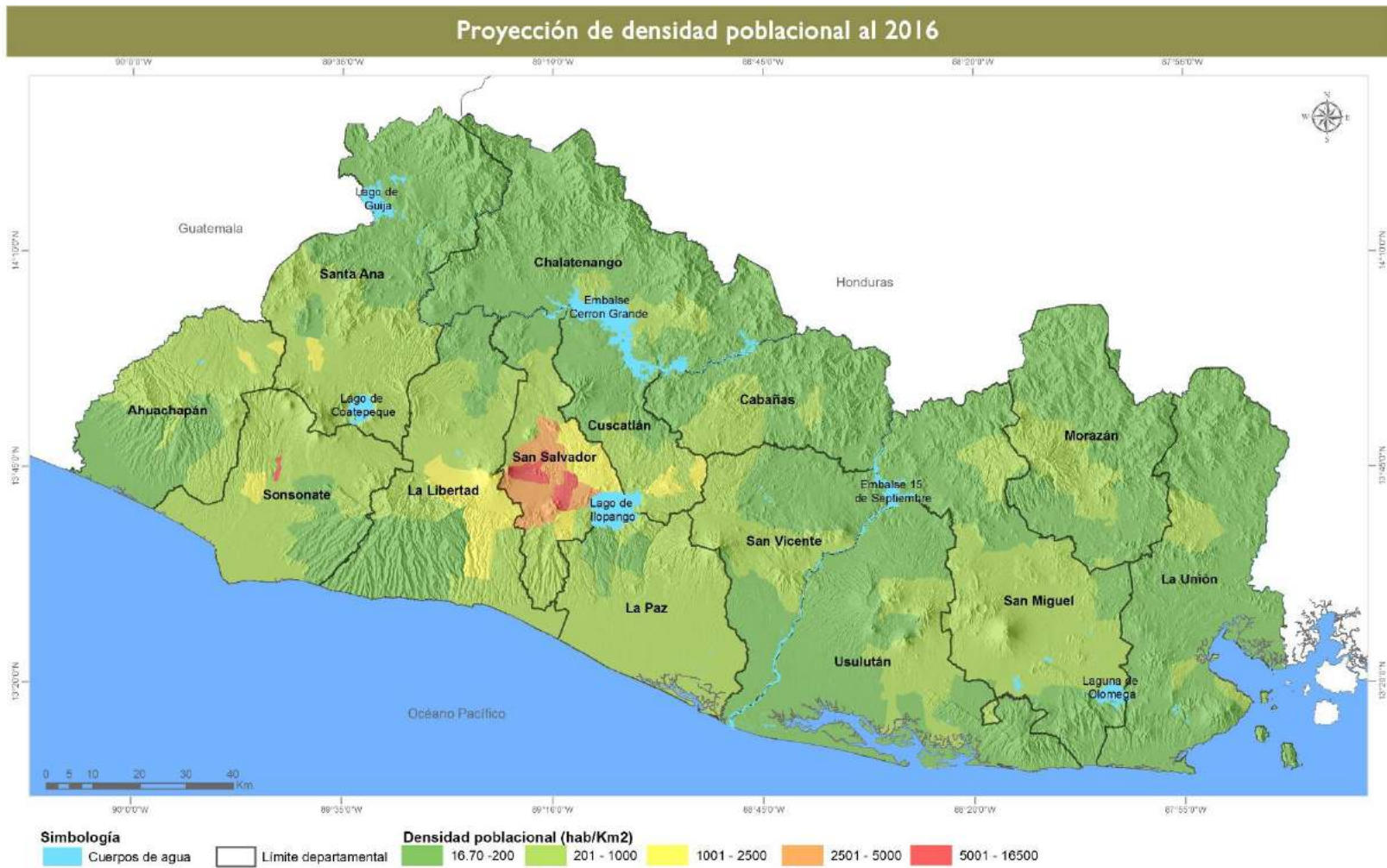


Figura 13. Densidad poblacional al 2016 en El Salvador
Fuente: MARN (2017). INERV

Un tercio de la población nacional vive en situación de pobreza, donde un 6.2 % corresponde a pobreza extrema. Esta situación se agrava en la zona rural, donde el porcentaje de pobreza asciende a 32.1 % (Tabla 3).

La evolución de la pobreza total y extrema durante el periodo 2008-2017 refleja una disminución en términos generales. Para el año 2008, a nivel nacional, la pobreza total representaba un 39,9 % y la extrema un 12,4 %, indicadores que para el 2017 han bajado al 29.2 % y al 6.2 % respectivamente. (Figura 14).

En el 2014, la Ley de Desarrollo y Protección Social de El Salvador (LDPS) estableció la obligatoriedad de medir la pobreza con un enfoque multidimensional. Así, según la EHPM, 2017, los resultados de la medición del 2017 establecieron que el 33.4 % de los hogares se encontraba dentro del rango de pobreza multidimensional, es decir, 611.480 hogares con 2.559.010 de personas. La

pobreza en los hogares de la zona rural (53.3 %) es mayor que en los de la zona urbana (21.1 %); el valor es superior si se compara la tasa de pobreza multidimensional con la tasa de pobreza de ingresos. Los hogares en pobreza multidimensional presentan las siguientes privaciones: el 20,9 % sufre inseguridad

alimentaria, el 21,1 % no tiene acceso a agua potable y el 45,8 % carece de acceso a saneamiento (MINEC-DIGESTYC, 2017). Además, existe una disparidad en las condiciones de vida y en el acceso de los servicios básicos entre la zona urbana y rural.

Tabla 3

Porcentaje de hogares por condición de pobreza, según área geográfica de residencia

Nacional	Pobreza total 29.2 %	
	Pobreza extrema	6,2 %
	Pobreza relativa	23,0 %
Rural	Pobreza total	32,1 %
	Pobreza extrema	7,7 %
	Pobreza relativa	24,4 %
Urbana	Pobreza total	27,4 %
	Pobreza extrema	5,3 %
	Pobreza relativa	22,2 %

Fuente: Elaboración del MARN PARA LA TCNCC basada en la EHPM, 2017

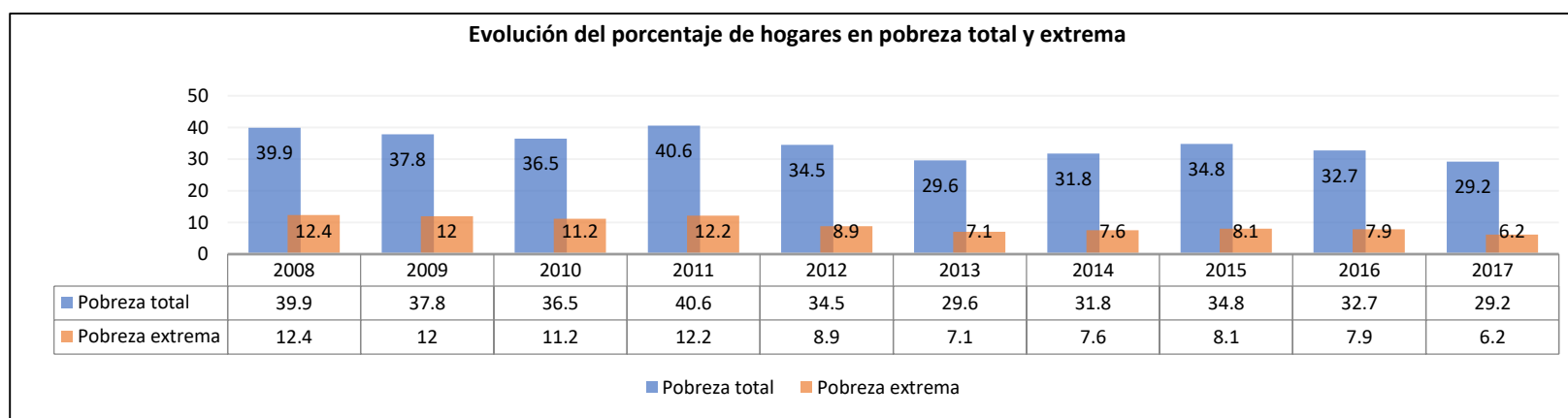


Figura 14. Porcentaje de hogares por condición de pobreza total y extrema para el periodo 2008-2017 según área geográfica

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA con información de EHPM 2008-2017. Minec/Digestyc

En línea con lo anterior, la incidencia de pobreza multidimensional indica el porcentaje de hogares pobres multidimensionales en una zona geográfica determinada según la base de los umbrales de pobreza definidos.

En la Figura 15, se muestra la incidencia de la pobreza en cada departamento de El Salvador.

Las tasas de inmunización han aumentado del 76 % en la década de 1990 al 93 % en 2016. Asimismo, la proporción de población con acceso a fuentes

de agua potable aumentó del 79 al 88,3 %, y el acceso a mejores servicios de saneamiento aumentó del 56 % al 97,9 % durante el mismo período.

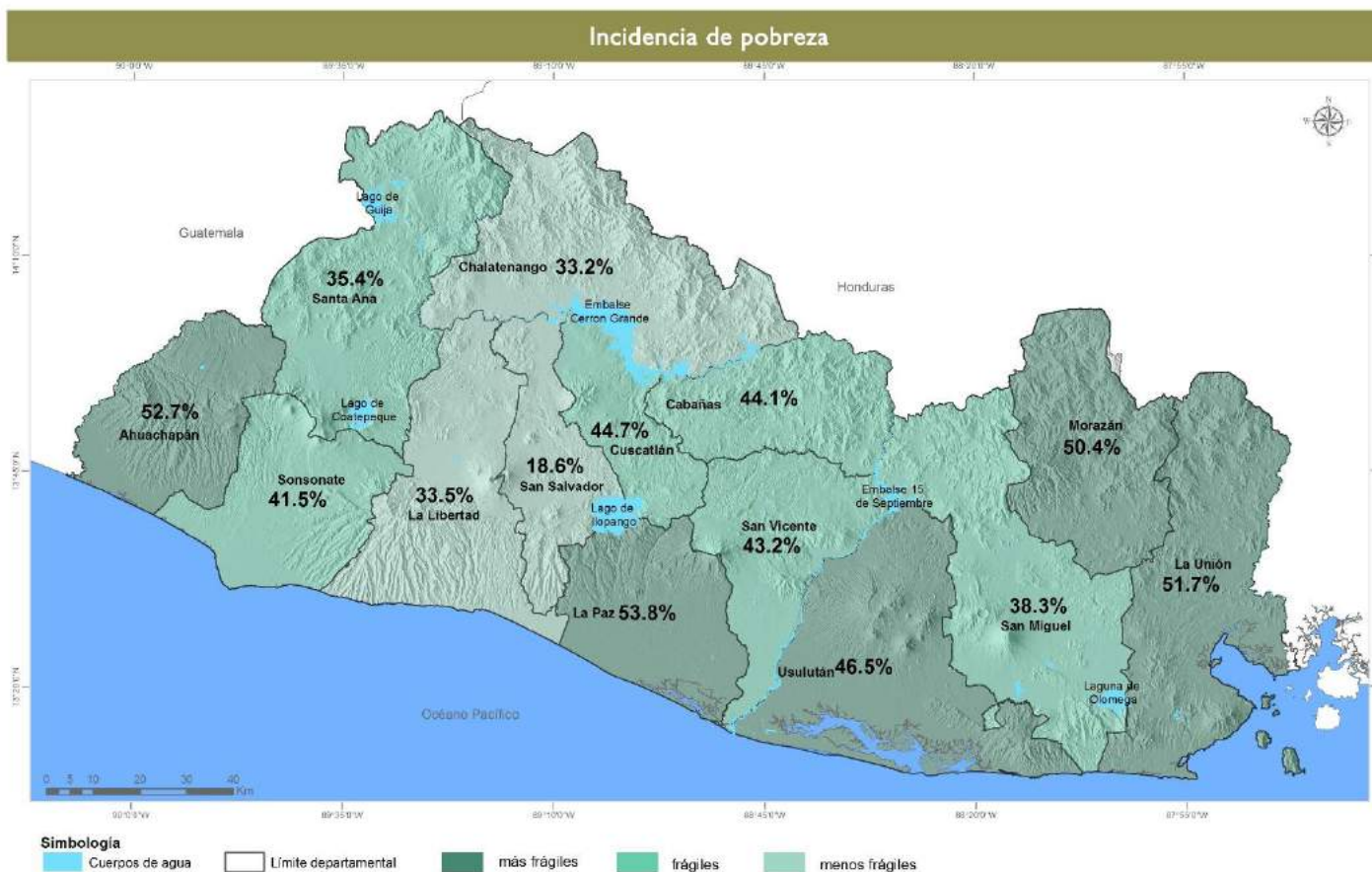


Figura 15. Incidencia de pobreza en El Salvador por departamento (% de hogares)

Fuente: STPP y MINEC-DIGESTYC (2015)

En educación, tanto el acceso (particularmente en el nivel primario) como las tasas de alfabetización han aumentado; los avances más significativos se dan en las áreas urbanas. La tasa de analfabetismo en El Salvador es de 10,5 % y es mayor en las mujeres (12,2 %) que en los hombres (8,5 %). La brecha también depende del área geográfica de residencia, ya que la tasa de analfabetismo en el área urbana (6,7 %) es menor que en el área rural (16,4 %) (EHPM, 2017).

Los departamentos que presentan mayores tasas de analfabetismo son La Unión, Morazán y Cabañas.

A su vez, la desigualdad –medida por el coeficiente de Gini– disminuyó de 0,48 en 2008 a 0,34 en 2017 (Figura 16). Esta reducción fue motivada por un importante crecimiento de los ingresos de las personas ubicadas en el 20 % inferior de la distribución del ingreso, situando a El Salvador como el país menos desigual de América Latina

después de Uruguay. Para el 2017, la distribución del ingreso –medida por el coeficiente de Gini– mostró una pequeña reducción de la desigualdad respecto a 2016. En los últimos cinco años se presenta una reducción sostenida que pasa de 0,41 en 2012 a 0,34 en 2017 (EHPM 2017).

La tasa de desempleo en El Salvador es de un 7,0 %, mientras que las personas ocupadas se estiman en 2.752.094. No obstante, aunque la tasa de desempleo es baja, la tasa de subempleo e inestabilidad en el trabajo (ocupados con dificultad para obtener una retribución que alcance al menos el salario mínimo) es elevada (65,8 %).

El sector terciario (comercio, hoteles y restaurantes) absorbe el 31,3 % de la Población Económicamente Activa (PEA); le sigue el sector agropecuario, con un 17,8 %, cifra que se incrementa en la zona rural donde representa el 39,3 % de la PEA en esta área (EHPM, 2017).

Respecto a los jóvenes entre 15 y 24 años, el 26,6 % de ese rango de población son personas que ni estudian ni trabajan; este porcentaje es mayor (48,5%) en hogares con ingresos más bajos (EHPM, 2017).

En referencia a la cobertura de seguridad social, el 34 % de la población ocupada está afiliada o está cubierta por algún sistema de seguridad social público o privado (EHPM, 2017). El 18,1 % del área rural está cubierto, mientras que esta cifra asciende a 43,1 % en el área urbana.

Para el 2017, la escolaridad promedio de la PEA a nivel nacional fue de 8.1 grados aprobados. Si se examina por sexo, se encuentra que la escolaridad promedio de las mujeres es de 8,4 grados, levemente superior al 7,9 de los hombres; así mismo, la brecha entre el área rural y urbana está presente: 6,1 y 9,3 grados, respectivamente. El 40,1 % de la PEA ocupada tiene menos de siete años de escolaridad y el 9,5 % no tiene ningún

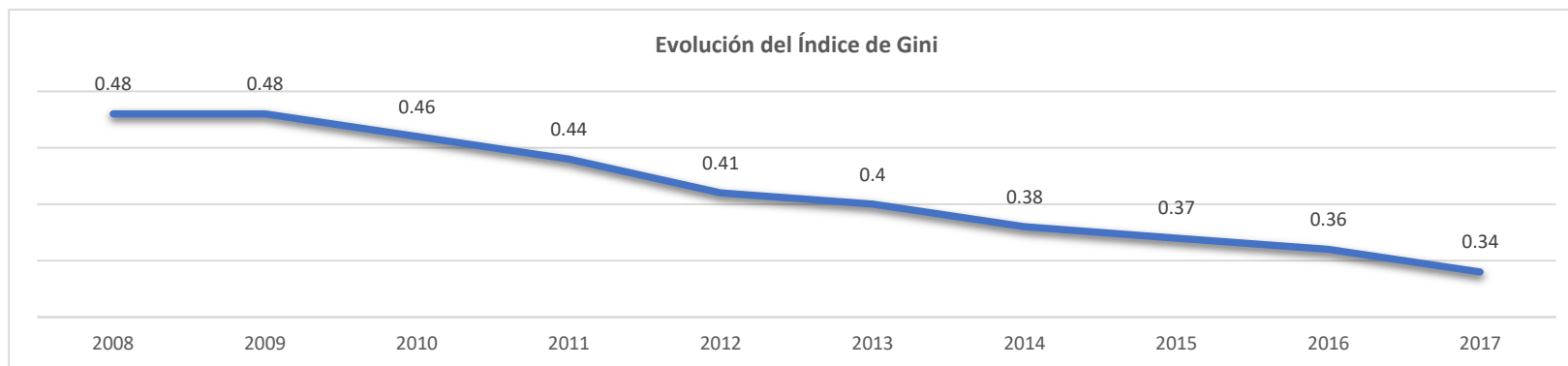


Figura 16. Evolución interanual del Índice de Gini en El Salvador
Fuente: Digestyc, 2017

grado aprobado, por otro lado solo el 13 % ha cursado 13 grados y más, llamando la atención la diferencia entre hombres (11.2) y mujeres (15.6). En los trabajadores agropecuarios esta cifra se incrementa, ya que el 22 % no tiene ninguna escolaridad. Solo el 13,5 % de la PEA posee estudios universitarios.

En cuanto a los salarios, el 28,4 % de los trabajadores se encuentra en pobreza de ingresos (EHPM, 2016). Este porcentaje es superado por el porcentaje de trabajadores agropecuarios, de los cuales el 53,3 % se encuentra en situación de pobreza, y el 18,1 %, en pobreza extrema.

De acuerdo con un estudio del Banco Mundial (1997), los pobres necesitarían tener fincas de por lo menos cinco hectáreas para estar por encima de la línea de pobreza extrema, y fincas de 12,6 hectáreas para superar la pobreza en caso de que dependieran completamente de la agricultura. En el área rural de El Salvador, la superficie promedio de una finca para los pobres es de menos de una hectárea. En tales circunstancias, la población rural en situación de pobreza se ve empujada a la sobreexplotación del medio ambiente, dada su falta de medios de subsistencia.

La población más pobre es la más vulnerable al cambio climático, ya que este fenómeno afecta directamente sus medios de vida. De no ponerse en práctica medidas de adaptación, los impactos del cambio climático podrían aumentar los niveles de pobreza y la vulnerabilidad.

La inseguridad hídrica requiere especial atención. El Salvador es el país con menos disponibilidad de agua (Tabla 4), mayor dependencia de recursos hídricos externos y con una de las tasas más altas de extracción de agua dulce en la región centroamericana). Las variables que más afectan a la disponibilidad son la sobreexplotación de los acuíferos, el vertido de sustancias contaminantes al agua, la disminución de la capacidad de permeabilidad de los suelos por la acelerada deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas, el incremento de urbanizaciones en zonas de producción hídrica, los cambios en el patrón de lluvias y la evapotranspiración.

La demanda de agua se concentra en el uso agropecuario (52 %) y el abastecimiento para uso doméstico (30 %). La demanda total de agua se estima en unos 25.364 mm³/año y la precipitación

promedio, en 56.039 mm³/año (Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico, 2017).

La proporción de hogares con conexión a cañería ha aumentado en un 25,5 % entre 1997 y 2016; en este último mayo ha sido de un 78,4 %. Este incremento fue mayor en los hogares rurales (36,5 %) que en los hogares urbanos (16 %).

Respecto al acceso a saneamiento, el porcentaje de hogares con inodoro conectado a alcantarillado se ha incrementado de 36,6 % a 38,3 % entre 1997 y 2016. Sin embargo, el acceso a saneamiento apenas se ha incrementado y es especialmente precario en entornos comunitarios, rurales y periurbanos.

El 95 % de las aguas residuales domésticas se dirigen a sitios de descarga sin ningún tipo de tratamiento (MARN, 2013d). Esta práctica histórica

Tabla 4
Centroamérica: Recursos de agua por país

País	Total recursos hídricos internos IRWR 10 ⁹ m ³ /año	Total de recursos externos renovables 10 ⁹ m ³ /año	Total de recursos hídricos 10 ⁹ m ³ /año	Tasa dependencia %	Extracción anual de agua dulce	Total de recursos de agua per cápita m ³ /hab/año
Belice	15.25	6.474	21.73	29.790	0.8	65,452
Costa Rica	113.00	0	113.00	0	2.4	23,194
El Salvador	15.63	10.640	26.27	40.500	3.8	4,144
Guatemala	109.20	18.710	127.90	14.630	2.6	8,269
Honduras	90.66	1.504	92.16	1.632	1.2	11,381
Nicaragua	156.20	8.310	164.50	5.051	0.7	27,056
Panamá	136.60	2.704	139.30	1.941	0.3	36,051

Fuente: Recuperado de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/situacion-de-los-recursos-hidricos_fin.pdf

ha conllevado que la mayoría de los ríos y quebradas se hayan convertido en cloacas. Sin embargo, cabe destacar que el último Informe de la Calidad del Agua de los Ríos de El Salvador 2017 indica que el 32 % de sitios muestreados tienen una calidad de agua “buena”. Eso significa un incremento del 27 % más que el último informe realizado en el 2013. En efecto, el índice de calidad de agua mala del país ha pasado del 31 % en el 2009 a 9 % en el 2017.

Respecto a la generación de residuos sólidos, el porcentaje de hogares con acceso a la recolección domiciliar pública se incrementó de 45,2 % a 49,9 % entre 1998 y 2017. La recolección en los hogares urbanos fue de un 74,0 %; y en los hogares rurales, de un 10,7 % en el 2017. El 73,0 % de los hogares rurales quema sus residuos y el 10,0 % los deposita en un lugar cualquiera (EHPM, 2017).

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 donde habita el 63,3 % de la población del país. Además, el 9,2 % de la población se encuentra en situación de vulnerabilidad socioeconómica extrema, concentrada principalmente en los departamentos de San Vicente y San Miguel (MARN, 2015).

La vulnerabilidad del país es palpable a los efectos del cambio climático principalmente en cuatro sectores: recursos hídricos, agricultura, infraestructura y salud.

En primer lugar, la situación de los *recursos hídricos* es crítica, en tanto existen grandes fluctuaciones en el régimen de lluvias a lo largo del año y esta variación se extiende también a lo largo del territorio. Además, el incremento del nivel del mar conlleva una salinización de los acuíferos costeros que supone una pérdida de estos, también producida por la disminución de su recarga y la extracción excesiva. Por otro lado, el aumento de temperatura se traduce en un aumento de la evaporación y la evapotranspiración, reduciéndose la cantidad de agua disponible. La capacidad de regulación de las escorrentías en las cuencas es agravada por la existencia de escasa cobertura vegetal, la impermeabilización de los suelos y la quema de algunos cultivos.

Respecto a la *agricultura*, ésta se ve afectada por el deterioro de los suelos y las alteraciones climáticas, lo que puede llevar a mayor inseguridad alimentaria. La agricultura es dependiente de la disponibilidad hídrica que se ve fuertemente afectada por el aumento de sequías y la variación de las precipitaciones. Además, el aumento de temperatura supone un cambio ambiental en el desarrollo de los cultivos y en la propagación de plagas (MARN 2017).

La desnutrición se agrava con la pérdida de cosechas que, junto a la contaminación del agua por inundación de los pozos, provoca problemas de *salud* en la población. Ya se han experimentado brotes de dengue, malaria, infecciones respiratorias y diarreas que afectan principalmente a la población con menos recursos.

Las infecciones respiratorias agudas y las enfermedades gastrointestinales se encuentran entre las primeras 10 causas de morbilidad en El Salvador, cuyo origen es el acceso al agua potable ya que solo el 37,8 % del área rural lo tiene, y también por el hecho de que solo el 65 % de la población rural cuenta con letrinas. Respecto a las infecciones respiratorias, afectan especialmente a la población infantil y de la tercera edad por los efectos climáticos extremos como inundaciones y frentes fríos, así como por la contaminación del aire.

Además, las personas de las comunidades que viven en zonas afectadas recurrentemente por inundaciones debido a la crecida de los ríos tienen afecciones en la piel debido a las excretas de las letrinas no protegidas, la contaminación de los pozos sin protección y el ambiente húmedo de la zona habitada.

La *infraestructura* también ha sufrido fuertes impactos debido a situaciones climáticas extremas como el huracán Ida en 2009, la tormenta tropical Agatha en 2010 y la depresión tropical 12E en 2011. Así, entre 2009 y 2011, hubo 206 puentes dañados, colapsados o destruidos, y alrededor de 18.000 viviendas dañadas (MARN, 2013a).

En el desarrollo urbano y costero ha predominado un diseño constructivo que no es acorde con las condiciones climáticas actuales, por lo que exige un esfuerzo importante para adaptarse al cambio climático. De hecho, ha habido una expansión de núcleos urbanos en zonas de infiltración de agua propensas a deslizamientos; y en la zona costera,

se han expandido actividades en ecosistemas frágiles como los manglares y ha habido una alta extracción de agua de los acuíferos superficiales.

El desarrollo territorial en El Salvador se ha realizado de forma desordenada. La mayor parte de la infraestructura física, en particular la vial y social, fue diseñada sin tener en cuenta la amenaza climática, por lo que es más vulnerable a fenómenos extremos, los cuales se han incrementado en frecuencia e intensidad. Más de la tercera parte del crecimiento urbano en las principales ciudades del país se ha producido en asentamientos precarios entre 2001 y 2010, lo que significa que carecen de uno o más servicios públicos urbanos básicos y tienen viviendas construidas con materiales inestables (MARN 2017).

El Salvador posee 2,1 millones de hectáreas en todo el territorio nacional, y se estima que 59 millones de toneladas métricas de suelo se pierden por erosión anualmente. Además, el 40 % del suelo salvadoreño presenta una erosionabilidad severa que se extiende por la Cordillera Fronteriza del norte del país y por las principales cadenas montañosas (MINEC, 2011). En cuanto a las zonas de ladera, el 65 % del territorio de El Salvador corresponde a este tipo de terreno, con pendientes mayores al 15 %. Además, el 95 % de los suelos de ladera están deforestados por la pérdida de su cobertura primaria; asimismo, tienen un alto grado de erosión y una alta vulnerabilidad biofísica (MAG, 2015).

Desde 1995, el crecimiento económico promedio anual es de un 2,2 % en El Salvador (Figura 17); es el país de América Latina con el crecimiento anual

más bajo. Esta situación se agudizó por la recesión económica global de 2008.

La tasa de inversión doméstica se ha mantenido inferior al promedio registrado en América Latina; en los últimos 10 años ha sido menor del 15 % del PIB. Además, los flujos de inversión extranjera directa (IED) han sido bajos. De hecho, El Salvador apenas recibió el 2 % de la IED que llegó a Centroamérica, República Dominicana y Panamá (CEPAL, 2015).

Desde 1990, el país presenta una grave distorsión estructural, ya que la tasa de ahorro es inferior a la tasa de inversión.

El Salvador se encuentra dentro de los 15 países del mundo con mayor consumo agregado, es decir, consume más de lo que produce y se ha

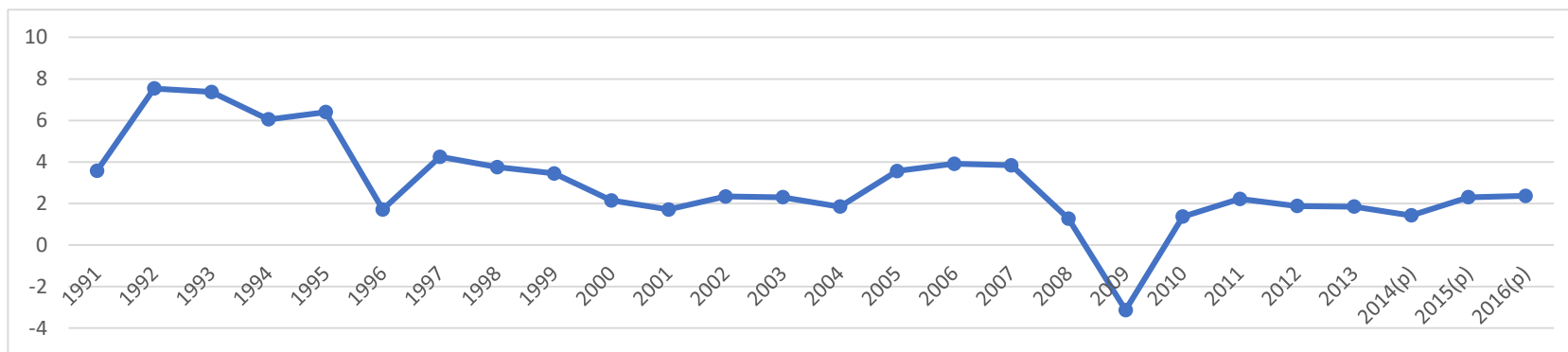


Figura 17. Crecimiento anual del PIB (porcentaje)

Fuente: Banco Central de Reserva (BCR), 2018

situado desde hace una década por encima del 100 % del PIB

La estructura productiva se ha transformado desde 1990. El sector de los servicios ha adquirido mayor peso en contra de las actividades agropecuarias. De hecho, el aporte del sector agropecuario al PIB se redujo en un 7 % desde 1990 hasta 2016, contribuyendo con un 11 % en este último año (Figura 18).

Aunque el sector agropecuario provoca una degradación ambiental por la gran demanda de uso de suelo (54,4 % del territorio) y agua, también es necesario destacar que el sector terciario produce contaminación por ser un gran generador de residuos sólidos y provocar contaminación atmosférica. Además, al ser un gran demandante de agua, requiere grandes inversiones en infraestructuras y abastecimiento de los acuíferos del país.

El sector *agropecuario* es el segundo generador de empleo en el país, ya que un 17,8 % de la población ocupada se dedica a actividades de esta índole. A pesar del descenso que el sector ha experimentado, sigue siendo importante porque contribuye a reducir la dependencia alimentaria externa. El subsector agropecuario más relevante es el agrícola, con un 56 % del valor agregado. Si bien la contribución del café al sector agropecuario se ha reducido del 27% en 1990 a representar el 4 % en 2016, cabe destacar que se ha recuperado la producción de maíz y frijol desde 2009, gracias al Programa de Agricultura

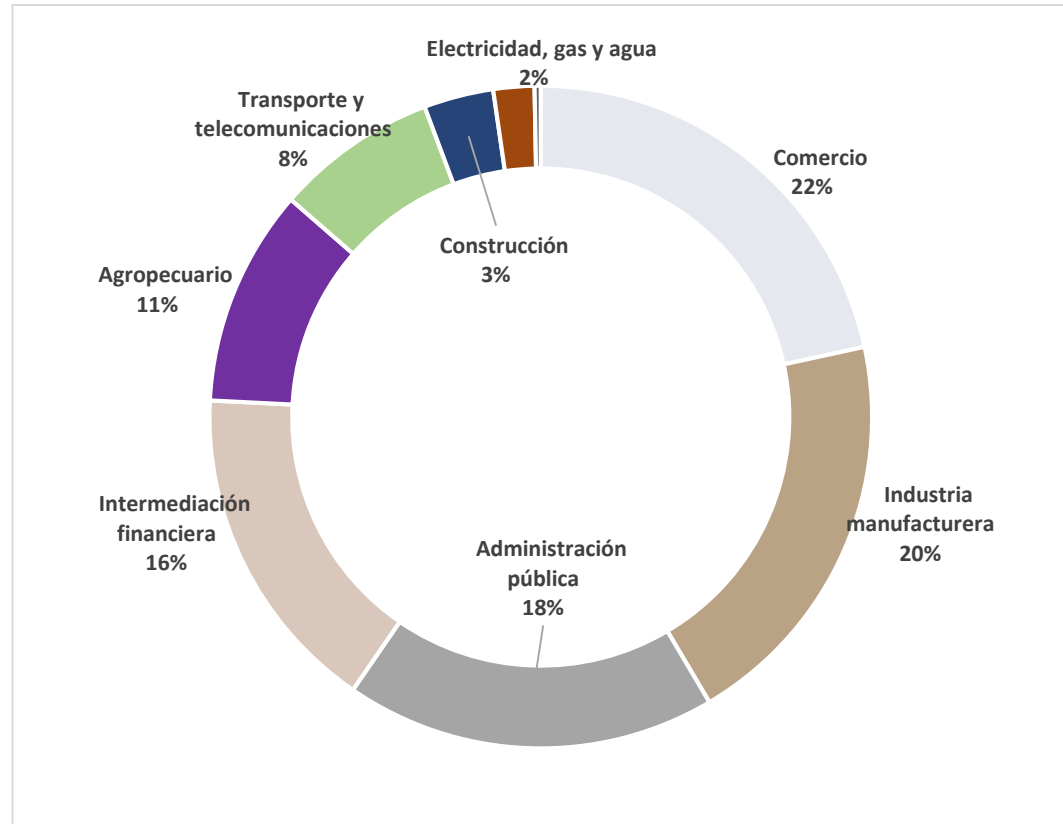


Figura 18. Porcentaje del PIB por rama de actividad económica para el año 2016, a precios constantes de 1990 en USD\$.

Fuente: BCR, 2018

Familiar impulsado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

De esta manera, los granos básicos (maíz, frijol, arroz y sorgo) han pasado de contribuir al 19 % en

1990 a aportar el 19,4 % del valor agregado del sector agropecuario en 2016, mientras que los cultivos no tradicionales como hortalizas y frutas han pasado de representar un 14 % a un 25,8 % de 1990 al 2016.

44.000 hectáreas de bosques naturales (Banco Mundial, 2012). Estos bosques se perdieron a favor de cultivos anuales y pastizales, a causa de la agricultura de subsistencia. Además, el bosque de manglar también se ha visto afectado por la plantación de caña de azúcar y granos básicos, ya que de las 100.000 hectáreas de manglar que existían en los años cincuenta se ha pasado a 40.000 en 2010 (MARN, 2012). Cabe destacar que la deforestación ha sido mayor en las regiones noroeste, central y sudeste de El Salvador.

El 28,4 % del uso del suelo se destina al cultivo de granos básicos, lo que corresponde a 597,4 mil hectáreas (MARN, 2016). Este uso provoca un alto nivel de degradación, reducción de fertilidad y pérdida de retención de humedad y de biodiversidad; también, requiere un uso intensivo de agroquímicos. Además, se practica la quema de rastrojos.

El 95 % del café en El Salvador es cultivado en la modalidad de café bajo sombra, que corresponde al 6,7 % del uso del suelo, es decir, 140,5 mil hectáreas (MARN, 2016). Este tipo de café se produce de forma convencional y orgánica. La modalidad convencional utiliza agroquímicos — como fertilizantes y pesticidas— que originan un impacto negativo en la calidad del agua y en la biodiversidad. El 5 % restante corresponde al café sin sombra.

La caña de azúcar emplea 96,4 mil hectáreas de suelo para su producción, lo que corresponde al 4,6 % del uso de suelo (MARN, 2016). Según imágenes satelitales, la superficie de cultivo ha

aumentado en 30 mil hectáreas durante el periodo 2000-2010 (MARN, 2012).

La variedad de caña de azúcar que más se cultiva es aquella que tiene mayor contenido de azúcar y que demanda una plantación a pleno sol para obtener mayor rendimiento. Hay dos modalidades de producción: convencional y orgánica tradicional. La forma convencional se utiliza en grandes producciones y requiere el uso de productos químicos; se encuentra principalmente en la zona costera. La producción orgánica tradicional se emplea para producir dulce de panela y se dirige a molineras o trapiches; esta modalidad no emplea agentes químicos.

La producción de la caña de azúcar produce impactos negativos como la quema del cultivo y el uso de productos químicos. Esto genera una infiltración de los agroquímicos a tierras más fértiles y afecta a los manglares, ya que una quinta parte de la caña de azúcar se produce en zonas de amortiguamiento de manglares.

Los pastos representan el 13 % del uso del suelo en El Salvador (MARN, 2016). Una práctica habitual para aumentar la superficie de pastos es la quema de la cobertura vegetal, lo que aumenta la degradación de los suelos. El 58 % de los ganaderos maneja una ganadería pequeña; además, están dispersos por todo el país, incluidas las áreas montañosas.

La demanda creciente de tierras para vivienda, cultivos y pastos introduce modificaciones en el uso del suelo, lo que cambia el albedo, alterando

el balance radiativo local y generando microclimas.

1.4. Avances en la institucionalidad y la política de cambio climático

Los principales avances en la política y la institucionalidad climáticas en el país desde 1995 hasta 2018 se resumen en la Figura 20.

Las autoridades nacionales caracterizan la problemática asociada al cambio climático por una dinámica progresiva de transformaciones lentas pero inexorables en la temperatura promedio y en el nivel del mar, que exigen estrategias de adaptación al cambio climático en sectores críticos para el desarrollo (agricultura, salud, recursos hídricos, infraestructura) y en el ámbito urbano. Las pérdidas y daños importantes por los fenómenos derivados del cambio climático exigieron de manera urgente institucionalizar mecanismos para responder a esas pérdidas recurrentes y crecientes.

En la última década, la implementación de medidas para enfrentar el cambio climático, o sus efectos asociados, ha estado condicionada por el impacto de fenómenos extremos: huracanes, tormentas tropicales o sequías, y sus implicaciones en términos de pérdidas y daños humanos, sociales y económicos.

En ese sentido, muchas de las acciones impulsadas tienen el objetivo fundamental de fortalecer la capacidad nacional para: (a) entender el

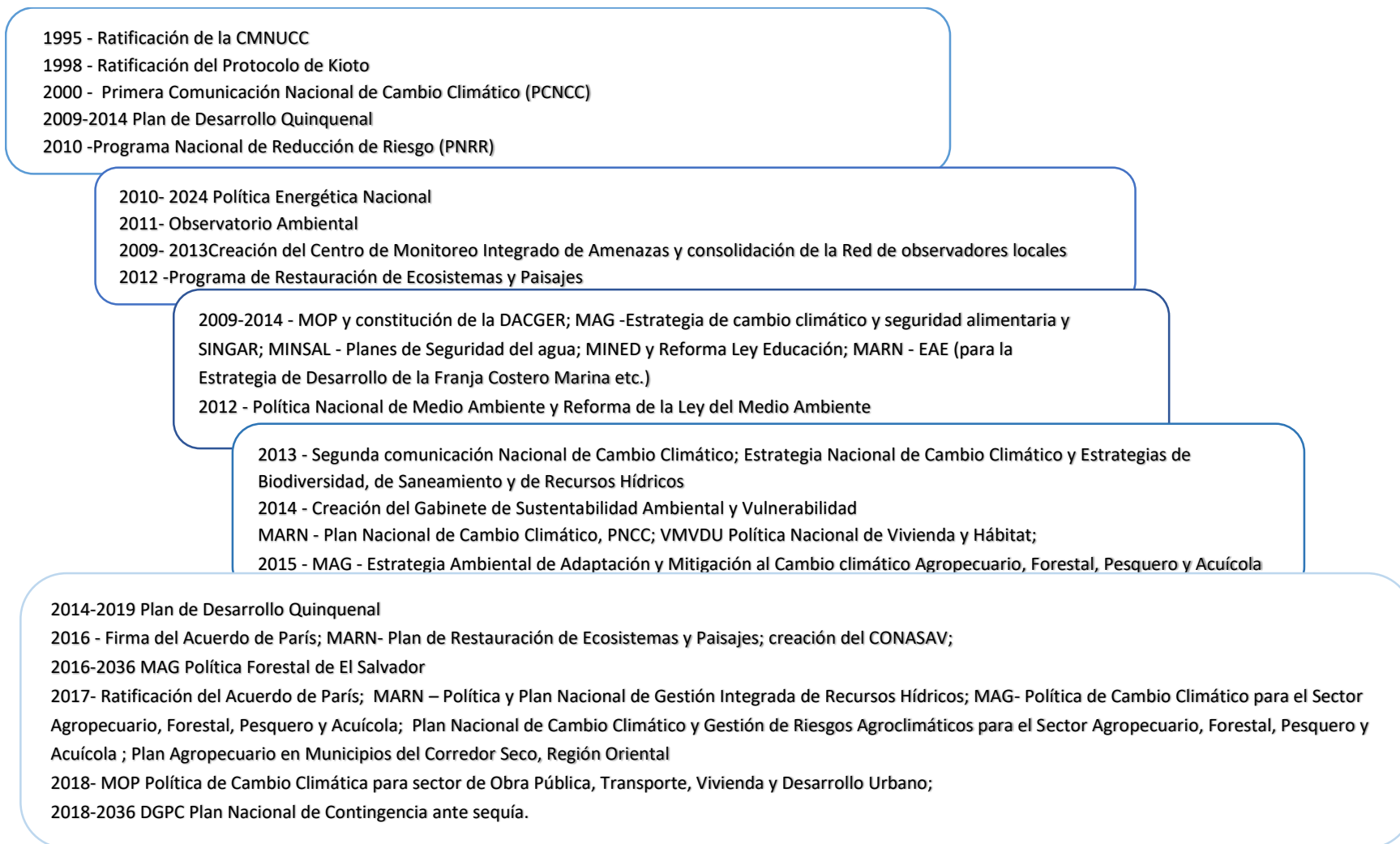


Figura 20. Principales avances en la política e institucionalidad climáticas en El Salvador (1995-2018)

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

fenómeno climático, (b) preparar la institucionalidad pública para orientar las acciones generales de cada sector del desarrollo, y (c) movilizar inversiones prioritarias y monitorear el clima y la situación de los recursos estratégicos.

En vista de la importancia que el cambio climático tiene para el país, y frente a la necesidad de crear estructuras en cada institución para abordar más ampliamente el tema desde diversos enfoques, se ha realizado un esfuerzo de creación de unidades especializadas para el cambio climático en algunas instituciones, entre ellas: el MARN, el Ministerio de Hacienda (MH), el Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano (MOP), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL) y el Ministerio de Relaciones Exteriores (MRREE).

Algunas acciones específicas que muestran el interés del país en el abordaje de la temática de cambio climático en diversos ámbitos y niveles son:

a. **Atención específica al cambio climático en programas y metas quinquenales.** A partir del 2009, el Gobierno salvadoreño ha dado en los programas y metas de desarrollo social y económico planteadas para los quinquenios 2009-2014 y 2014-2018- una atención específica hacia la problemática y su impacto. En los planes de los dos quinquenios, se plantearon programas y metas específicas, tanto para atender el impacto de los eventos climáticos, como para estimular una

economía resiliente y fomentar el desarrollo sustentable.

Específicamente, el Plan Quinquenal 2014-2019 plantea, en su objetivo 7 dedicado al abordaje del cambio climático: “Transitar hacia una economía y sociedad ambientalmente sustentable y resiliente a los efectos del cambio climático”, al tiempo que establece estrategias y metas para su cumplimiento.

b. **Configuración del Sistema de Reducción de Riesgos y Protección Civil.** Se creó la institucionalidad del Sistema Nacional de Protección Civil (SNPC) y, específico al tema, el Programa Nacional de Reducción de Riesgos (PNRR), cuya estrategia ha permitido generar las condiciones para la respuesta social al riesgo climático. También, se estableció la coordinación de esfuerzos nacionales para la intervención en la mitigación de las zonas susceptibles de deslizamientos y desbordamientos, y en la reparación de cárcavas y la adaptación de los entornos en zonas de mayor concentración y riesgo urbano.

Dentro de este esfuerzo, el MOP creó, en el 2010, la Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo (DACGER), encauzada a elaborar estudios técnicos y de investigación orientados al blindaje de la infraestructura ante los fenómenos climáticos extremos.

c. **Creación de unidades especializadas de cambio climático.** Se han creado unidades especializadas para enfrentar el cambio climático en varios Ministerios y Secretarías de Gobierno, tales como: el MARN, el MH, el MOP, el MAG, el FISDL y el MRREE. Estas instancias han desarrollado estrategias, políticas y planes sectoriales para enfrentar el cambio climático.

d. **Elaboración de políticas, estrategias y planes.** Se ha establecido el instrumental institucional que constituye la base de actuación e integración de las instituciones del Estado frente al cambio climático:

- ✓ Política Nacional del Medio Ambiente (PNMA) 2012
- ✓ Política Forestal para El Salvador (PFES) 2011-2030
- ✓ Política Energética Nacional (PEN) 2010-2024
- ✓ Estrategia Nacional del Medio Ambiente, 2012. La ENMA se sustenta en cuatro ejes temáticos: biodiversidad, cambio climático, saneamiento y recursos hídricos. Para cada eje, define estrategias específicas: Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) 2013, Estrategia Nacional para la Biodiversidad (ENB) 2013, Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (ENRH) 2013 y Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental (ENSA) 2013.

- ENCC 2013. Está estructurada alrededor de tres ejes: (a) mecanismo para enfrentar pérdidas y daños; (b) adaptación al cambio climático. 3. Mitigación del cambio climático; este eje sienta las bases para la coordinación y el fortalecimiento institucional, la gobernanza local, el monitoreo, reporte y verificación (MRV) en esta materia, así como para la creación o la reforma de legislación en áreas fundamentales como el agua (aún sin aprobarse), la construcción, el ordenamiento y el desarrollo territorial.
- ✓ Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola 2015
 - ✓ Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH) 2016
El PNGIRH constituye una herramienta para lograr una gestión eficaz y equitativa del recurso, en el marco de la política y la ENRH, y es considerado como un eje transversal para los diferentes instrumentos de gestión ambiental.
 - ✓ Estrategia (2015) y Política de Cambio Climático para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola (2017)
La estrategia establece las líneas de acción en materia de adaptación y enmarca el quehacer institucional del MAG frente a las implicaciones del cambio climático en las actividades agropecuarias. Se pone en marcha programas de agricultura resiliente, así

- como acciones específicas para contrarrestar los efectos de la sequía en algunas regiones del país. Se mejoran los sistemas de información, por ejemplo: el Sistema de Información Forestal y el Sistema de Información Nacional de Gestión de Agua para Riego (SINGAR).
- ✓ Programa y Plan Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (2012, 2016 y 2017).

El Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP) fue lanzado en junio del 2012, y se planteó como la iniciativa central del país para sentar bases orientadas a la adaptación y resiliencia en los territorios frente a la amenaza climática.

En 2016 el MARN hizo público el Plan Nacional de Restauración y Reforestación. Con este plan, el país cuenta con una radiografía completa de las zonas que se intervendrán, de manera que se optimicen esfuerzos y se aseguren resultados adecuados a las condiciones de cada territorio. Las áreas prioritarias que se intervendrán son: Apaneca-Illamatepec, Trifinio-Cerrón Grande, Cordillera del Bálsamo, Bajo Lempa y Guascorán-Golfo de Fonseca. Estos territorios abarcan a 157 municipios en los que están situadas 122 áreas naturales protegidas que cubren una extensión de 86.624 hectáreas.

- ✓ Plan de Educación ante el Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgos 2012-2022, MINED
 - ✓ Sistema de monitoreo bioclimático para fortalecer respuesta en salud a la variabilidad climática. MINSAL
- e. **Creación de instancias de coordinación interinstitucional y diálogo político.**
- ✓ *Gabinete de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad.* Esta instancia, constituida en junio del 2014, persigue una intervención estratégica en esta área, mediante la acción integrada de las instancias que lo componen: la Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia (SETEPLAN), el MARN; el Ministerio de Gobernación y Desarrollo Territorial (MGDT), el MAG, el MOP, la Secretaría de Vulnerabilidad de la Presidencia; el Ministerio de Turismo (MITUR), el Ministerio de la Defensa Nacional (MDN), el Viceministerio de Cooperación para el Desarrollo y las Autónomas Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL).
 - ✓ *Consejo Nacional de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad (CONASAV).* Fue creado en febrero del 2016, como un espacio de diálogo político convocado por el Presidente de la República y coordinado por los titulares del MARN y de la SETEPLAN. En él confluyen representantes de diferentes carteras

ministeriales, de los sectores sociales y económicos del país, y de algunos organismos internacionales y de cooperación. Esta instancia ha logrado crear una agenda y compromisos conjuntos alrededor de cuatro ejes: (a) fortalecimiento de la institucionalidad, (b) transformación productiva, (c) gestión del riesgo y cambio climático, y (d) gestión del conocimiento.

- ✓ *Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente (SINAMA)*. El SINAMA fue creado por medio de la Ley del Medio Ambiente. Se propone coordinar la gestión ambiental del Gobierno nacional con las municipalidades, para actuar integralmente en los ámbitos territoriales.

f. **Generación de conocimiento técnico-científico y equipamiento.**

- ✓ Se ha logrado una mejora sustancial de la capacidad profesional, técnica y en equipamiento del Observatorio Ambiental adscrito al MARN, y se ha convertido en uno de los centros de información ambiental mejor equipados y tecnológicamente más avanzados de la región centroamericana.
 - Además de mejorar el conocimiento técnico-científico y el equipamiento, se amplió la capacidad de monitoreo, multiplicándose las estaciones meteorológicas, hidrológicas y pluviométricas del país. También, se estableció una nueva red de radares

meteorológicos y se constituyó el Centro de Monitoreo Integrado de Amenazas, se consolidó la Red de Observadores Locales con personal capacitado y equipado, y se establecieron sitios remotos de monitoreo en diferentes ámbitos territoriales.

- ✓ El cambio climático tiene un manejo transversal en la acción de gobierno. Un dato importante que evidencia esta transversalidad es la distribución que tiene el gasto público climático entre las instituciones del Gobierno. Durante el período 2011-2015 el 41,62 % correspondió al ramo de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano; el 27,51 %, al ramo de Economía; el 13 %, a Salud; y solo el 3,38 %, al MARN. El 63,29 % fue invertido en adaptación al cambio climático, el 27,12 % se enfocó en mitigación y el 9,59 % se destinó a pérdidas y daños (CPEIR, 2018).

g. **Diseño del primer Plan Nacional de Cambio Climático (PNCC) 2015 y elaboración del Primer Informe de Seguimiento 2017.**

El PNCC merece una atención específica, en tanto es el instrumento que identifica las prioridades e impulsa la integración del cambio climático y su variabilidad, y contiene las acciones que se van a realizar en un período de cinco años —2015 fue el primero— para reducir los efectos del cambio climático.

Según la LMA, el PNCC tiene los objetivos de fomentar los procesos participativos para la mejora de la adaptación y la mitigación al cambio climático, crear un proceso de generación de conocimiento y fortalecimiento de capacidades, desarrollar y aplicar métodos para evaluar impactos y vulnerabilidades, desarrollar los escenarios climáticos y sus líneas de actuación, implementar campañas de sensibilización, e integrar la adaptación al cambio climático en la planificación y gestión de sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos nacionales.

Después de dos años de vigencia del PNCC, en junio de 2017 se realizó el primer monitoreo de avance en su cumplimiento, con la participación de las instancias con mayor responsabilidad de su ejecución. Los componentes del PNCC se muestran en la Figura 21.



Figura 21. Componentes del Plan Nacional de Cambio Climático
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

h. Elaboración de Anteproyecto de Ley Marco de Cambio Climático.

El Salvador ha elaborado un Anteproyecto de Ley Marco de Cambio Climático para fortalecer la gobernabilidad y la institucionalidad, establecer el marco legal y de política pública frente al cambio climático en los ámbitos nacional, regional y local, y asegurar el más eficaz cumplimiento de las acciones necesarias en materia de cambio

climático y de los compromisos internacionales relacionados con la CMNUCC. Este Anteproyecto de Ley Marco prevé oficializar la creación del Sistema Nacional de Cambio Climático, la Comisión Nacional de Cambio Climático, el Consejo Consultivo sobre Cambio Climático y el Observatorio Nacional sobre el Cambio Climático, e introduce mecanismos de articulación con los gobiernos locales.

El Sistema Nacional de Cambio Climático está planteado como la estrategia de articulación de los actores públicos y privados para

proteger a las personas, las comunidades, los ecosistemas, los bienes y la infraestructura, de los efectos y manifestaciones del cambio climático, mediante la generación de políticas públicas, estrategias, planes, programas y normas técnicas orientadas a identificar vulnerabilidades, prevenir daños y crear resiliencia en los sistemas sociales, económicos y ambientales, prevenir y mitigar riesgos asociados y promover medidas de adaptación.

El Sistema Nacional de Cambio Climático se concibe como la plataforma institucional para integrar las estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático en las políticas de desarrollo existentes. Estará conformado por la Comisión Nacional de Cambio Climático —a cargo de la coordinación del Sistema—, el Consejo Consultivo de Cambio Climático, el Observatorio Nacional del Cambio Climático, el Comité de Financiamiento Climático y los Gobiernos Locales.

La Comisión Nacional de Cambio Climático (CNCC) sería una entidad adscrita a la SETEPLAN, como el órgano rector con facultades de evaluación, recomendación, coordinación y propuesta en la gestión, creación y establecimiento de medidas de prevención, adaptación y mitigación al cambio climático. Su principal función es la de integrar políticas públicas de desarrollo con aquellas de mitigación y adaptación al cambio climático, y fortalecer las capacidades institucionales y técnicas para una eficaz adaptación, y la reducción de la vulnerabilidad de las personas, sus medios de subsistencia, los activos físicos, la infraestructura pública y los sistemas naturales frente a los efectos adversos del cambio climático.

La CNCC estaría integrada por la SETEPLAN, el MARN, el MINEC, el MH, el MAG, el MGD, el MOP, el Viceministerio de Ciencia y Tecnología, el MINED, el MINSAL, el MRREE, la Corporación de Municipalidades de la

República de El Salvador (COMURES), el Consejo Nacional de Energía (CNE) y la Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres.

El Consejo Consultivo sobre Cambio Climático estaría integrado por 10 miembros de los sectores público, social, privado y académico. Por el sector público integrarán el Consejo representantes de la Dirección General del Observatorio Ambiental, la ANDA, el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), la Unidad de Investigación y Epidemiología de Campo (UNIEC).

Los municipios serán miembros del Sistema Nacional de Cambio Climático y tendrán responsabilidades específicas en sus gestiones para reducir y manejar las vulnerabilidades e incorporar la mitigación basada en la adaptación frente al cambio climático.

Se creará el Observatorio Nacional sobre el Cambio Climático con el objetivo de garantizar el acceso público a la información técnico-científica sobre el cambio climático a nivel nacional y de recopilar y gestionar la información generada por las distintas organizaciones sobre el cambio climático y su impacto en las metas de desarrollo de El Salvador. El Observatorio será un reservorio de datos, responsable de evaluar el cumplimiento de los compromisos nacionales e internacionales adquiridos por el Estado, relacionados al cambio climático.

Estará orientado a producir insumos para las funciones de diseño, planificación, evaluación y monitoreo de las políticas sobre cambio climático y para tornar de libre acceso esta información a la ciudadanía. El Observatorio aportará la transparencia de la gestión en el campo de las políticas públicas asociadas al cambio climático y deberá generar información útil para un público diverso.

El Observatorio dará seguimiento a la ENCC, a las acciones de mitigación apropiadas al país (NAMAS), verificará los avances e identificará barreras para dar cumplimiento a la Convención Marco y sus instrumentos derivados.

Las instituciones del sector público estarán obligadas a colaborar con el Observatorio y a proporcionarle la información que sea de utilidad para el cumplimiento de sus objetivos, sin cargo alguno. El Observatorio estará facultado para realizar convenios y acuerdos de cooperación que aseguren su funcionamiento. Para ello evaluará las capacidades ya existentes en instituciones públicas y privadas, e incluirá a universidades e instituciones de investigación científica.

- i. **Participación de la agenda climática global.** Con relación a la *agenda climática global*, El Salvador ratificó la CMNUCC en 1995, como parte de los países no incluidos en el Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (“No Anexo I”). En tal posición, el país no tiene un

compromiso legalmente vinculante de reducción de emisiones de GEI. Sin embargo, como signatario de la convención, se compromete a cumplirla, priorizando medidas de adaptación al cambio climático. En el año 2016, El Salvador firmó el Acuerdo de París y, a partir de su ratificación, el 27 de marzo del 2017, se volvió parte oficial del mismo.

En cumplimiento a los compromisos establecidos por la CMNUCC, El Salvador ha presentado dos Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático en el 2000 y el 2013; y en este año 2018, junto a la presentación del primer Informe Bienal de Actualización (IBA), presenta su Tercera Comunicación.

Para la preparación de la TCNCC y el primer IBA, El Salvador ha realizado los siguientes estudios especializados que constituyen la información base:

- ✓ Circunstancias nacionales respecto al desarrollo nacional, a las características geográficas, al clima y la economía, y a la capacidad de adaptación y mitigación al cambio climático y sus efectos.
- ✓ Escenarios climáticos regionalizados a nivel nacional que proveen información sobre las condiciones climáticas de referencia de la línea base y las esperadas durante el siglo XXI, con especificaciones para el 2050, 2070 y 2100.
- ✓ Inventario de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) sobre la base de la actividad del país para el año 2014. Este estudio ha seguido las directrices establecidas por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (Ipcc) en 2006.
- ✓ Medidas y Programas de Mitigación, que evalúa los programas y proyectos desarrollados o potenciales, con

capacidad de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Presenta también las estimaciones y proyecciones tendenciales de emisiones de GEI de los diferentes sectores, en su relación tendencial con las actividades económicas prioritarias del país.

- ✓ Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, que incluye la evaluación de la vulnerabilidad actual y futura, y una propuesta de adaptación anticipada, en las dos áreas geográficas con mayor impacto de los efectos del cambio climático: el AMSS y el Corredor Seco Oriental del país.





Capítulo 2

Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI)

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en vigor desde 1992, expresa en sus artículos 4 y 12 que todos los países firmantes deben elaborar, publicar, facilitar y actualizar periódicamente los inventarios nacionales de emisiones antropogénicas producidas por las fuentes y de las absorciones por los sumideros de todos los Gases de Efecto Invernadero (GEI), que no son controlados por el Protocolo de Montreal.

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) tiene el objetivo de cuantificar los GEI emitidos o absorbidos por la acción humana dentro del territorio nacional en un período de 12 meses consecutivos.

El Gobierno de El Salvador ya ha presentado ante la CMNUCC dos comunicaciones nacionales y tres INGEI. La Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático fue presentada en el año 2000, e incluía el INGEI correspondiente a 1994, y la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático se presentó en el 2013, y contenía los INGEI de 2000 y 2005. Este capítulo de la Tercera Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático (TCNCC) presenta el INGEI del año 2014 (en adelante, INGEI 2014).

El capítulo consta de cinco partes. En primer lugar, se presentan los arreglos institucionales para la elaboración del INGEI. En segundo lugar, se explica la metodología empleada para la realización del INGEI 2014. En tercer lugar, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la

cuantificación de las emisiones y absorciones de los GEI. Después, se describen los resultados obtenidos en el INGEI en cada uno de los sectores, el análisis de categorías clave y de estimación de la incertidumbre, y finalmente, se realiza una explicación de las actualizaciones realizadas a los inventarios presentados con anterioridad.

2.1. Arreglos institucionales para la elaboración del INGEI

El MARN fue la entidad nacional responsable de facilitar la elaboración del inventario general y se encargó de:

- Celebrar acuerdos con las entidades colaboradoras detentoras y proveedoras de

datos, investigaciones o estimaciones sobre las emisiones

- Facilitar estudios realizados por expertos
- Desempeñar la función de autoridad que recopila y difunde la información necesaria para la elaboración del inventario
- Garantizar que los procesos de elaboración de inventarios estuvieran en conformidad con las decisiones de la Conferencia de las Partes
- Definir y poner en marcha procedimientos para la recopilación de datos, la elaboración del inventario, la comunicación de los resultados, la presentación de informes y el archivado
- Coordinar los diferentes departamentos gubernamentales y agencias nacionales
- Organizar reuniones periódicas, hacer el seguimiento, coordinar y dirigir las actividades del equipo técnico sectorial del Ingei 2014
- Garantizar la implementación del Plan de Garantía y Control de la Calidad (GC/CC)
- Garantizar la documentación y el archivo
- Garantizar la implementación de un programa de transferencia de conocimientos y fortalecimiento de capacidades en relación con el INGEI

Los proveedores de información fueron principalmente las instituciones nacionales (se presentan en las Tablas 14, 21 y 24, en la sección relativa a las fuentes de información por sector). Los actores principales de estas instituciones participaron también en un programa de fortalecimiento de capacidades implementado

por el equipo técnico sectorial a través de diversos talleres.

El equipo técnico sectorial estuvo compuesto por expertos externos que realizaron una transferencia de conocimientos, ya que se espera que expertos de las instituciones nacionales formen parte del equipo de elaboración del inventario en futuras ediciones.

Los arreglos institucionales para la elaboración del Ingei 2014 de El Salvador se ilustran en la Figura 22.

2.2. Metodología del INGEI

Etapas en la preparación del INGEI 2014

La elaboración del INGEI 2014 se realizó conforme al ciclo de desarrollo de un INGEI propuesto en las Directrices del IPCC 2006, como se ilustra en la Figura 23

A continuación se identifican las principales actividades desarrolladas:

- Definición del programa de trabajo
- Análisis de las categorías clave del último inventario (Ingei 2005)
- Determinación de las fuentes de datos para el inventario y la elaboración de documentos soporte y cuestionarios
- Recopilación de los datos relacionados con las emisiones y los datos de actividad a través de comunicaciones con los proveedores de información pertinentes (equipo técnico

especializado del Marn y representantes institucionales de los

- sectores con mayor incidencia en la emisión de GEI del país)
- Selección de métodos de estimación de las emisiones en función de los datos disponibles
- Estimación de emisiones
- Elaboración de un plan de garantía y control de calidad (GC/CC)
- Elaboración de las hojas de trabajo y de un manual
- Alimentación de las hojas de cálculo
- Documentación en las hojas de cálculo
- Elaboración de un informe de inventario
- Control de la calidad
- Análisis de categorías clave del Ingei 2014
- Evaluación de la racionalidad y la incertidumbre de los resultados
- Aseguramiento de la calidad
- Implementación de acciones urgentes
- Elaboración de un plan de mejoras a futuro
- Comparación con los inventarios presentados en anteriores comunicaciones nacionales y recálculo de la serie temporal para evaluar las tendencias
- Descripción del modelo de gestión del Ingei de El Salvador
- Implementación del programa de transferencia de conocimientos
- Archivo del Ingei

Directrices IPCC utilizadas

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) proporciona metodologías para contabilizar

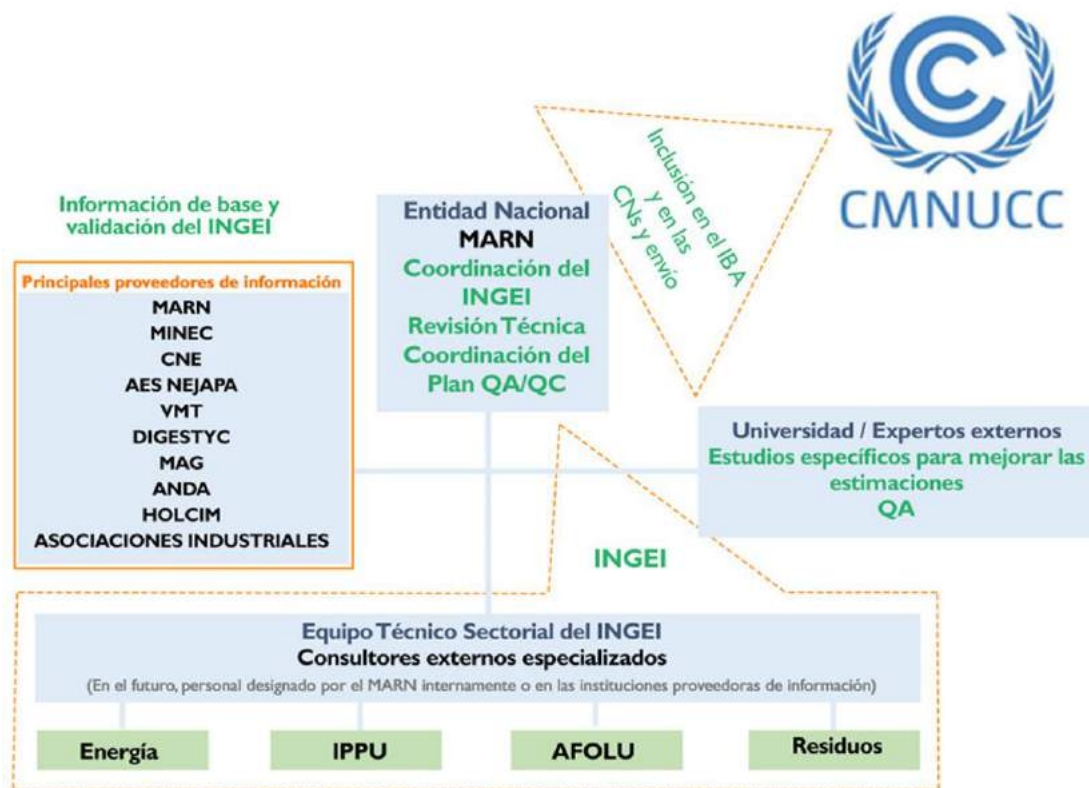


Figura 22. Arreglos institucionales para la elaboración del Ingei 2014

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

emisiones y capturas de GEI no controlados por el Protocolo de Montreal. Hasta el momento, el IPCC ha publicado las directrices metodológicas en sus revisiones de 1996 y 2006.

Los INGEI 1994, 2000 y 2005 presentados en las Comunicaciones Nacionales anteriores utilizaron

las directrices metodológicas del IPCC del 1996. El Salvador ha empleado las últimas directrices del IPCC publicadas, es decir, las correspondientes a 2006, para la realización del inventario del año 2014 y el recálculo de los INGEI anteriores.

En las directrices 2006, el inventario está categorizado en cuatro sectores: Energía, Procesos industriales y uso de productos (IPPU), Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) y Residuos.

Además, el inventario cumple con los principios de buenas prácticas que hacen referencia a la completitud, exactitud, transparencia, consistencia y comparabilidad.

Cabe destacar que para determinadas categorías y gases precursores para los que no existen metodologías en las Directrices IPCC 2006, se utilizaron las guías metodológicas alternativas como la USEPA 42 y la EMEP/EEA 2016, o incluso las Directrices revisadas IPCC 1996, como se explica con mayor detalle en el apartado de emisiones de GEI por sector.

Gases estimados

El INGEI 2014 de El Salvador contempla la estimación de los principales GEI directos, tales como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) el óxido nitroso (N₂O) y los hidrofluorocarburos

(HFC). No obstante, por falta de información, no pudieron estimarse los gases perfluorocarburos (PCF) y el hexafluoruro de azufre (SF₆).

Los gases precursores, tales como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles no metánicos o distintos del metano (COVNM o COVDM) y el dióxido de azufre (SO₂), no se pudieron estimar de forma exhaustiva en todos los sectores.

Niveles metodológicos

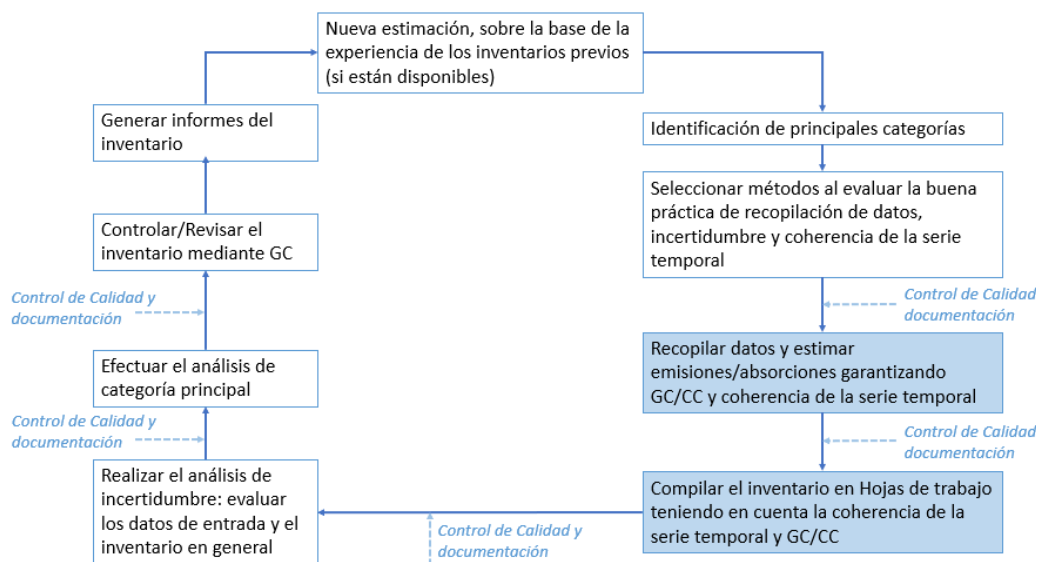


Figura 23. Ciclo de desarrollo del INGEI 2014

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA, a partir de las Directrices del Ipcc 2006, volumen 1, capítulo 1

Tabla 5

Características de los niveles metodológicos

Nivel	Características
1	Uso de factores de emisión por defecto del Ipcc Empleo de datos de actividad provenientes de datos nacionales básicos o por defecto
2	Métodos más detallados Uso de factores de emisión más específicos (fuente, tecnología y región) con mediciones Datos de actividad más desagregados que en el nivel 1
3	Uso de datos emergentes de modelos, encuestas y mediciones directas

Fuente: Elaboración del Marn para la TCNCC y el primer IBA

La metodología Ipcc 2006 tiene tres niveles distintos de complejidad para el desarrollo cuantitativo de las emisiones y absorciones de GEI. El nivel 1 es el de menor complejidad (Tabla 5)

Durante la elaboración del INGEI 2014, se ha empleado el nivel 1, principalmente debido a la falta de factores de emisión específicos del país. No obstante, se han utilizado metodologías de nivel 2 en las emisiones de SO₂ en todas las categorías del sector energía y en las emisiones de CO₂ de la producción de cemento del sector procesos industriales y uso de productos (IPPU).

Las tablas de reporte de las emisiones y absorciones de GEI en cada una de las categorías contienen claves de notación. Estas claves son necesarias para aclarar cuándo las estimaciones son incompletas, representan una parte del total o no se han podido cuantificar. De esta manera, son un elemento informativo relevante para que los resultados de reporte sean exhaustivos. Las claves de notación que se utilizan en las tablas de reporte son las siguientes:

- ✓ *No ocurre (NO)*: Para actividades o procesos que no ocurren para un gas o categoría de fuente dentro del país
- ✓ *No estimado (NE)*: Para emisiones existentes que no han sido calculadas
- ✓ *No aplicable (NA)*: Para actividades de una categoría dada de fuente que no dan lugar a emisiones de un gas específico
- ✓ *Incluido en otro lugar (IE)*: Para emisiones estimadas pero incluidas en otro lugar del inventario (en este caso se indica dónde se han incluido las emisiones)

- ✓ *Confidencial (C)*: Para emisiones que acarrearían la revelación de información empresarial confidencial

En la Tabla 6, se muestran los niveles metodológicos utilizados para la estimación de las emisiones para el año 2014 para cada una de las categorías, subcategorías y fuentes de cada sector, para todos los gases, así como las claves de notación cuando no hay una existencia de resultados. Además, en la Tabla 7, se explican las etiquetas IE.



Tabla 6

Niveles metodológicos utilizados para estimar las emisiones de El Salvador. Año 2014

Categoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PCF	SF ₆	NF ₃	NO _x	CO	CovNM	SO ₂
1. Energía											
A. Actividades de quema de combustible (enfoque sectorial)											
A.1 Industrias de la energía											
a. Centrales de servicio público de calor y electricidad	T1	T1	T1					T1	T1	T1	T2
b. Refino del petróleo	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	NA	T1	T1					T1	T1	T1	T2
A.2. Industrias de la manufactura y de la construcción											
a. Hierro y acero	IE	IE	IE					IE	IE	IE	IE
b. Metales no férricos	IE	IE	IE					IE	IE	IE	IE
c. Química	IE	IE	IE					IE	IE	IE	IE
d. Pulpa, papel e impresión	IE	IE	IE					IE	IE	IE	IE
e. Alimentación, bebidas y tabaco	IE	IE	IE					IE	IE	IE	IE
f. Minerales no metálicos	IE	IE	IE					IE	IE	IE	IE
g. Otros (por favor especificar)	T1	T1	T1					T1	T1	T1	T2
A.3. Transporte											
a. Aviación nacional	T1	NA	T1					T1	T1	T1	T2
b. Transporte por carretera	T1	T1	T1					T1	T1	T1	T2
c. Ferrocarril	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
d. Navegación nacional	IE	IE	IE					IE	IE	IE	IE
e. Otro transporte	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
A.4. Otros sectores											
a. Comercial/institucional	T1	T1	T1					T1	T1	T1	T2
b. Residencial	T1	T1	T1					T1	T1	T1	T2
c. Agricultura/ silvicultura /pesca	IE	IE	IE					IE	IE	IE	IE
A.5. Otros											
a. Estacionario	IE	IE	IE					IE	IE	IE	IE

Categoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PCF	SF ₆	NF ₃	NO _x	CO	CovNM	SO ₂
b. Móvil	IE	IE	IE					IE	IE	IE	IE
B. Emisiones fugitivas de combustibles											
B. 1. Combustibles sólidos											
a. Minería y tratamiento de carbón	NO	NO	NO					NO	NO	NO	
b. Transformación de combustible sólido	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
c. Otros	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
B. 2. Petróleo y gas natural y otras emisiones por producción de energía											
a. Petróleo	NE	NA	NA					NE	NE	T1	NA
b. Gas natural	NO	NO								NO	NO
c. Venteo y antorchas	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
d. Otros	T1	T1	NA					NA	NA	NA	NA
C. Transporte y almacenamiento de CO₂											
1. Transporte de CO ₂	NO										
2. Inyección y almacenamiento	NO										
3. Otros	NO										
Partidas informativas:											
Búkeres internacionales	T1	T1	T1					T1	T1	T1	T2
Aviación internacional	T1	T1	T1					T1	T1	T1	T2
Navegación internacional	IE	IE	IE					IE	IE	IE	IE
Operaciones multilaterales	NE	NE	NE					NE	NE	NE	NE
Emisiones de CO₂ por biomasa	T1										
CO₂ capturado	NO										
Para almacenaje nacional	NO										
Para almacenaje en otros países	NO										
2. Procesos industriales											
A. Industria mineral											
1. Producción de cemento	T2							NA	NA	NA	NA
2. Producción de cal	T1										

Categoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PCF	SF ₆	NF ₃	NO _x	CO	CovNM	SO ₂
3. Producción de vidrio	NO										
4. Consumo de caliza y dolomita	T1							NA	NA	NA	NA
B. Industria química											
1. Producción de amoníaco	NO	NO	NO					NO	NO	NO	NO
2. Producción de ácido nítrico			NO					NO			
3. Producción de ácido adípico	NO		NO					NO	NO	NO	
4. Producción de caprolaxama, glioxal y ácido glioxílico	NO		NO							NO	NO
5. Producción de carburos	NO	NO						NO	NO	NO	NO
6. Producción de dióxido de titanio	NO										
7. Producción de carbonato sódico	NO										
8. Producción petroquímica	NO	NO						NO	NO	NO	NO
9. Producción fluoroquímica				NO	NO	NO	NO				
10. Otros (producción de ácido sulfúrico)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE
C. Industria del metal											
1. Producción de hierro y acero	NE	NE						NE	NE	NE	NE
2. Producción de ferroaleaciones	NO	NO						NO	NO	NO	NO
3. Producción de aluminio	NO				NO	NO		NO	NO	NO	NO
4. Producción de magnesio	NO			NO	NO	NO		NO	NO	NO	NO
5. Producción de plomo	NO							NO	NO	NO	NO
6. Producción de zinc	NO							NO	NO	NO	NO
7. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
D. Consumo de productos no energéticos y uso de disolventes											
1. Uso de lubricantes	NE	NE	NE					NA	NA	NE	NA
2. Uso de parafinas	NE	NE	NE					NA	NA	NE	NA
3. Otros	NA	NA	NA					NA	NA	T1	NA
E. Industria electrónica											
1. Semiconductores				NE	NE	NE	NE				
2. Paneles TFT				NO	NO	NO	NO				

Categoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PCF	SF ₆	NF ₃	NO _x	CO	CovNM	SO ₂
3. Fotovoltaica				NO	NO	NO	NO				
4. Fluidos de transferencia				NO	NO	NO	NO				
5. Otros				NO	NO	NO	NO				
F. Uso de productos como sustitutos de gases que agotan la capa de ozono											
1. Refrigeración y aire acondicionado				IE	NE	NA	NA				
2. Agentes espumantes				IE	NA	NA	NA				
3. Equipos de extinción de incendios				IE	NE	NA	NA				
4. Aerosoles				IE	NA	NA	NA				
5. Disolventes				NO	NO	NO	NO				
6. Otras aplicaciones				NO	NO	NO	NO				
G. Otra producción y consumo de productos											
1. Equipos eléctricos				NA	NA	NE	NA				
2. SF6 y PCF usados en otros productos					NO	NO					
3. N ₂ O en el consumo de productos			NE								
4. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
H2. Industria agroalimentaria	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T1	NA
3. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra											
A. Ganadería											
1. Fermentación entérica		T1									
2. Gestión del estiércol		T1	T1							NE	
B. Tierras											
1. Tierras forestales	T1										
2. Tierras de cultivo	T1										
3. Pastizales	T1										
4. Humedales	NE										
5. Asentamientos	T1										
6. Otras tierras	T1										
C. Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra											
1. Emisiones no CO ₂ por quema de biomasa		T1	T1					T1	T1		
2. Encalado	NE										
3. Aplicación de urea	T1										

Categoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PCF	SF ₆	NF ₃	NO _x	CO	CovNM	SO ₂
4. Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados			T1					NA, NE		NA, NE	
5. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados			T1								
6. Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol			T1					NE		NE	
7. Cultivo del arroz		T1						NE		NE	
D. Otros											
1. Productos de madera recolectada	NE										
2. Otros	NA										
4. Residuos											
A. Eliminación de residuos sólidos											
1. Sitios de eliminación de residuos gestionados	NA	T1						NE	NE	NE	
2. Sitios de eliminación de residuos no gestionados	NA	T1						NE	NE	NE	
3. Sitios de eliminación de residuos no categorizados	NO	NO						NO	NO	NO	
B. Tratamiento biológico de residuos sólidos											
1. Compostaje		T1	T1					NE	NE	NE	
2. Digestión anaeróbica de instalaciones de biogás		NO	NO					NO	NO	NO	
C. Incineración e incineración a cielo abierto de residuos											
1. Incineración de residuos	NE	NE	NE					NE	NE	NE	NE
2. Incineración a cielo abierto de residuos	NE	NE	NE					NE	NE	NE	NE
D. Tratamiento y descarga de aguas residuales											
1. Aguas residuales domésticas		T1	T1					NE	NE	NE	
2. Aguas residuales industriales		T1	NE					NE	NE	NE	
3. Otros		NO	NO					NO	NO	NO	
E. Otros	NA	NA	NA					NA	NA	NA	NA
Partida informativa:											
Almacenamiento de C a largo plazo en los sitios de eliminación de residuos	T1										
Cambio anual del C total almacenado a largo plazo	T1										
Cambio anual del C total almacenado en residuos HWP	T1										

Leyenda: T1 = Nivel 1; T2 = Nivel 2; NA = No aplicable; NE = No estimado; NO = No ocurre; IE = Incluido en otra categoría

Fuente: Marn. Elaboración del Marn para la TNCC y el primer IBA

Tabla 7*Explicación de las etiquetas IE*

Categoría	Comentario
1A2. Industrias de la manufactura y de la construcción	
a. Hierro y acero b. Metales no férreos c. Química d. Pulpa, papel e impresión e. Alimentación, bebidas y tabaco f. Minerales no metálicos g. Otros	Las emisiones de estas categorías se encuentran agregadas en las emisiones totales de la categoría 1A2. No se ha podido desagregar la estimación con la información disponible.
1A3d. Navegación nacional	No se han podido diferenciar los consumos de esta fuente del resto de las fuentes de la categoría 1A3 Transporte. De este modo, las emisiones de navegación nacional se encuentran agregadas en las emisiones totales de la categoría 1A3.
1A4c. Agricultura/ silvicultura/ pesca	No se han podido diferenciar los consumos de esta fuente del resto de fuentes de la categoría 1A4 Otros sectores. De este modo, las emisiones de la agricultura, silvicultura y pesca se encuentran agregadas en las emisiones totales de la categoría 1A4.
1A5. Otros	No se ha podido diferenciar la categoría 1A5 Otros, del resto de consumos energéticos.
Memo ítems: Navegación internacional	No se han podido diferenciar los consumos de esta categoría del resto de consumos de combustibles, tanto de la categoría 1A3 como del resto de búnkeres internacionales.
2F. Uso de productos como sustitutos de gases que agotan la capa de ozono 1. Refrigeración y aire acondicionado 2. Agentes espumantes 3. Equipos de extinción de incendios 4. Aerosoles	Las emisiones de HFC de estas categorías se encuentran agregadas en la categoría 2F, ya que no ha sido posible desagregar estas emisiones con la información disponible.

Fuente: Elaboración del Marn para la TNCC y el primer IBA



Respecto a los factores de emisión utilizados en la realización del INGEI 2014, se usaron principalmente los factores de emisión por defecto proporcionados por las Directrices IPCC de 2006, ya que la metodología más utilizada es de nivel 1 para la estimación de emisiones en la mayoría de las categorías, gases y años, como se ha mencionado anteriormente. Por otro lado, los datos de actividad provienen de datos oficiales nacionales básicos o por información más específica del país, como se explicará en apartados posteriores.

Potenciales de calentamiento global utilizados

El potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) es un factor necesario para

medir el efecto que tiene la emisión de una unidad de masa de un gas si se toma como referencia una unidad de masa de dióxido de carbono (CO₂), para un horizonte de 100 años aplicados (Tabla 8). De esta manera, se puede determinar la contribución de emisiones totales de todos los gases en masa de CO₂ equivalente.

Los GWP utilizados en el INGEI 2014 son los recopilados en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (AR4, 2007) mientras que los INGEI 1994, 2000 y 2005 presentados en las anteriores Comunicaciones Nacionales emplearon los provenientes del Segundo Informe de Evaluación del IPCC (AR2, 1995)

Análisis de fuentes clave y estimación de la incertidumbre

El *análisis de fuentes clave* del INGEI 2014 muestra aquellas categorías que tienen una mayor aportación en el inventario, cuya contribución agregada es de un 95 %. El análisis de las categorías clave se desarrolló a nivel de fuente para todos los sectores y los GEI estimados en 2014.

En el análisis de nivel, la aportación o relevancia de una categoría dentro del inventario se ha valorado aplicando la métrica definida en el enfoque de nivel 1 de las Directrices IPCC de 2006, como sigue:

Tabla 8

Potenciales de calentamiento global. Horizonte temporal de 100 años por GEI utilizados en el Ingei 2014

Gases de Efecto Invernadero	Descripción	PCA
Dióxido de carbono (CO₂)	Gas natural liberado principalmente como producto de la combustión de combustibles fósiles, algunos procesos industriales y cambios en el manejo de los diversos usos del suelo.	1
Metano (CH₄)	Gas emitido principalmente en la minería de carbón, rellenos sanitarios, ganadería y extracción de gas y petróleo, y de cualquier fuente de descomposición anaeróbica de residuos orgánicos.	25
Óxido nitroso (N₂O)	Gas producido principalmente durante la elaboración de fertilizantes y la combustión de combustibles fósiles, y cuyo contribuyente más significativo es el sector transporte.	298
Hidrofluorocarbonados (HFC)	Se emiten principalmente en algunos procesos industriales y se los usa con frecuencia en refrigeración y equipos de aire acondicionado.	140 - 11700
Perfluorocarbonados (PFC)	Desarrollados e introducidos como una alternativa para reemplazar a algunos gases que destruían la capa de ozono, estos gases son emitidos en una variedad de procesos industriales.	7390 - 12200
Hexafluoruro de azufre (SF₆)	Aunque este gas es lanzado en muy pocos procesos industriales, es el más potente de los GEI. Es emitido durante la producción de magnesio y se aplica en algunos equipos eléctricos.	22800

Fuente: Elaboración del Marn para la TCNCC y el primer IBA basada en la Tabla 2.14. de la errata del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo I (https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/errataserrata-errata.html)

$$Lx, t = |Ex, t| / \sum_y |Ey, t|$$

Siendo:

Lx,t la valoración de nivel de la categoría x en el año de referencia t.;

Ex,t las emisiones/absorciones de la categoría x en el año de referencia t en unidades de masa de CO₂-eq

En el análisis de tendencia, la aportación o relevancia de una categoría dentro del inventario se ha valorado aplicando la métrica definida en el enfoque de nivel 1 de las Directrices IPCC de 2006, como sigue:

$$Lx, t = |Ex, o| / \sum_y |Ey, t| \cdot \left(\frac{Ex, t - Ex, o}{Ec, o} - \frac{\sum Ey, t - \sum Ey, o}{\sum Ey, o} \right)$$

Siendo:

Tx,t = evaluación de tendencia de la categoría x de fuente o sumidero del año t, en comparación con el año de base (año 0)

|Ex,o| = valor absoluto de la estimación de emisión o absorción de la categoría x de fuente o sumidero del año 0

Ex,t y Ex,0 = valores reales de las estimaciones de la categoría x de fuente o sumidero de los años t y 0, respectivamente.

$\sum Ey, t - \sum Ey, o$ = estimaciones totales del inventario de los años t y 0, respectivamente.

Esta métrica dirige la priorización de los recursos destinados a la mejora de las estimaciones del inventario a aquellas categorías con mayor participación, asumiendo que el conjunto de dichas categorías representa asimismo la mayor contribución a la incertidumbre global del inventario.

Además, el análisis de categorías clave en los sectores de energía, IPPU y residuos (Tabla 9) se ha realizado para la contribución de las categorías a nivel del año base (año 2000) y para la contribución a la tendencia (2000-2014).

La información de la *incertidumbre* ayuda a la mejora de la exactitud de los inventarios a futuro. Las estimaciones de las incertidumbres son esenciales para obtener un inventario exhaustivo de emisiones y absorciones de GEI. Las incertidumbres deben ser estimadas tanto a nivel nacional como a nivel de la tendencia, así como de los factores de emisión, los datos de la actividad y otros parámetros de estimación correspondientes a cada categoría o fuente de emisión.

Las guías de buenas prácticas del IPCC describen dos métodos para la estimación de incertidumbres combinadas: nivel 1 (propagación simple de errores) y nivel 2 (análisis de Monte Carlo).

Cabe mencionar que en El Salvador no hay constancia de que se haya realizado un análisis de incertidumbre para los inventarios anteriores a 2014, pero en el caso del INGEI 2014, se ha utilizado el nivel 1 de las Directrices del IPCC de 2006.

Para cada uno de los sectores Energía, IPPU, AFOLU y Residuos se han presentado las estimaciones de:

- ✓ La incertidumbre de la variable de actividad y factor de emisión de cada categoría
- ✓ La incertidumbre propagada calculada con las incertidumbres especificadas
- ✓ Los cálculos de sensibilidad tipo A y sensibilidad tipo B, según se definen en las Directrices IPCC 2006
- ✓ La incertidumbre de la evolución de las variables de actividad y factor de emisión
- ✓ La incertidumbre de la evolución de emisiones

Implementación de un plan de aseguramiento y control de calidad

La garantía y el control de calidad (GC/CC) son dos tipos diferentes de actividades en el programa de GC/CC. La GC es un sistema de procedimientos para realizar una revisión del inventario conducido por personal que no está involucrado en el desarrollo de este. Por otro lado, el control de calidad es un sistema implementado por el equipo que desarrolla el inventario para medir y controlar la calidad del mismo. Según se describe en las Directrices del IPCC de 2006, la realización de un adecuado programa GC/CC ayuda a mejorar la transparencia, la consistencia, la comparabilidad, la exhaustividad y la exactitud de los inventarios nacionales de emisiones.

En el INGEI 2014 se han realizado los procedimientos técnicos de control de calidad que son detallados en las Directrices del IPCC 2006 para

Tabla 9

Resumen de categorías clave identificadas para los sectores Energía, Ippu y Residuos en el INGEI 2014

Código IPCC	Categoría IPCC	Gas de efecto invernadero	Criterios de identificación
1A3b	Transporte por carretera	CO ₂	Nivel 2014, Nivel 2000, tendencia
1A1a	Centrales de servicio público de calor y electricidad	CO ₂	Nivel 2014, Nivel 2000, tendencia
4A	Eliminación de residuos sólidos	CH ₄	Nivel 2014, Nivel 2000, tendencia
1A2	Industrias de la manufactura y de la construcción	CO ₂	Nivel 2014, Nivel 2000, tendencia
1A4b	Residencial	CO ₂	Nivel 2014, Nivel 2000, tendencia
4D1	Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas	CH ₄	Nivel 2014, Nivel 2000, tendencia
2A1	Producción de cemento	CO ₂	Nivel 2014, Nivel 2000, tendencia
1B2d	Petróleo y gas natural y otras emisiones por producción de energía	CO ₂	Nivel 2014, Nivel 2000, tendencia
4D2	Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales	CH ₄	Nivel 2014
4D1	Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas	N ₂ O	Nivel 2014, Nivel 2000, tendencia
1A4b	Residencial	CH ₄	Nivel 2000
2F	Uso de productos como sustitutos de gases que agotan la capa de ozono	HFC	Tendencia
1A3b	Transporte por carretera	N ₂ O	Tendencia
1A3a	Aviación nacional	N ₂ O	Tendencia

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

cada una de las fuentes y sumideros de GEI. Al finalizar el inventario se utilizó el *software* del IPCC para los inventarios de los países No Anexo I, y se compararon los resultados en las estimaciones obtenidas como control de calidad adicional.

Respecto a la garantía de la calidad, esta fue realizada por revisores expertos de INGEI de países Anexo I y No Anexo I de la CMNUCC. Así, se

documentaron y registraron los comentarios, sugerencias, recomendaciones y observaciones resultantes de las revisiones de profesionales externos independientes para que fueran consideradas tanto en el INGEI 2014 (recomendaciones de carácter urgente) como en una futura actualización del INGEI (recomendaciones a medio y largo plazo que se incorporaron en el plan de mejoras).

Los roles y responsabilidades con las acciones y actividades realizadas dentro del Plan de GC/CC del INGEI 2014 se listan en la Tabla 10.

Tabla 10

Responsabilidades y roles en el Plan GC/CC del Ingei 2014

Roles	Actividades y Responsabilidades
• Coordinación de la Tercera Comunicación Nacional de El Salvador	Supervisa y coordina la preparación y desarrollo del INGEI. Mantiene contacto con agencias gubernamentales y organismos empresariales que actúan como fuentes de información. Coordina las solicitudes de información. Convoca a reuniones de inicio, seguimiento y cierre del proceso de desarrollo del INGEI. Establece objetivos y fechas límite. Supervisa el ciclo del INGEI. Supervisa el texto final del Reporte del Inventario. Coordina la revisión del INGEI por parte de expertos externos e institucionales y asegura que el texto final considere las observaciones recibidas.
• Coordinación nacional del INGEI 2014	Mantiene contactos periódicos con las instituciones. Participa en reuniones para explicar los objetivos del INGEI y contrastar los resultados obtenidos durante la fase de levantamiento de la información. Asesora a los expertos sectoriales sobre las directrices generales a seguir en el desarrollo del INGEI y en la elección de factores de emisión acordes a la información disponible y a las circunstancias nacionales. Realiza consultas para obtener juicio de expertos.
• Coordinación internacional del INGEI 2014	Supervisa las actividades de los consultores sectoriales. Coordina la preparación del texto del Reporte del Inventario. Prepara y mantiene el Plan de Calidad. Supervisa la aplicación de los procedimientos de QA/QC. Emite recomendaciones durante el proceso de estimación. Coordina la revisión del INGEI por parte de los expertos sectoriales y asegura que el texto final considere las observaciones recibidas por los expertos institucionales. Realiza el Control de Calidad del SINGEI. Realiza las actividades y aplica los procedimientos de Aseguramiento de Calidad (QA) del INGEI.
• Especialistas sectoriales del equipo técnico del INGEI 2014	Selecciona y recolecta información y datos base para el desarrollo del INGEI. Prepara los datos y calcula las emisiones del sector correspondiente. Colabora en el desarrollo del reporte de emisiones del sector. Desarrolla y documenta las hojas de cálculo. Prepara el texto para reportar las emisiones del sector correspondiente. Aplica los procedimientos de Control de Calidad (QC) durante la elaboración del sector, así como controles de calidad cruzados de los otros sectores. Estima la incertidumbre existente en los cálculos de emisiones de las categorías de su sector. Ejecuta acciones correctivas recomendadas para asegurar la calidad del INGEI. Codifica y mantiene los archivos electrónicos del INGEI. Prepara y mantiene los archivos de datos, información base y resultados. Resguarda los documentos del INGEI.
• Especialistas internacional externo	Realiza las actividades y aplica los procedimientos de aseguramiento de calidad (GC). Emite recomendaciones y observaciones para la mejora del INGEI. Valida y verifica el contenido del reporte del inventario y de las estimaciones. Sugiere correcciones al INGEI previos a su publicación con respecto a los atributos de calidad.

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA



2.3 Resumen del inventario de GEI 2014 de El Salvador

En este apartado se presentan las emisiones de los distintos gases de efecto invernadero (GEI) directos y precursores para cada una de las categorías y subcategorías.

Las emisiones de CO₂ estimadas en el año 2014 en El Salvador han sido de 20.964,6 kt, y al producirse unas absorciones de CO₂, de 4.985,9 kt. La cantidad neta de este gas es de 15.978,7 kt. Las emisiones totales de CH₄ fueron de 143,1 kt (3.577,6 kt de CO₂ equivalente); de N₂O, de 2,5 kt (753,3 kt de CO₂ equivalente); y de HFC, de 85,3 kt de CO₂ equivalente.

La Tabla 11 indica las emisiones de cada GEI directo, según se ha estimado en el INGEI 2014.

El GEI con mayor aportación a las emisiones del INGEI 2014 es el CO₂ neto¹, con un 78,3 %; le sigue el CH₄, con un 17,5 %; el N₂O, con un 3,7 %; y, por último, los HFC, con un 0,4 % (Figura 24).

Respecto a la participación de los gases precursores de El Salvador, para el 2014, como se muestra en la Figura 25, la mayor cantidad de se encuentra liderada por el CO, con 355,8 kt (45,4 %); seguido del SO₂, con 277,6 kt (35,4 %); los COVDM, con 111,3 kt (14,2 %); y, por último el NO_x, con 38,8 kt (4,9 %).

emisiones para cada categoría, mientras que en la Figura 26, se presentan las emisiones por sector.

Tabla 11

Emisiones totales en El Salvador por GEI en el 2014 (kt CO₂ eq)

GEI	2014
CO₂ neto	15.978,7
CH₄	3.577,6
N₂O	753,3
HFC	85,3
Total	20.394,9

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

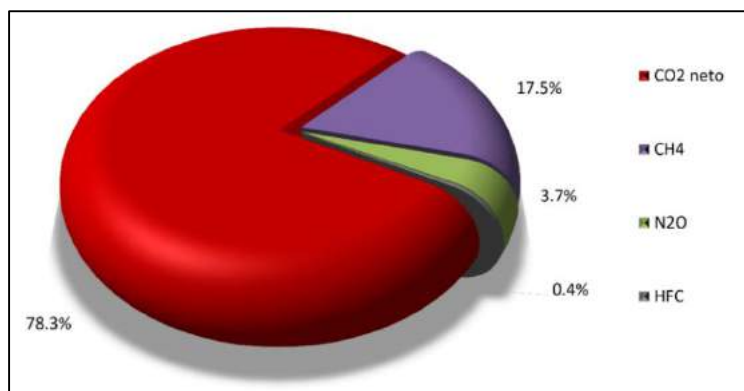


Figura 24. Emisiones totales de GEI de El Salvador (kt CO₂ eq) por GEI, año 2014
Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA, 2018

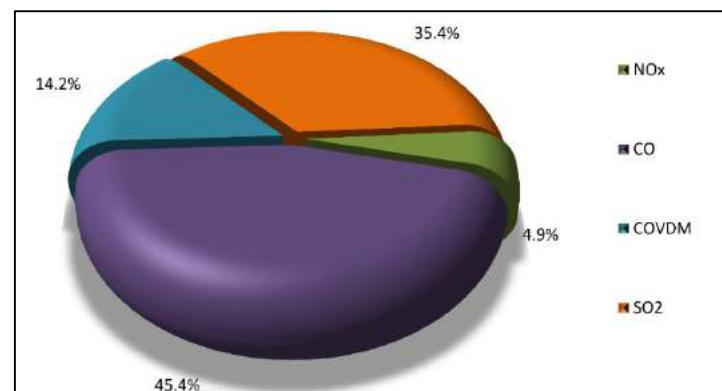


Figura 25. Emisiones totales de gases precursores de El Salvador (kt) por gas, año 2014
Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

¹ EL CO₂ neto hace referencia al cómputo global de las emisiones y absorciones de este gas, es decir, teniendo en cuenta todos los sectores incluido FOLU.

Tabla 12

Emisiones de GEI para cada categoría en 2014

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ neto (kt)	Emisiones CO ₂ (kt)	Absorciones CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
0.	Todas las emisiones y las absorciones nacionales	15.978,7	20,964,6	-4,985,9	143,1	2,5	85,3	NA, NE, NO	NA, NE, NO	38,8	355,8	111,3	277,6
1.	Energía	6.077,3	6.077,3	NO	4,3	0,3				36,5	268,3	43,1	277,6
1.A.	Actividades de quema de combustible	5.896,3	5.896,3		4,3	0,3				36,5	268,3	41,7	277,6
1.A.1.	Industrias de la energía	1.600,9	1.600,9		0,7	0,0				4,4	5,0	0,1	31,6
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	851,8	851,8		0,2	0,0				2,9	20,2	0,3	57,7
1.A.3.	Transporte	2.801,9	2.801,9		0,2	0,2				27,1	187,2	35,3	185,1
1.A.4.	Otros sectores	641,7	641,7		3,2	0,0				2,1	55,9	6,0	3,3
1.A.5.	No especificado	IE	IE		IE	IE				IE	IE	IE	IE
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	181,0	181,0		0,0	NO				NO	NO	1,4	NO
1.B.1.	Combustibles sólidos	NO	NO		NO	NO				NO	NO	NO	NO
1.B.2.	Petróleo y gas natural	181,0	181,0		0,0	NA, NE, NO				NA, NE, NO	NA, NE, NO	1,4	NA, NE, NO
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO	NO	NO									
2.	Procesos industriales y uso de productos	376,3	376,3		NE, NO	NE, NO	85,3	NA, NE, NO	NE, NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	68,1	NA, NE, NO
2.A.	Industria de los minerales	376,3	376,3							NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.B.	Industria química	NO	NO		NO	NO				NO	NO	NO	NO
2.C.	Industria de los metales	NE, NO	NE, NO		NE, NO			NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	NA, NE	NA, NE									58,4	
2.E.	Industria electrónica						NE, NO	NE, NO	NE, NO				
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO						85,3	NE, NO					
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos					NE		NA, NO	NA, NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO
2.H.	Otros									NA, NA	9,7	NA	NA
3.	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	9.525,1	14.511,0	-4.985,9	67,7	1,9				2,3	87,6	NA, NE	
3.A.	Ganadería				64,2	0,6						NE	
3.A.1.	Fermentación entérica				62,5								
3.A.2.	Gestión del estiércol				1,7	0,6						NE	
3.B.	Tierras	9.518,5	14.504,4	-4.985,9									
3.B.1.	Tierras forestales	3.775,4	7.540,5	-3.765,2									
3.B.2.	Tierras de cultivo	1.754,1	1.754,1	NE									
3.B.3.	Pastizales	3.446,5	4.667,3	-1.220,7									

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ neto (kt)	Emisiones CO ₂ (kt)	Absorciones CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	CovDM (kt)	SO ₂ (kt)
3.B.4.	Humedales	NE	NE	NE									
3.B.5.	Asentamientos	319,3	319,3	NE									
3.B.6.	Otras tierras	223,2	223,2	NE									
3.C.	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra	6,6	6,6		3,5	1,3				2,3	87,6	NA, NE	
3.C.1.	Emisiones no CO ₂ por quema de biomasa				3,0	0,1				2,3	87,6		
3.C.2.	Encalado	NE	NE										
3.C.3.	Aplicación de urea	6,6	6,6										
3.C.4.	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados					0,9				NA, NE		NA, NE	
3.C.5.	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados					0,2							
3.C.6.	Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol					0,1				NE		NE	
3.C.7.	Cultivo del arroz				0,5					NE		NE	
3.D.	Otros	NA, NE	NA, NE	NA, NE									
3.D.1.	Productos de madera recolectada	NE	NE	NE									
3.D.2.	Otros	NA											
4.	Residuos	NA, NE	NA, NE		71,0	0,3				NA, NE	NA, NE	NA, NE, NO	NA, NE
4.A.	Disposición de residuos sólidos				43,9							NE, NO	
4.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos	NA	NA		0,1	0,0						NE	
4.C.	Incineración y quema abierta de residuos	NE	NE		NE	NE				NE	NE		NE
4.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales				27,1	0,3						NE	NE
4.E.	Otros	NA	NA							NA	NA	NA	NA
Ax.	Partidas informativas												
Ax.1.	Búnkeres internacionales	478,5	478,5		0,003	0,0				1,7	0,7	0,3	0,9
Ax.2.	Operaciones multilaterales	NE	NE										
Ax.3.	Emisiones de CO ₂ por biomasa	2.016,2	2.016,2										

IE = Incluida en otro lugar; NA = No aplica; NE = No estimada; NO = No ocurre

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA, 2018



De esta manera, el sector que más contribuye en las emisiones del INGEI 2014 es el de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, con un 57,8 %; seguido del sector energía, con un 30,7 %; el sector de residuos, con un 9,2 %; y el sector procesos industriales y uso de productos, con un 2,3 % (Figura 26 y Tabla 13)

2.4 Emisiones de GEI por sector

Según las Directrices del IPCC 2006, las estimaciones de emisiones están categorizadas en cuatro sectores: (a) Energía; (b) Procesos industriales y uso de productos; (c) Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; y (d) Residuos. De esta manera, en este apartado se muestran las estimaciones de cada categoría y subcategoría para cada sector. Además, se indica la metodología y los factores de emisión que se han utilizado para la estimación en cada sector, así como la información que se ha necesitado para la obtención de resultados y sus fuentes.

Energía

El sector energético en El Salvador

El Salvador ha sido un país fuertemente importador de energía, en el año de referencia 2014 importó el 70,1 % de la energía que requería. En ese año, el consumo nacional de energía primaria fue de 128.326 terajulios (TJ), según el balance energético del Consejo Nacional de Energía (CNE) de El Salvador.

Las fuentes de energía más consumidas fueron los combustibles de origen fósil entre los que se destaca el consumo de fuelóleo, gasolinas y diésel. El sector que mayor consumo de energía ha tenido en el país, es el sector transporte, que emplea

gasolina, diésel y combustible turbo jet. A éste le siguió el sector de la generación energética, que utiliza fuelóleo y energías renovables

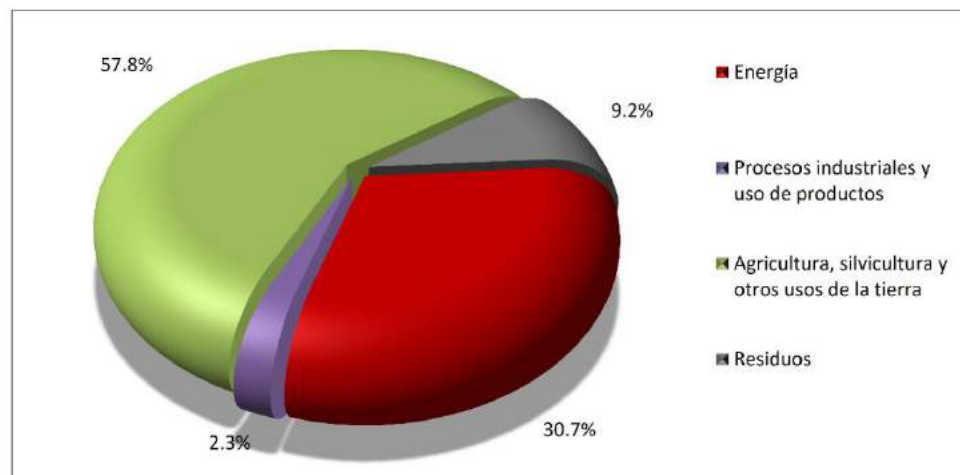


Figura 26. Emisiones totales de GEI de El Salvador (kt CO₂ eq) por sector, año 2014

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA, 2018

Tabla 13

Emisiones totales de GEI de El Salvador por sector en 2014 (kt CO₂ eq)

Sector	2014
Energía	6.268,5
Procesos industriales y uso de productos	461,6
Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra	11.793,6
Residuos	1.871,2
Total	20.394,9

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

Fuentes de información

En El Salvador se ha realizado la estimación de las emisiones de CO₂ del sector energía mediante el enfoque de referencia y el enfoque sectorial.

La información recibida para la estimación de las emisiones en el sector energía corresponde a datos de producción, flujos internacionales y consumo de productos energéticos, así como información sobre la caracterización de ciertos equipos o combustibles. Estos datos provienen de distintas fuentes de información.

La Tabla 14 muestra las principales fuentes de información utilizadas para la estimación de las emisiones de GEI en el sector energía.

La principal fuente de referencia para la realización del inventario fue el balance del CNE, disponible para los años 2010-2015, lo que ha determinado la longitud de la serie de emisiones estimadas para este sector. Para el desarrollo del INGEI 2014, se ha incorporado la información de los balances energéticos del informe del INGEI 2000 y del INGEI 2005 realizados para la Segunda Comunicación Nacional, pero para la estimación de las emisiones se han utilizado las Directrices IPCC 2006 y el GWP del AR4 para que la serie temporal sea consistente.

En la categoría 1A1b, refino de petróleo, se ha utilizado la información reportada por los informes de los INGEI 2000 y 2005, ya que el balance de CNE no proporciona información de las cantidades de combustibles consumidos en la propia refinería con fines energéticos.

Tabla 14

Fuentes de información utilizadas en el cálculo de emisiones en el sector energía (2014)

Fuente de información	Información
CNE	Balance energético nacional
	Estudio Caracterización de la Curva de Demanda y Uso Final de la Energía, 2011
	Inventario y caracterización de las calderas en El Salvador, 2016
MINEC	Estadísticas de consumo local anual de productos derivados del petróleo reportados por compañía
	Estadísticas de ventas anuales de GLP
	Cambios de inventario de derivados de petróleo
	Importaciones de derivados de petróleo
	Exportaciones de derivados de petróleo
	Certificados de calidad de los combustibles líquidos importados al El Salvador por vía marítima durante 2014
	Regulaciones vigentes sobre especificaciones de productos derivados del petróleo (Reglamento Técnico Centroamericano - Rtca y Norma salvadoreña)
VMT	Parque anual de vehículos por tipo de energía motriz
	Detalle del parque anual de vehículos (incluyendo fuente de energía y año de ingreso) en 2017
CEPAL	Centroamérica y República Dominicana: Estadísticas de hidrocarburos, 2015
HOLCIM (informes de operación anual)	Productos coprocesados en el sector del cemento
	Detalle de las entradas de productos para coprocesamiento en el sector del cemento
SIGET	Boletín de estadísticas eléctricas. Relación de plantas autoproductoras de electricidad y generación de electricidad en plantas geotérmicas.
UT	Energía inyectada por recurso
CEPA	Anuario estadístico del puerto de Acajutla, 2014.
	Anuario estadístico del aeropuerto internacional de El Salvador, 2014
AES Nejapa Gas (informe de operación anual)	Uso de metano de relleno sanitario, 2014
	Energía eléctrica producida, 2014

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

En la categoría 1A2, industria de la manufactura y construcción, se han obtenido los datos del consumo energético por tipo de combustible del balance energético, de la información proporcionada por HOLCIM sobre residuos procesados en el período 2012-2016 y de las entradas de corrientes de residuos en la planta Geocycle en los años 2010-2011.

Método sectorial

Las emisiones de CO₂ son el resultado de la quema de combustible y de que el carbono sea oxidado. Cuando los combustibles son quemados se emiten mayormente como CO₂, pero otra parte es liberada como CO, CH₄ o COVNM, los cuales se oxidan a CO₂ en la atmósfera en un período temporal que pueden ser días o años. Además, también se emiten otros gases o contaminantes como los gases precursores. Para efectuar la

estimación de los gases por el método sectorial, las Directrices IPCC proporcionan tres métodos según nivel 1, nivel 2 y nivel 3 como se ha comentado antes.

Las emisiones producidas para el sector energía son estimadas acorde a la clasificación de las categorías: 1A1 Industrias de la energía, 1A2 Industrias manufactureras y construcción, 1A3 Transporte, 1A4 Otros sectores, 1A5 Otros, 1B1 Emisiones fugitivas provenientes de los combustibles sólidos y 1B2 Emisiones fugitivas provenientes del petróleo y gas natural.

En el 2014, las emisiones de GEI totales del sector Energía fueron 6.268,5 kt CO₂ eq. Como se muestra en la Figura 27, la principal categoría emisora son las actividades de quema de combustible, con 6.087,1 kt CO₂ eq (97,1 %); le

sigue la categoría de emisiones fugitivas de combustibles, con 181,4 kt CO₂ eq (2,9 %). En general, en el país las emisiones del sector están dominadas por el consumo de combustibles fósiles, especialmente para el transporte terrestre y la industria de generación de energía.

La Tabla 15 presenta las emisiones de GEI para cada una de las categorías, subcategorías y fuentes del sector energía para el INGEI 2014.

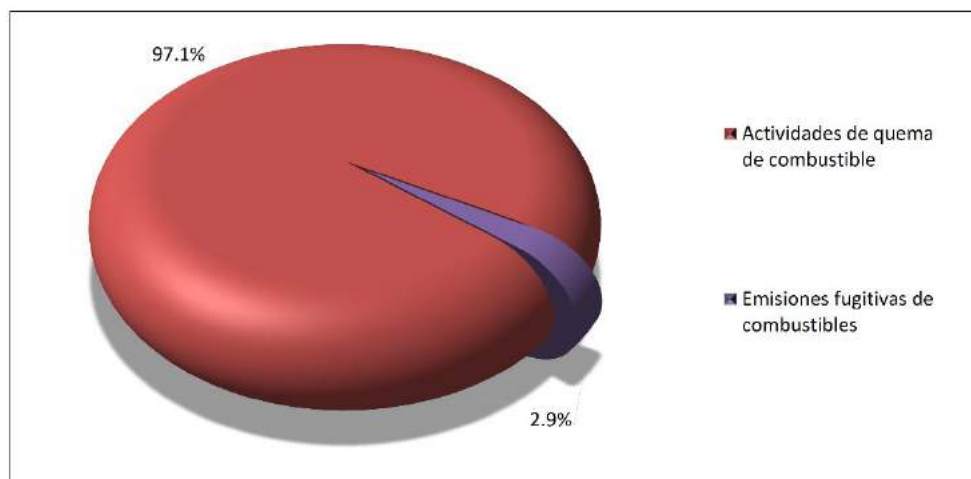


Figura 27. Emisiones totales de GEI de El Salvador (kt CO₂ eq) del sector energía por categoría, año 2014
Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA, 2018

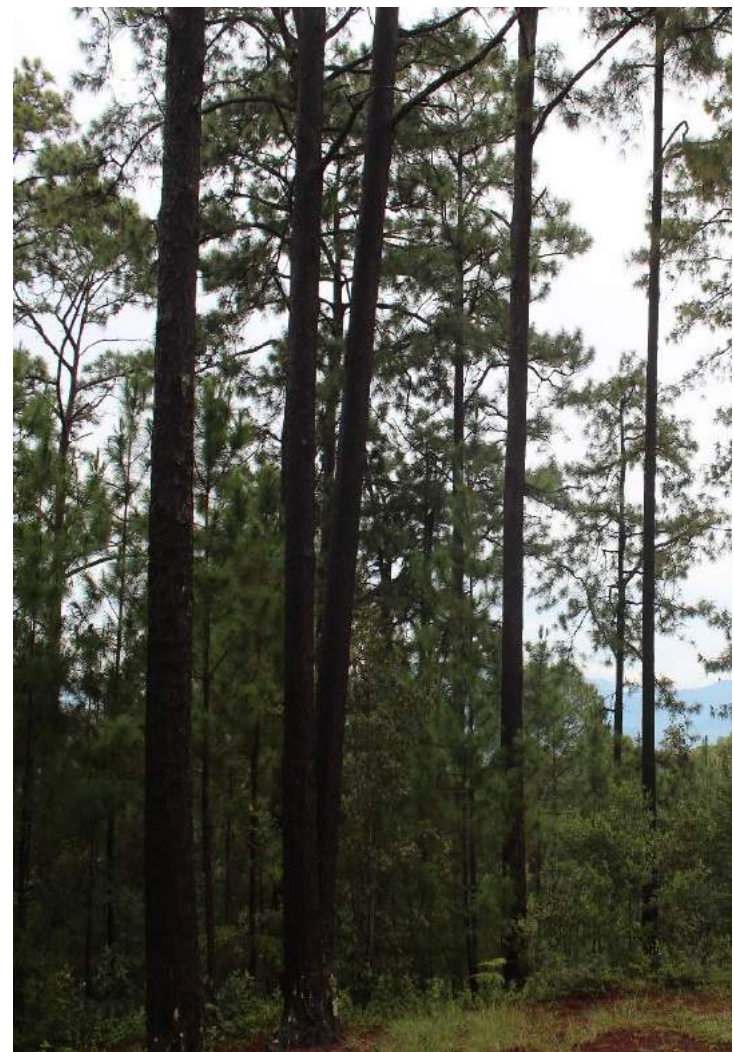


Tabla 15*Emisiones de GEI en el sector energía (2014)*

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	CovDM (kt)	SO ₂ (kt)
1.	Energía	6.077,3	4,3	0,3	36,5	268,3	43,1	277,6
1.A.	Actividades de quema de combustible	5.896,3	4,3	0,3	36,5	268,3	41,7	277,6
1.A.1.	Industrias de la energía	1.600,9	0,7	0,0	4,4	5,0	0,1	31,6
1.A.1.a.	Producción de electricidad y calor como actividad principal	1.600,9	0,1	0,0	4,4	0,5	0,1	31,0
1.A.1.b.	Refinación del petróleo	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.1.c.	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	NA	0,7	0,0	0,0	4,5	0,0	0,6
1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	851,8	0,2	0,0	2,9	20,2	0,3	57,7
1.A.2.a.	Hierro y acero	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.b.	Metales no ferrosos	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.c.	Sustancias químicas	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.d.	Pulpa, papel e imprenta	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.e.	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.f.	Minerales no metálicos	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.2.g.	Otros	851,8	0,2	0,0	2,9	20,2	0,3	57,7
1.A.3.	Transporte	2.801,9	0,2	0,2	27,1	187,2	35,3	185,1
1.A.3.a.	Aviación civil	1,3	NE	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
1.A.3.b.	Transporte terrestre	2.800,5	0,2	0,2	27,1	186,9	35,3	185,1
1.A.3.c.	Ferrocarriles	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.3.e.	Otro tipo de transporte	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.4.	Otros sectores	641,7	3,2	0,0	2,1	55,9	6,0	3,3
1.A.4.a.	Comercial/institucional	71,9	0,3	0,0	0,2	8,1	0,2	0,7
1.A.4.b.	Residencial	569,8	2,9	0,0	1,9	47,8	5,8	2,6
1.A.4.c.	Agricultura/silvicultura/pesca/piscifactorías	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.5.	No especificado	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.5.a.	Estacionaria	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
1.A.5.b.	Móvil	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
1.B.	Emisiones fugitivas de combustibles	181,0	0,0	NO	NO	NO	1,4	NO
1.B.1.	Combustibles sólidos	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.1.a.	Minería carbonífera y manejo del carbón	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.1.b.	Combustión espontánea y vertederos para quema de carbón				NO	NO	NO	NO
1.B.2.	Petróleo y gas natural	181,0	0,0	NA, NE, NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	1,4	NA, NE, NO
1.B.2.a.	Petróleo	NA	NA	NA	NA	NA	1,4	NA
1.B.2.b.	Gas natural	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.c.	Venteo y antorchas	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.d.	Otros	181,0	0,0	NE	NE	NE	NE	NE
1.C.	Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO						
1.C.1.	Transporte de CO ₂	NO						
1.C.2.	Inyección y almacenamiento	NO						
1.C.3.	Otros	NO						

IE = Incluida en otro lugar; NA = No aplica; NE = No estimada; NO = No ocurre

Fuente: Marn (2017). INGEI

El gas con mayor participación en las emisiones totales del sector energético de El Salvador es el CO₂ con un 96,9 %, seguido por una gran distancia por el CH₄ (1,7 %) y el N₂O (1,3 %).

La categoría 1A es una categoría emisora de todos GEI directos y de los precursores, y representa el 97,1 % del total de emisiones de GEI en el sector energía. Salvo casos excepcionales, los factores de emisión utilizados para la estimación de las

emisiones en esta categoría fueron recogidos de las Directrices IPCC, escogiendo los valores por defecto del nivel 1, al no disponer de información para la estimación de factores de emisión nacionales para los distintos combustibles (Tabla 16).

La categoría 1B comprende las emisiones fugitivas de combustibles y emplea la metodología IPCC 2006 con factores de emisión de nivel 1 para la

estimación de emisiones. En el caso de la categoría 1B2d, las Directrices 2006 no proporcionan una metodología para su estimación, pero se ha incluido en el INGEI 2014 por motivos de exhaustividad.

Tabla 16

Guías metodológicas y factores de emisión utilizados en las distintas categorías Ipcc del sector energía

Categoría Ipcc	Combustible	Gases	Directrices/guías	Factor de emisión
1A1a. Centrales eléctricas	Gas de relleno sanitario	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IPCC 2006	D (IPCC 2006)
		NO _x , CO, COVNM, SO _x	EPA AP42	D (EPA)
1A1b. Refino de petróleo	Gas de refinería	CO ₂ , N ₂ O	IPCC 2006	D (IPCC 2006)
		CH ₄ , NO _x , CO, COVNM, SO _x	IPCC 1996	D (IPCC 1996)
1A1c. Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	Leña	CO ₂ , N ₂ O	IPCC 2006	D (IPCC 2006)
		CH ₄ , NO _x , CO, COVNM, SO _x	IPCC 1996	D (IPCC 1996)
1A3b. Transporte por carretera	Gasolinas	CO ₂	IPCC 2006	D (IPCC 2006)
		CH ₄ , N ₂ O	IPCC 2006	D (IPCC 2006)
		NO _x , CO, COVNM	IPCC 1996	D (IPCC 1996)
		SO _x	IPCC 1996	CS
1A (Enfoque sectorial)	Productos petrolíferos (exc. gasolina de automoción) y residuos industriales	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IPCC 2006	D (IPCC 2006)
		NO _x , CO, COVNM	IPCC 1996	D (IPCC 1996)
		SO _x	IPCC 1996	CS
1A (Enfoque sectorial)	Otros combustibles	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	IPCC 2006	D (IPCC 2006)
		NO _x , CO, COVNM	IPCC 1996	D (IPCC 1996)
		SO _x	IPCC 1996	D (IPCC 1996)

Legenda: CS = Específico del país; D = Por defecto; NA = No aplicable (emisiones no estimadas o fuente emisora no ocurre); EPA = EPA AP42 (Capítulo 2.4. Ediciones 1998 y preliminar 2008)

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

Método de referencia

El enfoque de referencia consiste en estimar las emisiones de CO₂ a partir del carbono que está contenido en los combustibles disponibles en el país. De este modo, a las cantidades de combustible estimadas de consumo aparente se les aplica los contenidos de carbono y factores de oxidación para obtener las emisiones agregadas de CO₂.

El consumo aparente se estima de distinta manera según sea el tipo de combustible. En el caso de los

combustibles primarios, se suman la producción y las importaciones, y se restan las exportaciones, los cambios de las existencias y el combustible destinado al transporte marítimo y aéreo internacional (búnkeres). Para los combustibles secundarios, no se tiene en cuenta la producción.

En el caso de El Salvador, la información de los consumos aparentes se ha recogido esencialmente de los balances energéticos del CNE y en su defecto por los balances energéticos construidos para los INGEI anteriores. Es

importante mencionar que en la estimación no se incluye a los combustibles utilizados como materia prima en la fabricación de productos o en actividades donde no ocurre la oxidación de carbono.

La Tabla 17 presenta los cálculos considerados para obtener la estimación a través del enfoque de referencia para el año 2014, utilizando información del balance energético 2014 y del coprocesamiento de residuos en el sector cemento (HOLCIM).

Tabla 17

Estimación de emisiones del sector energía a través del enfoque de referencia

TIPOS DE COMBUSTIBLES			Unid.	Producción	Importación	Exportación	Bunkers	Variaciones de existencias	Consumo aparente	Factor conversión (TJ/Unidad)	PCI/PCS	Consumo aparente (TJ)	Factor de carbono (t C/TJ)	Carbono contenido (t C)	Carbono almacenado (t C)	Carbono neto (t C)	Fracción de carbono almacenado	Emisiones de CO ₂ (t CO ₂)	
Fósiles líquidos	Primarios	Crudo de petróleo	TJ	NO	NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NA	NO	
		Orimulsión	TJ	NO	NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NA	NO	
		Gas natural licuado	TJ	NO	NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NA	NO	
	Secundarios	Gasolina para motores	TJ		21 033	2	NO	NO	NO	21 031	1.00	PCI	21 031	18.9 0	397 486	NO	397 486	1.00	1 457 448
		Gasolina para la aviación	TJ		24	5	NO	NO	NO	19	1.00	PCI	19	19.1 0	363	NO	363	1.00	1 331
		Keroseno para motor a reacción	TJ		6 696	3	6 692	NO	NO	1	1.00	PCI	1	19.5 0	20	NO	20	1.00	72
		Otro queroseno	TJ		41	NO		NO	NO	41	1.00	PCI	41	19.6 0	804	NO	804	1.00	2 947
		Gas/Diesel Oil	TJ		24 129	489	NO	NO	NO	23 640	1.00	PCI	23 640	20.2 0	477 528	NO	477 528	1.00	1 750 936
		Fuelóleo residual	TJ		23 632	NO	NO	NO	NO	23 632	1.00	PCI	23 632	21.1 0	498 635	NO	498 635	1.00	1 828 329
		Gases licuados de petróleo	TJ		12 883	290		NO	NO	12 593	1.00	PCI	12 593	17.2 0	216 600	NO	216 600	1.00	794 199

		Etano	TJ		NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO		
		Nafta	TJ		NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO		
		Bitumen	TJ		1 009	24		NO	985	1.00	PCI	985	22.0 0	216 670	21 670	NO	NA	NO		
		Lubricantes	TJ		NO	NO	NO	NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO		
		Coque de petróleo	TJ		NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO		
		Alimentos a procesos de refinerías	TJ		NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO		
		Otros productos del petróleo	TJ		NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO		
Otros fósiles líquidos												NO		NO	NO	NO		NO		
		Otros fósiles líquidos no especificados	TJ	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NA	NO	
Total fósiles líquidos												81 942		1 613 105	21 670	1 591 435		5 835 261		
Fósiles sólidos	Primarios	Antracita	TJ	NO	NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NA	NO	
		Carbón de coque	TJ	NO	NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO	NA	NO
		Otro carbón bituminoso	TJ	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO	NA	NO
		Carbón sub-bituminoso	TJ	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO	NA	NO
		Lignito	TJ	NO	NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO	NA	NO

		Esquisto bituminoso y alquitrán	TJ	NO	NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO	
	Secundarios	Briquetas de carbón de lignito	TJ		NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO	
		Coque de horno de coque y coque de lignito	TJ		NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO	
		Coque de gas	TJ		NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO	
		Otros fósiles sólidos											NO		NO	NO	NO		NO
		Carbón coquizable (distinto de alquitranes y aceites de carbón)	TJ	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		Otros fósiles sólidos no especificados	TJ	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1.00	PCI		NA	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		Total fósiles sólidos										NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Fósiles gaseoso	Gas Natural	TJ	NO	NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		Otros fósiles gaseosos										NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO
		Otros fósiles gaseosos no especificados	TJ	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		Total fósiles gaseosos										201		NO	NO	NO			NO
		Residuos (fracción no biogénica)	TJ	20 0.7 3	NO	NO	NO	NO	200.7 3	1.00	PCI	201	25.5 0	5 118	NO	5 118	1.00	18 765	

Otros combustibles fósiles											NO		5 118	NO	5 118		18 765	
Turba		TJ	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	NA	NO	
Total											82 143		1 618 222	21 670	1 596 552		5 854 408	
Biomasa											17 675		518 762	NO	518 762		1 902 127	
		Biocombustibles sólidos	TJ	17 22 5	NO	NO		NO	17 225	1.00	PCI	17 225	29.7 0	511 558	NO	511 558	1.00	1 875 712
		Biocombustibles líquidos	TJ	NO	NO	NO		NO	NO	1.00	PCI	NO	NA	NO	NO	NO	1.00	NO
		Biomasa gaseosa	TJ	40 9	NO	NO		NO	409	1.00	PCI	409	14.9 0	6 094	NO	6 094	1.00	22 345
		Otros combustibles no fósiles	TJ	40. 67	NO	NO		NO	40.67	1.00	PCI	41	27.3 0	1 110	NO	1 110	1.00	4 071

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA



Comparación de los métodos sectorial y de referencia

Las estimaciones de las emisiones de CO₂ en el sector de la energía fueron realizadas tanto por el método sectorial como por el método de referencia, como se ha visto con anterioridad. Si se comparan los resultados obtenidos por los dos métodos (Tabla 18), se concluye que para los años 2000, 2005 y 2013-2015 las diferencias son inferiores a 1,5 % en términos de energía y de 2 % en términos de emisiones. No obstante, las diferencias para los años 2010-2012 son mayores,

las cuales están justificadas, principalmente, por las discrepancias de energía en las entradas y salidas de productos en la refinería que están siendo reportadas en los balances del Consejo Nacional de Energía (CNE).

Combustibles del transporte internacional aéreo y marítimo

Las emisiones del tráfico aéreo y marítimo internacional estimadas solo tienen un carácter informativo, ya que no están contabilizadas dentro de los totales nacionales.

En cuanto a los combustibles utilizados, el inventario actual ha asignado consumos de queroseno tipo jet fuel a la aviación internacional para todos los años, y de diésel/gasóleo para la navegación internacional en los años 2000 y 2005.

Para la estimación de las emisiones se han utilizado los factores de emisión por defecto de las Directrices de Ipcc 2006 de nivel 1, tanto para los GEI directos y los óxidos de nitrógeno (NO_x) en aviación, como para las emisiones de GEI directos en navegación. Para el resto de los gases, se

Tabla 18

Emisiones de CO₂ (2000-2015). Comparativa del enfoque de referencia y sectorial

Año	Energía RA (*) (TJ)	Energía SA (TJ)	Diferencia energía RA versus SA (% SA)	Emisiones CO ₂ RA (kt CO ₂)	Emisiones CO ₂ SA (kt CO ₂)	Diferencia emisiones CO ₂ RA versus SA (% SA)
2000	70.221,32	70.719,36	-0,70	5.051,07	5.150,92	-1,94
2005	78.457,91	77.689,35	0,99	5.647,64	5.634,70	0,23
2010	75.661,65	79.556,37	-4,90	5.400,11	5.731,07	-5,77
2011	54.132,57	60.311,97	-10,25	3.900,43	4.383,47	-11,02
2012	83.086,74	88.827,98	-6,46	5.986,49	6.474,54	-7,54
2013	79.443,46	80.101,46	-0,82	5.749,06	5.790,18	-0,71
2014	81.157,73	81.795,73	-0,78	5.854,03	5.896,27	-0,72
2015	88.028,31	89.343,31	-1,47	6.349,82	6.432,47	-1,29

Leyenda: SA = Enfoque sectorial; RA = Enfoque de referencia

Nota: (*) Energía excluido el uso no energético y *feedstock*

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA, a partir de Balance Energético CNE 2014, información de coprocesamiento de residuos en el sector del cemento (Holcim El Salvador) y características de la flota vehicular de gasolina (VMT)

utilizaron los factores de emisión por defecto de las Directrices Ipcc 1996 de nivel 1.

La Tabla 19 muestra las emisiones estimadas para los búnkeres internacionales en el periodo 2000-2015.

Procesos industriales y uso de productos (IPPU)

En la serie temporal 1990-2016, aproximadamente el 25 % del PIB total nacional corresponde a las actividades

económicas de la industria manufacturera y la construcción. Los componentes que engloba la industria manufacturera se detallan en la Tabla 20.

En la composición de la industria nacional predomina la industria agroalimentaria con un 39,11 %, seguida de la industria textil (12,5 %) y de la química base y elaborados (10,55 %). Sin embargo, no hay una relación entre la contribución del PIB de la industria con las emisiones que producen. De hecho, las actividades de producción de minerales no metálicos representan el 4,02 % del PIB, pero la actividad de producción de cemento, cal y otras

industrias son las principales emisoras en el sector IPPU por la cantidad de carbonatos que consumen en su producción.

La principal empresa productora de cemento en el país produjo un millón de toneladas en 2014. No obstante, es complejo proporcionar las cifras de producción de cal y de consumo de cal y dolomita, por la atomización de la producción. En El Salvador, la producción de cal se realiza de manera artesanal, y se estima que en 2014 se produjeron 17.000 toneladas. El consumo de cal y dolomita refleja unas cifras estimadas de 20.000 toneladas.

Tabla 19

Emisiones estimadas para los búnkeres internacionales. Años 2000-2015

Año	CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	SO _x (kt)	NO _x (kt)	CovNM (kt)	CO (kt)
2000	289,01	0,0026	0,01	4,20	1,49	0,26	0,75
2005	278,91	0,0017	0,01	2,89	1,28	0,23	0,61
2010	349,30	0,003	0,01	0,68	1,22	0,24	0,49
2011	272,24	0,003	0,01	0,53	0,95	0,19	0,38
2012	262,94	0,003	0,01	0,51	0,92	0,18	0,37
2013	458,74	0,003	0,01	0,89	1,60	0,32	0,64
2014	478,48	0,003	0,01	0,93	1,67	0,33	0,67
2015	476,40	0,003	0,01	0,93	1,67	0,33	0,67

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

Tabla 20*Composición de la industria manufacturera en El Salvador para el año 2014*

Actividad (componente PIB)	Millones de USD\$	Contribución al total del PIB de la industria manufacturera (%)
3.1 Carne y sus productos	39,97	1,78
3.2 Productos lácteos	62,59	2,78
3.3 Productos elaborados de la pesca	0,37	0,02
3.4 Productos de molinería y panadería	222,77	9,89
3.5 Azúcar	189,23	8,40
3.6 Otros productos alimenticios elaborados	182,47	8,10
3.7 Bebidas	183,31	8,14
3.8 Tabaco elaborado	0	0,00
3.9 Textiles y artículos confeccionados de materiales textiles (excepto prendas de vestir)	142,23	6,32
3.10 Prendas de vestir	45,84	2,04
3.11 Cuero y sus productos	93,33	4,14
3.12 Madera y sus productos	28,27	1,26
3.13 Papel, cartón y sus productos	77,95	3,46
3.14 Productos de la imprenta y de industrias conexas	130,19	5,78
3.15 Química de base y elaborados	237,5	10,55
3.16 Productos de la refinación de petróleo	38,46	1,71
3.17 Productos de caucho y plástico	62,13	2,76
3.18 Productos minerales no metálicos elaborados	90,43	4,02
3.19 Productos metálicos de base y elaborados	106,54	4,73
3.20 Maquinaria, equipos y suministros	60,63	2,69
3.21 Material de transporte y manufacturas diversas	84,71	3,76
3.22 Servicios industriales de maquila	172,81	7,67

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA



Fuentes de información

La información que se ha requerido para estimar las emisiones en el sector industrial, sus fuentes de información y la categoría correspondiente se muestran en la Tabla 21.

Emisiones

El sector de procesos industriales y uso de productos (IPPU) contabiliza las emisiones de GEI que están relacionadas con la materia prima utilizada en los procesos industriales. En El Salvador, acorde a las Directrices IPCC 2006, las categorías emisoras del sector IPPU son: 2A Industria mineral (producción de cemento, producción de cal y consumo de caliza y dolomita), 2D Uso de productos no energéticos (consumo de asfaltos y de disolventes), 2F Uso de productos como sustitutos de gases que agotan la capa de ozono (consumo de gases fluorados) y 2H Otros (producción de la industria agroalimentaria).

Además, las actividades más emisoras en El Salvador en el sector IPPU son las de producción de cemento y de cal, y otras industrias que consumen carbonatos en sus procesos de producción.

En el 2014, las emisiones de GEI totales del sector IPPU fueron 461,6 kt CO₂ eq. La categoría Industria de los minerales es la que más contribuye a las emisiones, con 376,3 kt CO₂ eq (81,5 %); seguida de la categoría Uso de productos sustitutos de gases que agotan la capa de ozono, con 85,3 kt CO₂ eq (18,5 %), como se ve en la Figura 28. En general, las emisiones del sector están dominadas fuertemente por la producción de cemento. Esto obedece a la evolución de la producción nacional

Tabla 21

Fuentes de información en el cálculo de emisiones del sector industrial. Año 2014

Categoría	Tipo de información	Fuente
2A1	Producción de cemento	MARN, procedente de HOLCIM
2A1	Consumo aparente de cemento	BCR
2A1	Importaciones/exportaciones de clínker	Sistema Integrado de Comercio Exterior
2A2	Producción de cal	
2A4	Importación de dolomita cruda	Sistema Integrado de Comercio Exterior
2D3	Población	DIGESTYC
2D3	Consumos no energéticos	MINEC
2F	Importaciones HFC	MINEC
2H2	Producción de café tostado	Consejo Salvadoreño del Café
2H2	Producción de azúcar	MARN

Fuente: Marn (2017). INGEI

de clínker, seguida de un aporte considerablemente menor resultante de la producción de cal.

Las actividades de consumo de productos son las otras grandes actividades emisoras del sector IPPU en El Salvador. Los gases fluorados, que tienen un alto potencial de calentamiento global, se consumen en las actividades de refrigeración y aire acondicionado, en los equipos de extinción de incendios y en el uso de aerosoles y agentes espumantes. Además, las principales actividades emisoras de los compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM) son el consumo de productos energéticos empleados con finalidad no energética y el consumo de disolventes.

La categoría 2A1, producción de cemento, utiliza factores de emisión de CO₂ propios del país para la estimación de sus emisiones en el Ingei 2014. Estos factores se estimaron en el Ingei 2005, teniendo en cuenta la corrección para el polvo (CKD, por sus siglas en inglés). La información de base para realizar la estimación de las emisiones en esta categoría proviene de la empresa Holcim, la cual provee información de la producción nacional de cada tipo de cemento para los años 2012-2014.

Además, aplica la tasa de variación anual de cemento nacional consumido para la serie 1994-2004 con información proveniente del BCR, y también aplica el factor de emisión específico para toda la serie temporal 1994-2016 que se estimó

con información de la única empresa fabricante del país.

La categoría 2A2, producción de cal, utiliza factores de emisión por defecto que son extraídos de las Directrices Ippc 2006 (cuadro 2A, capítulo 2, volumen 3). Los factores no se han ajustado para considerar el polvo CKD y, por tanto, el nivel metodológico empleado es nivel 1.

Esta categoría ha utilizado la producción estimada en el inventario del año 2000 con la recabada para el año 2014 para obtener una serie temporal hasta el año 2014.

La categoría 2A4, otros usos de carbonatos, utiliza factores de emisión por defecto para caliza y dolomita de las Directrices del Ippc 2006 (cuadro 2,1, capítulo 2, volumen 3). Esta categoría utiliza la información de consumo del inventario del año 2000 y con los datos de importaciones provenientes del Sistema Integrado de Comercio Exterior (Sicex), se consiguen los datos para la serie temporal 1994-2015.

La categoría 2D3, productos no energéticos de los combustibles y uso de solventes, incluye el consumo de asfaltos y de solventes. El consumo no energético de asfaltos estima las emisiones de Covnm de cada producto petrolífero, utilizando factores de emisión que están disponibles en las guías Emep/EEA 2016, los cuales se basan en

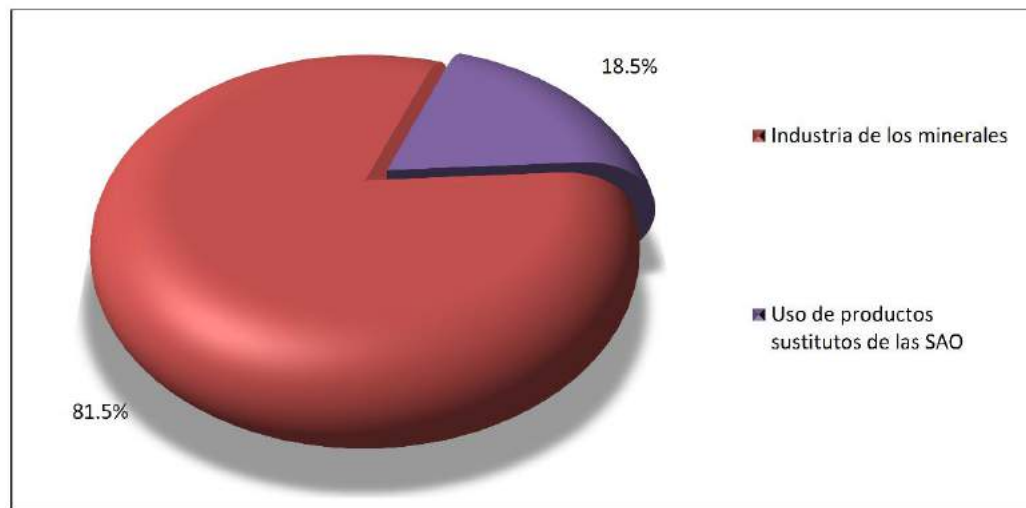


Figura 28. Emisiones totales de GEI del sector Ippu (kt CO2 eq) por categoría, año 2014

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA, 2018

información primaria de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (Usepa). Para el consumo de solventes se han utilizado los factores de emisión per cápita disponibles en la bibliografía (Manual México, Volumen V; Inventario El Salvador, criterio 2009), así como la serie de población nacional para estimar las emisiones de Covnm de las actividades emisoras.

La categoría 2F, uso de productos sustitutos de sustancias que agotan la capa de ozono (consumo de gases fluorados), utiliza un factor de emisión por defecto basado en el juicio de experto proporcionado por el Marn, para estimar las emisiones de HFC.



Tabla 22

Emisiones de GEI en el sector IPPU. Año 2014

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂ neto (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
2.	Procesos industriales y uso de productos	376,3	NE, NO	NE, NO	85,3	NA, NE, NO	NE, NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	68,1	NA, NE, NO
2.A.	Industria de los minerales	376,3						NA, NO	NA, NO	NA, NO	NA, NO
2.A.1.	Producción de cemento	354,1						NA	NA	NA	NA
2.A.2.	Producción de cal	12,8						NA	NA	NA	NA
2.A.3.	Producción de vidrio	NO						NO			NO
2.A.4.	Otros usos de carbonatos en los procesos	9,4						NA	NA	NA	NA
2.B.	Industria química	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2.B.1.	Producción de amoníaco	NO						NO	NO	NO	NO
2.B.2.	Producción de ácido nítrico			NO				NO	NO	NO	
2.B.3.	Producción de ácido adípico	NO		NO				NO			
2.B.4.	Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico	NO		NO				NO	NO	NO	NO
2.B.5.	Producción de carburo	NO	NO					NO	NO	NO	NO
2.B.6.	Producción de dióxido de titanio	NO						NO	NO	NO	NO
2.B.7.	Producción de ceniza de sosa	NO						NO	NO	NO	NO
2.B.8.	Producción petroquímica y de negro de humo	NO	NO					NO	NO	NO	NO
2.B.9.	Producción fluorquímica			NO				0,0	0,0	0,0	0,0
2.B.10.	Otros	NO	NO	NO				NO	NO	NO	NO
2.C.	Industria de los metales	NE, NO	NE, NO			NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO	NE, NO
2.C.1.	Producción de hierro y acero	NE	NE					NE	NE	NE	NE
2.C.2.	Producción de ferroaleaciones	NO	NO					NO	NO	NO	NO
2.C.3.	Producción de aluminio	NO				NO		NO	NO	NO	NO
2.C.4.	Producción de magnesio	NO					NO	NO	NO	NO	NO
2.C.5.	Producción de plomo	NO									NO

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂ neto (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
2.C.6.	Producción de cinc	NO									NO
2.C.7.	Otros							NO	NO	NO	NO
2.D.	Productos no energéticos de combustibles y uso de solventes	NA, NE								58,4	
2.D.1.	Uso de lubricantes	NE								NE	
2.D.2.	Uso de la cera de parafina	NA								NA	
2.D.3.	Uso de solventes									58,4	
2.E.	Industria electrónica				NE, NO	NE, NO	NE, NO				
2.E.1.	Circuitos integrados o semiconductores				NE	NE	NE				
2.E.2.	Pantalla plana tipo TFT					NO	NO				
2.E.3.	Células fotovoltaicas					NO					
2.E.4.	Fluidos de transferencia térmica					NO					
2.E.5.	Otros				NO	NO	NO				
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO				85,3	NE, NO					
2.F.1.	Refrigeración y aire acondicionado				IE						
2.F.2.	Agentes espumantes				IE						
2.F.3.	Protección contra incendios				IE	NE					
2.F.4.	Aerosoles				IE						
2.F.5.	Solventes				IE	NO					
2.F.6.	Otras aplicaciones				IE	NO					
2.G.	Manufactura y utilización de otros productos			NE		NA, NO	NA, NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO	NA, NE, NO
2.G.1.	Equipos eléctricos					NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.G.2.	SF ₆ y PFC de otros usos de productos					NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.G.3.	N ₂ O de usos de productos			NE				NE	NE	NE	NE
2.G.4.	Otros							NO	NO	NO	NO

Código	Categorías de fuente y sumidero de gases de efecto invernadero	CO ₂ neto (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	HFC (kt CO ₂ eq)	PFC (kt CO ₂ eq)	SF ₆ (kt CO ₂ eq)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)	SO ₂ (kt)
2.H.	Otros							NA	NA	9,7	NA
2.H.1.	Industria de la pulpa y el papel							NA	NA	NA	NA
2.H.2.	Industria de la alimentación y las bebidas							NA	NA	NA	NA
2.H.3.	Otros							NA	NA	9,7	NA

IE = Incluida en otro lugar; NA = No aplica; NE = No estimada; NO = No ocurre
Fuente: Marn (2017). INGEI

La categoría 2H, donde se estiman las emisiones de la industria agroalimentaria, utiliza factores de emisión que son proporcionados por las guías Emep/EEA 2016 para estimar las emisiones de Covnm. En esta categoría, se han obtenido datos de una serie temporal, aplicando los valores del PIB al que pertenece cada industria.

Sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (Afolu)

Este sector incluye las emisiones y absorciones de GEI de las tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras. También incluye las emisiones por la gestión de ganado vivo y de estiércol, las emisiones de los suelos gestionados y las emisiones de las aplicaciones de piedra caliza y de urea. Específicamente implica estimar:

- ✓ Emisiones y absorciones de CO₂ que resultan de las variaciones de las reservas de carbono en la biomasa, materia orgánica muerta

(MOM), materia orgánica del suelo (MOS) de suelos orgánicos y minerales, y productos de madera recolectada (PMR) para todas las tierras gestionadas

- ✓ CO₂ procedente de los suelos orgánicos cultivados
- ✓ Emisiones distintas del CO₂ provenientes de incendios en toda la tierra gestionada;
- ✓ Emisiones de CH₄ procedentes del cultivo del arroz
- ✓ Emisiones de N₂O de todos los suelos gestionados
- ✓ Emisiones de CO₂ asociadas con la aplicación de cal y urea a los suelos gestionados
- ✓ Emisiones de CH₄ que provienen de la fermentación entérica del ganado
- ✓ Emisiones de CH₄ y N₂O procedentes de los sistemas de gestión del estiércol

Fuentes de información

La información requerida para realizar la estimación de las emisiones del sector AFOLU proviene de fuentes oficiales, pero se ha

empleado otro tipo de fuentes de carácter público con el objetivo de completar la información.

Los sistemas de información que contiene datos útiles para el diseño del Ingei en el sector Afolu son casi inexistentes. El sector forestal carece de datos recientes de los bosques en cuanto a biomasa, dinámica, estructura o composición. Además, sería interesante obtener información sobre la cosecha de la leña.

Una de las principales fuentes de información de las actividades agropecuarias fue el censo agropecuario de 2007. Por otro lado, la información correspondiente a la silvicultura y otros usos de la tierra es dispersa y a menudo ha presentado información incompleta.

No obstante, la mejor información para este ámbito provenía de los mapas basados en imágenes satelitales (Landsat y RapidEye).

Emisiones

Este sector incluye tanto las emisiones y absorciones de GEI de las tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras como las emisiones por la gestión de ganado vivo y de estiércol, las emisiones de los suelos gestionados y las emisiones de las aplicaciones de piedra caliza y de urea.

Las emisiones de los GEI directos en el sector AFOLU fueron de 9.525,1 kt de CO₂ neto, 67,7 kt de CH₄ y 1,9 kt de N₂O. Por otro lado, las emisiones de los gases precursores fueron de 2,3 kt de NO_x y 87,6 kt de CO.

En el 2014, el balance de las emisiones y absorciones de GEI del sector Afolu fue de 11.793,6 kt CO₂ eq. La categoría más relevante son las tierras, con 9.518,5 kt CO₂ eq (80,7 %); seguida de la ganadería, con 1.782,3 kt CO₂ eq (15,1 %); y, por último, de la categoría de fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra, con 492,8 kt CO₂ eq (4,2 %), como se visualiza en la Figura 29.

En general, las emisiones y absorciones del sector están fuertemente dominadas por los usos de las tierras, especialmente por las tierras forestales; además, destacan las emisiones producto de los animales de crianza.

La Tabla 23 muestra los resultados de las estimaciones de los GEI en el sector Afolu en 2014 en El Salvador por categoría, subcategoría y fuente.

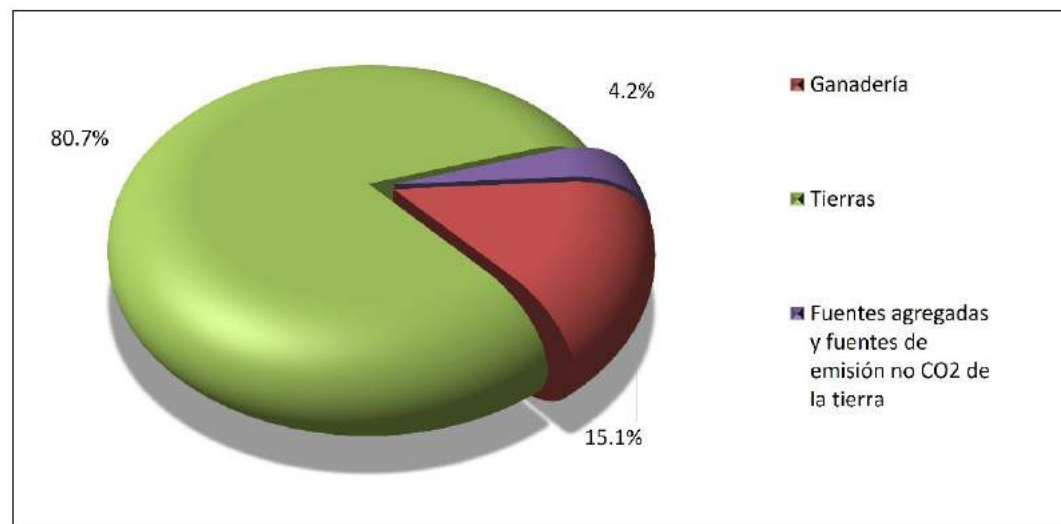


Figura 29. Emisiones totales de GEI del sector Afolu (kt CO₂ eq) por categoría, año 2014

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA



Tabla 23*Emisiones y absorciones de GEI en el sector AfOLU. Año 2014*

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ neto (kt)	Emisiones CO ₂ (kt)	Absorciones CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)
3.	Agricultura. silvicultura y otros usos de la tierra	9.525,1	14.511,0	-4.985,9	67,7	1,9	2,3	87,6	NA, NE
3.A.	Ganadería				64,2	0,6			NE
3.A.1.	Fermentación entérica				62,5				
3.A.1.a.	Ganado vacuno				60,1				
3.A.1.b.	Búfalos				NO				
3.A.1.c.	Ovinos				0,0				
3.A.1.d.	Caprinos				0,1				
3.A.1.e.	Camélidos				NO				
3.A.1.f.	Equinos				1,8				
3.A.1.g.	Mulas y asnos				0,3				
3.A.1.h.	Porcinos				0,2				
3.A.1.j.	Otras especies				NE				
3.A.2.	Gestión del estiércol				1,7	0,6			NE
3.A.2.a.	Ganado vacuno				1,0	0,4			NE
3.A.2.b.	Búfalos				NO	NO			NE
3.A.2.c.	Ovinos				0,0	NO			NE
3.A.2.d.	Caprinos				0,0	NO			NE
3.A.2.e.	Camélidos				NO	NO			NE
3.A.2.f.	Equinos				0,2	NO			NE
3.A.2.g.	Mulas y asnos				0,0	NO			NE
3.A.2.h.	Porcinos				0,2	0,1			NE
3.A.2.i.	Aves de corral				0,3	0,1			NE

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ neto (kt)	Emisiones CO ₂ (kt)	Absorciones CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)
3.A.2.j.	Otras especies				NO	NO			NE
3.B.	Tierras	9.518,5	14.504,4	-4.985,9					
3.B.1.	Tierras forestales	3.775,4	7.540,5	-3.765,2					
3.B.1.a.	Tierras forestales que permanecen como tales	5.558,7	7.529,1	-1.970,3					
3.B.1.b.	Tierras convertidas en tierras forestales	-1.783,3	11,5	-1.794,8					
3.B.2.	Tierras de cultivo	1.754,1	1.754,1	NE					
3.B.2.a.	Tierras de cultivo que permanecen como tales	NE	NE	NE					
3.B.2.b.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	1.754,1	1.754,1	NE					
3.B.3.	Pastizales	3.446,5	4.667,3	-1.220,7					
3.B.3.a.	Pastizales que permanecen como tales	NE	NE	NE					
3.B.3.b.	Tierras convertidas en pastizales	3.446,5	4.667,3	-1.220,7					
3.B.4.	Humedales	NE	NE	NE					
3.B.4.a.	Humedales que permanecen como tales	NE	NE	NE					
3.B.4.b.	Tierras convertidas en humedales	NE	NE	NE					
3.B.5.	Asentamientos	319,3	319,3	NE					
3.B.5.a.	Asentamientos que permanecen como tales	NE	NE	NE					
3.B.5.b.	Tierras convertidas en asentamientos	319,3	319,3	NE					
3.B.6.	Otras tierras	223,2	223,2	NE					
3.B.6.a.	Otras tierras que permanecen como tales	NE	NE	NE					
3.B.6.b.	Tierras convertidas en otras tierras	223,2	223,2	NE					
3.C.	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra	6,6	6,6		3,5	1,3	2,3	87,6	NA NE
3.C.1.	Emisiones no CO ₂ por quema de biomasa				3,0	0,1	2,3	87,6	
3.C.1.a.	Emisiones no CO ₂ por quema de biomasa en tierras forestales				0,7	0,0	0,2	10,6	

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ neto (kt)	Emisiones CO ₂ (kt)	Absorciones CO ₂ (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	COVDM (kt)
3.C.1.b.	Emisiones no CO ₂ por quema de biomasa en tierras de cultivo				2,3	0,1	2,1	77,0	
3.C.1.c.	Emisiones no CO ₂ por quema de biomasa en pastizales				NE	NE	NE	NE	
3.C.1.d.	Emisiones no CO ₂ por quema de biomasa en otras tierras				NE	NE	NE	NE	
3.C.2.	Encalado	NE	NE						
3.C.3.	Aplicación de urea	6,6	6,6						
3.C.4.	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados					0,9	NA. NE		NA NE
3.C.4.a.	Fertilizante sintético					0,0	NE		NE
3.C.4.b.	Estiércol animal, compost, lodos y otros					NA	NA		NA
3.C.4.c.	Residuos de cosechas					0,1	NE		NE
3.C.4.d.	Orina y estiércol depositado en pastizales. prados y praderas					0,8	NE		NE
3.C.5.	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados					0,2			
3.C.5.a.	N volatilizado					0,1			
3.C.5.b.	N lixiviado					0,1			
3.C.6.	Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol					0,1	NE		NE
3.C.6.a.	N volatilizado					0,1			
3.C.6.b.	N lixiviado					NE			
3.C.7.	Cultivo del arroz				0,5		NE		NE
3.D.	Otros	NA. NE	NA. NE	NA. NE					
3.D.1.	Productos de madera recolectada	NE	NE	NE					
3.D.2.	Otros	NA							

IE = Incluida en otro lugar; NA = No aplica; NE = No estimada; NO = No ocurre

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

Cabe destacar que el gas con mayor relevancia en las emisiones de GEI en El Salvador es el CO₂ neto, con una participación de 80,0 %, seguido a gran distancia por el CH₄ (14,9 %) y el N₂O (5,1 %). Así, la categoría con mayor aportación en las emisiones de GEI en el sector AFOLU es la categoría Tierras, con un 80,7 %.

En la categoría 3A, de ganadería, la subcategoría más importante es la fermentación entérica con un 87,6 %. En cuanto a especie animal, tiene mayor relevancia el ganado vacuno, que proporciona el 96,3 % de las emisiones GEI en la fermentación entérica.

En la categoría 3B, de tierras, las emisiones de CO₂ de las tierras forestales son las que tienen más relevancia con un 52 %, seguida de los pastizales con un 32,2 %. Respecto a las absorciones de CO₂, las tierras forestales son las que tienen un resultado mayor, con un 75,5 %. El tipo de vegetación más importante, en términos de balance entre emisiones y absorciones de CO₂ en las tierras forestales, son los bosques secundarios (48 %), seguidos del café (45,4 %).

En la categoría 3C, de Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra, la subcategoría emisiones directas de N₂O de suelos gestionados es la que tiene mayor significancia en esta categoría, con un 56,6 %, seguida de las emisiones no CO₂ por quema de biomasa con un 19,7 %.

La metodología utilizada para la estimación de las emisiones en el sector AFOLU es el nivel 1 para todas las categorías, utilizando factores de

emisión por defecto de las Directrices del IPCC 2006.

Residuos

La generación y tratamiento de residuos en El Salvador

Se han estimado las emisiones de GEI producidas por la eliminación de residuos sólidos, el tratamiento biológico de los residuos sólidos y el

tratamiento y eliminación de las aguas residuales. En El Salvador, las emisiones causadas por la incineración de residuos no se han calculado, ya que no hay constancia de la existencia de plantas incineradoras en el país. Para la incineración de residuos domésticos a cielo abierto, no se dispone de datos suficientes para estimar las emisiones. Además, no se tiene constancia de que las emisiones de esta práctica sean significativas en el país.

Tabla 24

Fuentes de información utilizadas en el cálculo de emisiones en el sector Residuos. Año 2014

Categoría	Tipo de información	Fuente
4A	Cantidad depositada en los vertederos entre los años 2011-2016	MARN
4A	Cantidad depositada en los vertederos en 2006	Segundo censo Nacional de desechos sólidos municipales
4A	Cantidad total de residuos sólidos municipales en 2006	Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos Municipales
4A	Composición de los residuos sólidos de origen doméstico en 2016	MARN
4A/4D	Población	DIGESTYC
4A	PIB	BCR/Banco Mundial
4A	Cantidad de metano recuperado en Nejapa 2006-2011	CMNUCC
4 ^a	Cantidad de metano recuperado en Nejapa 2013-2016	Nejapa
4A	Reciclaje de papel procesado en empresas locales	MARN
4A/4B	Capacidad de las 40 plantas de compostaje en toneladas/día en 2016	MARN
4A/4B	Producción de la compostera según departamento en 2006	Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos Municipales
4D	Población urbana y rural en los años 2006-2015	Boletines Estadísticos de ANDA y DIGESTYC
4D	Tipo de deposición de agua 2003-2015	Boletines Estadísticos de ANDA
4D	Tipo de tratamiento por segmento de población	Informes 2006-2016 EHPM de DIGESTYC
4D	Consumo de proteína per cápita	FAO

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

La eliminación de los residuos sólidos se realiza de forma controlada, disponiéndolos en rellenos sanitarios (vertederos controlados) o de forma no controlada, de donde se derivan los residuos a botaderos (vertederos no controlados). Cabe mencionar que a las emisiones totales producidas por estos residuos se debe descontar las cantidades que se recuperan en el relleno sanitario para aprovechamiento energético o que son quemadas en antorcha.

El tratamiento biológico de los residuos sólidos se realiza actualmente en las 40 plantas que hay en El Salvador.

Fuentes de información

La información que se ha necesitado en cada categoría para el cálculo de las emisiones del sector de residuos en el INGEI 2014 de El Salvador se ha obtenido a partir de las fuentes de información que se muestran en la Tabla 24.

Emisiones

El sector de residuos en El Salvador sigue la metodología de las Directrices IPCC 2006, donde se han estimado las categorías de eliminación de residuos sólidos (4A), tratamiento biológico de residuos sólidos (4B) y tratamiento y eliminación de aguas residuales (4D).

En el 2014, las emisiones de GEI totales del sector de residuos fueron de 1.871,2 kt CO₂ eq. La Figura 30 indica las categorías que contribuyen más a las

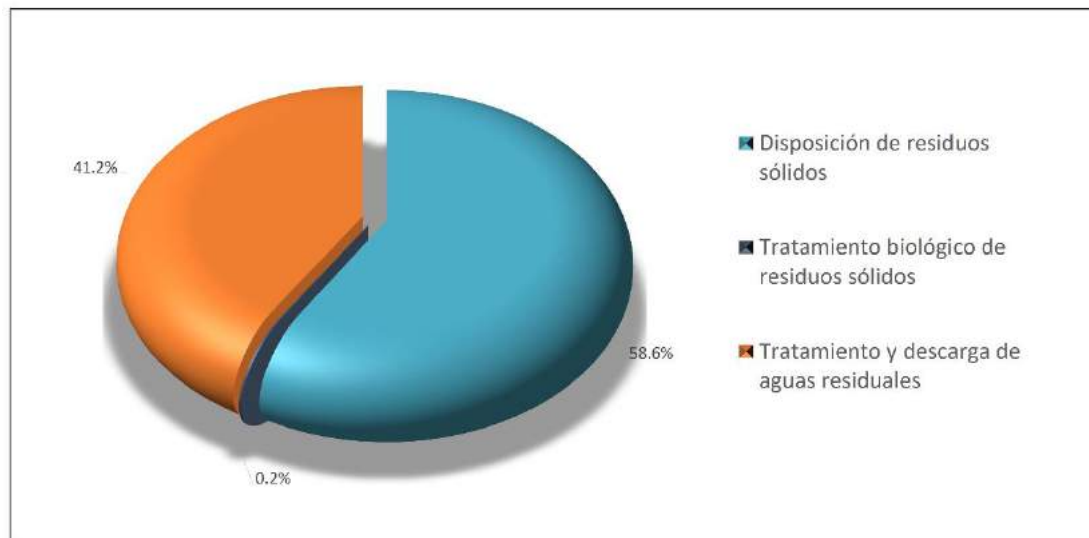


Figura 30. Emisiones totales de GEI del sector de residuos (kt CO₂ eq) por categoría. Año 2014
Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA, 2018

emisiones: la disposición de residuos sólidos, con 1.096,5 kt CO₂ eq (58,6 %); seguida de la categoría de tratamiento y descarga de aguas residuales, con 771,4 kt CO₂ eq (41,2 %); y, por último, con un aporte considerablemente menor, la categoría de tratamiento biológico de residuos sólidos, con 3,3 kt CO₂ eq (0,2 %).

En general, las emisiones del sector se encuentran dominadas por la disposición final de residuos sólidos municipales, lo que está relacionado de

forma directamente proporcional con el aumento de la población en el país.

En la Tabla 25, se presentan los resultados obtenidos de las emisiones en cada una de las categorías, subcategorías, fuentes y gases. Cabe mencionar que los gases precursores no fueron estimados debido a una falta de información o porque la actividad no ocurre en el país.

Tabla 25*Emisiones de GEI en el sector Residuos. Año 2014*

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	CO ₂ neto (kt)	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	NO _x (kt)	CO (kt)	CovDM (kt)	SO ₂ (kt)
4.	Residuos	NA, NE	71,0	0,3	NA, NE	NA, NE	NA, NE, NO	NA, NE
4.A.	Disposición de residuos sólidos		43,9				NE, NO	
4.A.1.	Sitios de disposición de residuos gestionados		IE				NE	
4.A.2.	Sitios de disposición de residuos no gestionados		IE				NE	
4.A.3.	Sitios de disposición de residuos no categorizados		NO				NO	
4.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos	NA	0,1	0,0			NE	
4.C.	Incineración y quema abierta de residuos	NE	NE	NE	NE	NE		NE
4.C.1.	Incineración de residuos	NE	NE	NE	NE	NE		NE
4.C.2.	Incineración abierta de residuos	NE	NE	NE	NE	NE		NE
4.D.	Tratamiento y descarga de aguas residuales		27,1	0,3			NE	NE
4.D.1.	Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas		22,2	0,3			NE	
4.D.2.	Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales		4,9				NE	NE
4.E.	Otros	NA			NA	NA	NA	NA

IE = Incluida en otro lugar; NA = No aplica; NE = No estimada; NO = No ocurre

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

Según los resultados obtenidos, la categoría con mayor relevancia en emisiones es la disposición de residuos sólidos con un porcentaje del 58,6 %; seguida por la categoría de tratamiento y descarga de aguas residuales, con un 41,2 %; y, por último, en menor proporción, la categoría de tratamiento biológico de residuos sólidos, con un 0,2 %.

Por otro lado, el GEI con mayor proporción en las emisiones totales del sector Residuos para el año 2014 es el CH₄, con una proporción del 94,9 %. El porcentaje restante pertenece al N₂O.

La metodología utilizada para la estimación de las emisiones en el sector Residuos es la contenida en las Directrices IPCC 2006, utilizando un método de nivel 1, por lo que se han empleado factores de emisión por defecto. De esta manera, la categoría 4A, eliminación de residuos sólidos, sigue el método de descomposición de primer orden (FOD) acorde al nivel 1 de las Directrices IPPC 2006.

La cantidad de residuos municipales generados en El Salvador se ha calculado a partir de la información obtenida sobre las cantidades de residuos que se depositan en los rellenos sanitarios para el periodo temporal 2011-2014

(proporcionada por el MARN), aplicando después la proporción anual de los residuos tratados de forma controlada. Respecto al total de residuos generados, los residuos totales depositados se obtuvieron con criterio de juicio de experto (Ing. Ismael Sánchez).

Por último, para obtener resultados para una serie temporal mayor, se utiliza la estimación total de sitios de eliminación final de desechos sólidos (SEDS), que es proporcionada en el segundo censo nacional de desechos, y también el valor de los residuos totales per cápita del año 2006 para la serie de población del país. Para hallar las emisiones

de los residuos sólidos industriales, se utiliza la información de los rellenos sanitarios desde 2011-2016, que fue proporcionada por el MARN, y se ha aplicado la tasa de generación por unidad de PIB para el año 2011.

La cantidad de residuos tratados biológicamente (categoría 4B), se ha obtenido a partir de la información de las 40 plantas de compostaje operativas en el año 2016, donde se ha asumido que la cantidad compostada es del 100%. Por otro lado, el Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos Municipales aporta información de los residuos compostados para el año 2006. De este modo, la serie temporal 2006-2016 se ha obtenido mediante una interpolación entre los años 2006-2016.

La categoría 5D, Eliminación y tratamiento de aguas residuales, estima la serie temporal de sus emisiones utilizando la información de la población nacional para la serie 1990-2016, a partir de los datos proporcionados por DIGESTYC, la información del tipo de tratamiento realizado a las aguas domésticas en 2007, 2010 y 2015 —según datos de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) —, y la cantidad total del agua industrial generada proporcionada por ANDA

2.5 Análisis de categorías clave y estimación de la incertidumbre

La Tabla 26 muestra, en color verde, el total de categorías clave que computan de forma agregada el 95 % del total de emisiones en el INGEI 2014 de El Salvador.

La categoría de mayor contribución en el inventario es la de *Tierras forestales que permanecen como tales* del sector AFOLU que representa el 23,2 % del total de las emisiones estimadas. La categoría de mayor contribución en el sector energía es la de *transporte terrestre* (11,7 %). En el sector de residuos es la *disposición de residuos sólidos* (4,6 %). Por último, en el sector IPPU, es la de *producción de cemento* (1,5 %).

Además, el análisis de categorías clave en los sectores de energía, IPPU y residuos (Tabla 27) se ha realizado para la contribución de las categorías a nivel del año base (año 2000) y para la contribución a la tendencia (2000-2014).



Tabla 26*Análisis de las categorías principales según el criterio de nivel. Año 2014*

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Estimación INGEI 2014 (kt CO ₂ eq)	Valor absoluto estimación INGEI 2014 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel (%)	Total acumulado (%)
3.B.1.a.	Tierras forestales que permanecen como tales	CO ₂	5.558,7	5.558,7	23,2	23,2
3.B.3.b.	Tierras convertidas en pastizales	CO ₂	3.446,5	3.446,5	14,4	37,6
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CO ₂	2.800,5	2.800,5	11,7	49,3
3.B.1.b.	Tierras convertidas en tierras forestales	CO ₂	-1.783,3	1.783,3	7,4	56,7
3.B.2.b.	Tierras convertidas en tierras de cultivo	CO ₂	1.754,1	1.754,1	7,3	64,0
1.A.1.a.	Producción de electricidad y calor como actividad principal	CO ₂	1.600,9	1.600,9	6,7	70,7
3.A.1.a.	Ganado vacuno	CH ₄	1.503,6	1.503,6	6,3	77,0
4.A.	Disposición de residuos sólidos	CH ₄	1.096,5	1.096,5	4,6	81,6
1.A.2.g.	Otros	CO ₂	851,8	851,8	3,6	85,1
1.A.4.b.	Residencial	CO ₂	569,8	569,8	2,4	87,5
4.D.1.	Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas	CH ₄	555,3	555,3	2,3	89,8
2.A.1.	Producción de cemento	CO ₂	354,1	354,1	1,5	91,3
3.B.5.b.	Tierras convertidas en asentamientos	CO ₂	319,3	319,3	1,3	92,6
3.C.4.d.	Orina y estiércol depositado en pastizales, prados y praderas	N ₂ O	245,8	245,8	1,0	93,7
3.B.6.b.	Tierras convertidas en otras tierras	CO ₂	223,2	223,2	0,9	94,6
1.B.2.d.	Otros	CO ₂	181,0	181,0	0,8	95,3
4.D.2.	Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales	CH ₄	122,3	122,3	0,5	95,8
3.A.2.a.	Ganado vacuno	N ₂ O	110,5	110,5	0,5	96,3
4.D.1.	Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas	N ₂ O	93,8	93,8	0,4	96,7
2.F.	Uso de productos sustitutos de las SAO	HFC	85,3	85,3	0,4	97,1
1.A.4.b.	Residencial	CH ₄	72,5	72,5	0,3	97,4
1.A.4.a.	Comercial/Institucional	CO ₂	71,9	71,9	0,3	97,7
3.C.1.b.	Emisiones no CO ₂ por quema de biomasa en Tierras de Cultivo	CH ₄	56,5	56,5	0,2	97,9
1.A.3.b.	Transporte terrestre	N ₂ O	55,8	55,8	0,2	98,1
3.A.1.f.	Equinos	CH ₄	44,1	44,1	0,2	98,3
3.A.2.i.	Aves de corral	N ₂ O	40,4	40,4	0,2	98,5
3.C.5.b.	N lixiviado	N ₂ O	37,5	37,5	0,2	98,6
3.C.6.a.	N volatilizado	N ₂ O	30,9	30,9	0,1	98,8
3.C.5.a.	N volatilizado	N ₂ O	27,8	27,8	0,1	98,9
3.A.2.a.	Ganado vacuno	CH ₄	26,1	26,1	0,1	99,0
3.A.2.h.	Porcinos	N ₂ O	25,8	25,8	0,1	99,1
3.C.4.c.	Residuos de cosechas	N ₂ O	22,8	22,8	0,1	99,2
3.C.1.b.	Emisiones no CO ₂ por quema de biomasa en Tierras de Cultivo	N ₂ O	17,5	17,5	0,1	99,3

Código	Categorías de fuente y sumidero de GEI	GEI	Estimación INGEI 2014 (kt CO ₂ eq)	Valor absoluto estimación INGEI 2014 (kt CO ₂ eq)	Evaluación de nivel (%)	Total acumulado (%)
3.C.1.a.	Emisiones no CO ₂ por quema de biomasa en Tierras forestales	CH ₄	17,3	17,3	0,1	99,3
1.A.1.c.	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	CH ₄	17,0	17,0	0,1	99,4
3.C.7.	Cultivo del arroz	CH ₄	13,7	13,7	0,1	99,5
2.A.2.	Producción de cal	CO ₂	12,8	12,8	0,1	99,5
1.A.4.b.	Residencial	N ₂ O	11,6	11,6	0,0	99,6
3.C.4.a.	Fertilizante sintético	N ₂ O	10,3	10,3	0,0	99,6
2.A.4.	Otros usos de carbonatos en los procesos	CO ₂	9,4	9,4	0,0	99,7
1.A.2.g.	Otros	N ₂ O	8,1	8,1	0,0	99,7
3.A.2.i.	Aves de corral	CH ₄	8,0	8,0	0,0	99,7
1.A.4.a.	Comercial/Institucional	CH ₄	6,9	6,9	0,0	99,7
3.A.1.g.	Mulas y asnos	CH ₄	6,8	6,8	0,0	99,8
3.C.3.	Aplicación de urea	CO ₂	6,6	6,6	0,0	99,8
3.C.1.a.	Emisiones no CO ₂ por quema de biomasa en Tierras forestales	N ₂ O	6,1	6,1	0,0	99,8
1.A.3.b.	Transporte terrestre	CH ₄	5,6	5,6	0,0	99,9
3.A.1.h.	Porcinos	CH ₄	4,9	4,9	0,0	99,9
3.A.2.h.	Porcinos	CH ₄	4,9	4,9	0,0	99,9
1.A.2.g.	Otros	CH ₄	4,8	4,8	0,0	99,9
3.A.2.f.	Equinos	CH ₄	4,0	4,0	0,0	99,9
1.A.1.a.	Producción de electricidad y calor como actividad principal	N ₂ O	3,7	3,7	0,0	99,9
1.A.1.c.	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	N ₂ O	2,7	2,7	0,0	100,0
3.A.1.d.	Caprinos	CH ₄	1,9	1,9	0,0	100,0
4.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos	CH ₄	1,7	1,7	0,0	100,0
1.A.1.a.	Producción de electricidad y calor como actividad principal	CH ₄	1,6	1,6	0,0	100,0
4.B.	Tratamiento biológico de residuos sólidos	N ₂ O	1,6	1,6	0,0	100,0
1.A.3.a.	Aviación civil	CO ₂	1,3	1,3	0,0	100,0
3.A.1.c.	Ovinos	CH ₄	0,7	0,7	0,0	100,0
1.A.4.a.	Comercial/institucional	N ₂ O	0,6	0,6	0,0	100,0
3.A.2.g.	Mulas y asnos	CH ₄	0,6	0,6	0,0	100,0
1.B.2.d.	Otros	CH ₄	0,4	0,4	0,0	100,0
3.A.2.d.	Caprinos	CH ₄	0,1	0,1	0,0	100,0
3.A.2.c.	Ovinos	CH ₄	0,0	0,0	0,0	100,0
1.A.3.a.	Aviación civil	N ₂ O	0,0	0,0	0,0	100,0
	TOTAL		20.394,9	23.961,6	100,0	

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

Tabla 27

Resumen de categorías clave identificadas para los sectores Energía, IPPU y Residuos en el INGEI 2014

Código IPCC	Categoría IPCC	Tipo de GEI	Criterios de identificación
1A3b	Transporte por carretera	CO ₂	Nivel 2014, nivel 2000, tendencia
1A1a	Centrales de servicio público de calor y electricidad	CO ₂	Nivel 2014, nivel 2000, tendencia
4ªA	Eliminación de residuos sólidos	CH ₄	Nivel 2014, nivel 2000, tendencia
1A2	Industrias de la manufactura y de la construcción	CO ₂	Nivel 2014, nivel 2000, tendencia
1A4b	Residencial	CO ₂	Nivel 2014, nivel 2000, tendencia
4D1	Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas	CH ₄	Nivel 2014, nivel 2000, tendencia
2A1	Producción de cemento	CO ₂	Nivel 2014, nivel 2000, tendencia
1B2d	Petróleo y gas natural y otras emisiones por producción de energía	CO ₂	Nivel 2014, nivel 2000, tendencia
4D2	Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales	CH ₄	Nivel 2014
4D1	Eliminación y tratamiento de aguas residuales domésticas	N ₂ O	Nivel 2014, nivel 2000, tendencia
1A4b	Residencial	CH ₄	Nivel año 2000,
2F	Uso de productos como sustitutos de gases que agotan la capa de ozono	HFC	Tendencia
1A3b	Transporte por carretera	N ₂ O	Tendencia
1A3a	Aviación nacional	N ₂ O	Tendencia

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

En cuanto al análisis de incertidumbre, se ha realizado una estimación cuantitativa para los sectores Energía, IPPU y Residuos (Tabla 28). Tras el análisis para estos sectores la incertidumbre

obtenida, en el año 2014, es de 25,07 y la incertidumbre de la tendencia es de 24,62.

Para el sector AFOLU (Tabla 29), se concluyó que las principales fuentes que generan incertidumbre

son los datos de actividad y la aplicación de factores por defecto que sugieren las Directrices IPCC de 2006.

Tabla 28*Estimación de la incertidumbre según categoría para los sectores Energía, IPPU y Residuos*

Categoría CRF	Descripción categoría	GEI	Emisiones 2000	Emisiones 2014	Incertidumbre VA	Incertidumbre FE	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza año t	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre Evolución FE	Incertidumbre Evolución VA	Incertidumbre Evolución Emisiones
1A1a	Centrales de servicio público de calor y electricidad	CO2	1 090	1 601	2	2	0.235	0.0019	0.050	0.208	0.106	0.440	0.205
1A1a	Centrales de servicio público de calor y electricidad	N2O	2.54	4	2	500	0.047	0.0000	0.000	0.000	0.057	0.001	0.003
1A1a	Centrales de servicio público de calor y electricidad	CH4	1.07	2	2	100	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000
1A1b	Refino de petróleo	CO2	24	0	2	100	0.000	0.0000	-0.004	0.000	-0.351	0.000	0.124
1A1b	Refino de petróleo	N2O	0.0126	0	2	100	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1A1b	Refino de petróleo	CH4	0.0105	0	2	100	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1A1c	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	CH4	8.705	17	20	100	0.041	0.0000	0.001	0.002	0.094	0.062	0.013
1A1c	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	N2O	1.383	3	20	500	0.025	0.0000	0.000	0.000	0.075	0.010	0.006
1A1c	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	CO2	0.000	0	20	0	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Categoría CRF	Descripción categoría	GEI	Emissiones 2000	Emissiones 2014	Incertidumbre VA	Incertidumbre FE	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza año t	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre Evolución FE	Incertidumbre Evolución VA	Incertidumbre Evolución Emisiones
1A2	Industrias de la manufactura y de la construcción	CO2	1 310	852	18	1	3.020	0.0894	-0.079	0.110	-0.104	2.734	7.484
1A2	Industrias de la manufactura y de la construcción	N2O	18.26	8	27	500	0.222	0.0000	-0.002	0.001	-0.796	0.041	0.636
1A2	Industrias de la manufactura y de la construcción	CH4	10.88	5	27	100	0.003	0.0000	-0.001	0.001	-0.095	0.024	0.010
1A3a(ii)	Aviación nacional	CO2	13	1	75	4	0.000	0.0000	-0.002	0.000	-0.007	0.018	0.000
1A3a(ii)	Aviación nacional	N2O	0.11	0.01	75	110	0.000	0.0000	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000
1A3a(ii)	Aviación nacional	CH4	0,00	0.00	75	79	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1A3b	Transporte por carretera	CO2	2 288	2 801	20	2	42.903	195.0958	0.032	0.363	0.070	10.272	105.518
1A3b	Transporte por carretera	N2O	43.59	56	20	133	0.761	0.0000	0.001	0.007	0.124	0.205	0.057
1A3b	Transporte por carretera	CH4	6.33	6	20	133	0.008	0.0000	0.000	0.001	-0.025	0.021	0.001
1A3c	Ferrocarril	CO2	2,34	0,00	75	79	0.000	0.0000	0.000	0.000	-0.027	0.000	0.001
1A3c	Ferrocarril	N2O	0,27	0,00	75	79	0.000	0.0000	0.000	0.000	-0.003	0.000	0.000
1A4a	Residencial	CO2	72.32	71.93	18	2	0.022	0.0000	-0.001	0.009	-0.002	0.231	0.053
1A4a	Comercial/institucional	CH4	5.03	6.85	43	100	0.008	0.0000	0.000	0.001	0.016	0.055	0.003
1A4a	Comercial/institucional	N2O	0.93	0.65	43	500	0.001	0.0000	0.000	0.000	-0.025	0.005	0.001

Categoría CRF	Descripción categoría	GEI	Emisiones 2000	Emisiones 2014	Incertidumbre VA	Incertidumbre FE	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza año t	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre Evolución FE	Incertidumbre Evolución VA	Incertidumbre Evolución Emisiones
1A4b	Residencial	CO2	352	570	20	3	1.799	0.0142	0.023	0.074	0.073	2.090	4.373
1A4b	Residencial	CH4	285	72	42	100	0.835	0.0000	-0.032	0.009	-3.175	0.557	10.393
1A4b	Residencial	N2O	45	12	42	500	0.458	0.0000	-0.005	0.002	-2.506	0.089	6.289
1B2a	Petróleo y gas natural y otras emisiones por producción de energía	CH4	2.02	0.00	42	500	0.000	0.0000	0.000	0.000	-0.146	0.000	0.021
1B2d	Petróleo y gas natural y otras emisiones por producción de energía	CO2	96	181	3	300	39.862	0.7037	0.010	0.023	2.880	0.100	8.302
1B2d	Petróleo y gas natural y otras emisiones por producción de energía	CH4	0.20	0.38	3	600	0.001	0.0000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000
2A1	Producción de cemento	CO2	427	354	0	0	0.000	0.0000	-0.016	0.046	-0.005	0.014	0.000
2A2	Producción de cal	CO2	29	13	1	0	0.000	0.0000	-0.003	0.002	0.000	0.002	0.000
2A4	Consumo de caliza y dolomita	CO2	7	9	1	0	0.000	0.0000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000
2F	Uso de productos sustitutos de SAO (consumo de gases fluorados)	HFC	0	85	100	50	1.230	0.0001	0.011	0.011	0.553	1.565	2.754
4A	Eliminación de residuos sólidos	CH4	897	1 097	104	132	458.896	3421.980 1	0.012	0.142	1.643	20.914	440.104
4B	Tratamiento biológico de residuos sólidos	CH4	0	1.74	100	100	0.001	0.0000	0.000	0.000	0.023	0.032	0.002
4B	Tratamiento biológico de residuos sólidos	N2O	0	2	100	113	0.001	0.0000	0.000	0.000	0.023	0.029	0.001
4C	Incineración de residuos	CO2	0	0	5	2	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Categoría a CRF	Descripción categoría	GEI	Emissiones 2000	Emissiones 2014	Incertidumbre VA	Incertidumbre FE	Incertidumbre combinada	Contribución a la varianza año t	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre Evolución FE	Incertidumbre Evolución VA	Incertidumbre Evolución Emisiones
4C	Incineración de residuos	CH4	0	0	5	5	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4C	Incineración de residuos	N2O	0	0	5	50	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4D1	Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas	CH4	561	555	36	99	46.241	8.9102	-0.009	0.072	-0.906	3.666	14.260
4D1	Eliminación y Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas	N2O	73	94	27	500	29.828	0.1058	0.002	0.012	0.820	0.465	0.889
4D2	Tratamiento y descarga de aguas residuales	CH4	41	122	100	50	2.526	0.0013	0.010	0.016	0.495	2.243	5.275

Total emisiones	7.714	8.601
------------------------	-------	-------

Incertidumbre año	25,07
--------------------------	-------

Incertidumbre de la tendencia:	24,62
Incertidumbre de la evolución respecto al año	0,28

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA



Tabla 29

Estimación de la incertidumbre según categoría para el sector AFOLU

Categoría de fuentes del IPCC	Gas	Emisiones año base (2005)	Emisiones año t (2014)	Incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t	Sensibilidad de tipo A	Sensibilidad de tipo B	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducida por la incertidumbre en el factor de emisión	Incertidumbre en la tendencia en las emisiones nacionales introducida por la incertidumbre en los datos de actividad	Incertidumbre introducida en la tendencia en las emisiones nacionales totales	Indicador de calidad del factor de emisión	Indicador de calidad de los datos de actividad
		Datos de entrada	Datos de entrada	Datos de entrada	Datos de entrada	$\sqrt{(E^2 + F^2)}$	$(G \cdot D) / \sum D$	Nota B	D/ $\sum C$	I*F Nota C	J*E* $\sqrt{2}$ Nota D	$\sqrt{(k^2 + L^2)}$	Nota E	Nota E
		Gg equivalente CO2	Gg equivalente CO2	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
3A1 (fermentación)	CH ₄	-2008	-1754	28	50	57	6	-0,27	0,20	-13,36	5,75	14,55	D	R
3A2 (gestión de estiércol CH4)	CH ₄	-90	-50	38	30	48	0	-0,02	0,01	-0,46	0,22	0,51	D	D+R
3B1 (Tierras forestales) ²	C ₂ O	-2999	-3782	26	-147	150	32	-0,26	0,44	38,99	11,21	40,57	D	D+R
3B2 (Tierras de cultivo)	C ₂ O	-640	-3803	75	-78	108	24	0,29	0,44	-22,59	33,05	40,04	D	D+R
3B3 (Pastos)	C ₂ O	-1493	-5901	75	-65	99	33	0,33	0,68	-21,57	51,29	55,64	D	D+R
3B4 (Humedales)	C ₂ O	NE		NE	NE									
3B5 (Asentamientos)	C ₂ O	NE		NE	NE									
3B6 (Otras tierras) ¹²	C ₂ O	NE		NE	NE									
3C1 (Quemas) ¹³		-400	-653	-10	-54	55	2	-0,02	0,08	0,98	-0,75	1,24	D	D+R
3C2 (Encalado)	NE	NE		NE	NE									
3C3 (fertilización con Urea)	CO ₂ -C	NE		NE	NE									
3C4 (Suelos gestionados, emisiones directas) ¹³	N ₂ O	-257,05	-532	15	135	136	4	0,00	0,06	0,18	0,92	0,94	D	D+R
3C5 (Suelos gestionados, emisiones indirectas) ¹⁴	N ₂ O	-53	-136	15	275,4	276	2	0,00	0,02	0,92	0,24	0,95	D	D+R
3C6 stiercol emisiones directas e indirectas	N ₂ O	-371	-138	15		-68	-1	-0,07	0,02	0,00	0,24	0,24	D	D+R
3C7 arroz (CH4) ¹⁵	CH ₄	-318,29	-721,28	15	54	56	2	0,01	0,08	0,48	1,25	1,34	D	D+R
		-8629,34	-17470,28				53					80,99		
		$\sum C$	$\sum D$				$\sqrt{\sum H^2}$					$\sqrt{\sum M^2}$		

Fuente: Marn, 2017. Inventario AFOLU



2.6 Plan de mejoras

La estimación de las emisiones de GEI es un documento técnico donde la transparencia y la alta calidad son dos puntos importantes para su credibilidad. La transparencia se refiere a que la información debe ser presentada de forma clara, efectiva, neutral, comprensible y basada en documentación sólida, transparente y auditable, que permita que terceras partes puedan obtener los mismos resultados si se les proporciona las mismas fuentes de datos. Para aumentar la transparencia, se recomienda desarrollar cuadernos de trabajo específicos, documentando métodos, datos de actividad y factores de emisión.

El sistema nacional de inventario de los GEI incluye todos los arreglos o gestiones de tipo institucional, administrativo y técnico para el levantamiento de datos, la preparación del inventario y la implementación de los pasos necesarios para gestionar la calidad del inventario.

En El Salvador, hace falta mejorar las disposiciones institucionales para garantizar que las entidades y sus expertos proporcionen información calificada y oportuna. También es necesario crear o delegar a la autoridad respectiva y darle facultades específicas para exigir datos de las industrias y de los diferentes sectores, para la realización de los inventarios.

En cuanto a los cambios que en materia de arreglos institucionales se requieren para mejorar el proceso de generación del INGEI, se mencionan a continuación algunas acciones:

- Constituir un equipo nacional especializado y sostenible. Para ello es necesario el financiamiento permanente para las comunicaciones nacionales y los informes bienales de actualización.
- Establecer un ente central encargado explícitamente de recabar datos e información y de asegurar la coordinación entre los Ministerios relevantes para el tema. Actualmente el MARN dirige el inventario, pero la entrega de la información por parte de las diferentes instancias es voluntaria.
- Generar mandatos respecto a los roles institucionales para manejar y monitorear las emisiones de GEI.
- Crear un equipo nacional que trabaje con los actores relevantes para la verificación y la revisión del informe de inventario, entre pares.
- Organizar actividades de desarrollo de capacidades para todas las instituciones e industrias que contribuyen a los GEI de forma relevante, para difundir los datos utilizados en la elaboración del INGEI, concienciar sobre la necesidad de establecer control, garantía de calidad y buenas prácticas en la generación y presentación de datos e informes que incorpore información de proceso (tecnologías) y de los factores de emisión de GEI.
- Difundir la información sobre las oportunidades de reducción de emisiones en el marco de la Convención y los mecanismos financieros para motivar la participación de los sectores económicos en general.
- Generar normativas que mandaten a instituciones y sectores reportar sus emisiones.
- Propiciar un marco institucional que propicie el desarrollo paulatino del sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) y su integración sistemática en los sistemas nacionales de seguimiento de políticas.
- Establecer líneas de comunicación y retroalimentación con los generadores y/o proveedores de datos, con el fin de identificar oportunidades específicas de mejora en la calidad de la información y las metodologías utilizadas.
- Institucionalizar procesos formales de retroalimentación para la corrección de errores e instrumentación de las mejoras resultantes.
- Instaurar un sistema/registro de manejo de datos integrado.

Además de lo señalado, también es importante mejorar las estimaciones de emisiones del INGEI en cada uno de los sectores. Para ello se propone:

- En el sector de energía, es necesario un levantamiento de información más detallada del sector transporte, ya que es de gran relevancia en el cómputo de las emisiones de GEI que se han estimado. Las Directrices del IPCC promueven el empleo de metodologías más avanzadas y, para ello, aparte del consumo de carburantes a través de las ventas, se requeriría una caracterización de los distintos medios de transporte y de los tipos de trayectos (actividad en términos de

distancia recorrida, número de trayectos, etcétera.).

- En el sector IPPU, es necesario llevar a cabo un censo de actividades económicas con el objetivo de estimar las emisiones que se basen en series coherentes y recopiladas. De esta manera, mejorarían las estimaciones para las categorías 2A2, de producción de cal; 2A4, de consumo de caliza y dolomita; 2D3, de consumo de disolventes; y 2H2, de industria agroalimentaria.

Por otro lado, se recomienda la implementación de relaciones informales con todos los sectores industriales para extender las solicitudes de información más allá del sector cemento. Esto permitiría obtener series completas en la producción de cal y en el consumo de caliza y dolomita, y calcular las actividades no estimadas en esta edición del inventario, como la producción de hierro y acero o las producciones de la agroindustria.

En cuanto a las estimaciones de hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y otros gases fluorados, las emisiones de HFC se obtuvieron sobre la base de supuestos; y no se estimaron los PFC y el hexafluoruro de azufre (SF6) por no disponer de información. Esto podría mejorarse con la recopilación de importaciones y exportaciones de gases y con una encuesta sobre su utilización.

Por último, la estimación de una serie temporal de emisiones de consumos no energéticos podría realizarse mediante la

obtención de series de balance energético completas y consistentes en el tiempo.

- En el sector AFOLU, El Salvador está realizando un inventario forestal nacional que dará la información necesaria para llevar a cabo futuras estimaciones. Además, es necesario obtener datos locales sobre el sector agropecuario para realizar los cálculos de emisiones. De igual manera es importante contar con un registro de incendios georreferenciado y clasificado por uso de la tierra.
- En el sector Residuos, será necesario contar con información de población consolidada para el periodo 1950-2014, proveniente de una fuente nacional. Para la realización de este inventario, se ha utilizado la serie 2005-2016 que proporciona la Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC), pero esta información no es coherente con el último censo nacional realizado en 2007, afectando la calidad de las estimaciones.

De igual manera, es necesario realizar un censo de actividades económicas para mejorar las estimaciones de las emisiones de la categoría 4D2 referente al tratamiento de las aguas industriales. Respecto al tratamiento de aguas domésticas, es necesario contar con información sobre los tipos de tratamiento de agua para cada segmento de la población.

En cuanto al tratamiento biológico de los residuos, es importante que se registren las

cantidades reales compostadas en cada planta, ya que se ha supuesto que se composta la cantidad equivalente a la capacidad total de las plantas.

La información que el MARN recopila sobre las cantidades depositadas en vertederos, continuará siendo importante para mejorar las estimaciones.

2.7 Actualización de inventarios de gases de efecto invernadero enviados a la CMNUCC previamente y avances implementados

Comparación de los INGEI presentados en las distintas Comunicaciones Nacionales y efecto de los recálculos

La estimación de las emisiones en los sectores de Energía, IPPU y Residuos para el año 2014 en El Salvador ha utilizado las Directrices del IPPC de 2006 y el GWP del AR4. Sin embargo, las Directrices utilizadas en los inventarios de emisiones anteriores fueron las del IPCC 1996 y el GWP del AR2. Este hecho, es decir, el uso de distinta metodología para el cálculo de las emisiones, ha implicado un recálculo de los datos de los inventarios anteriores, para obtener las emisiones de los años 2000 y 2005 con las metodologías más actuales.

La Figura 31 muestra las emisiones calculadas en el INGEI 2014 para los años 2000 y 2005, comparándose con el resultado de las emisiones

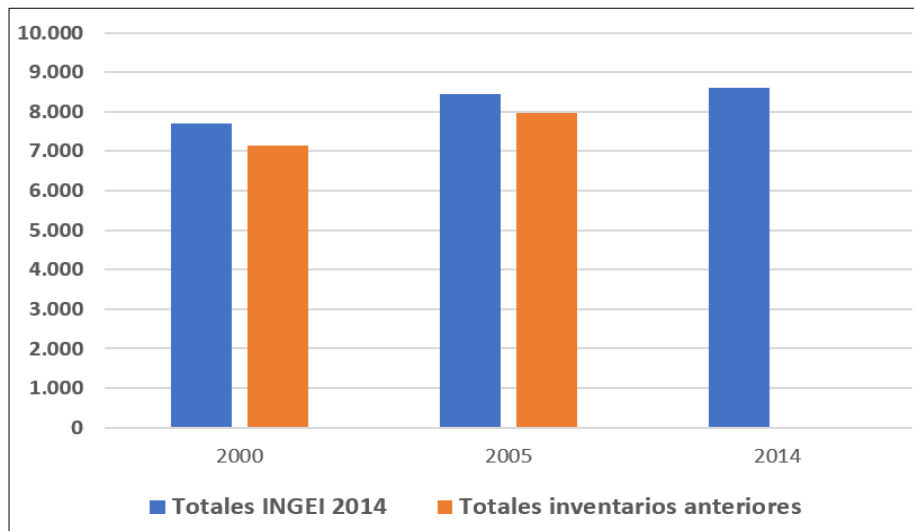


Figura 31. Emisiones totales en kt CO₂-equivalente de los Ingei 2000, 2005 y 2014

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

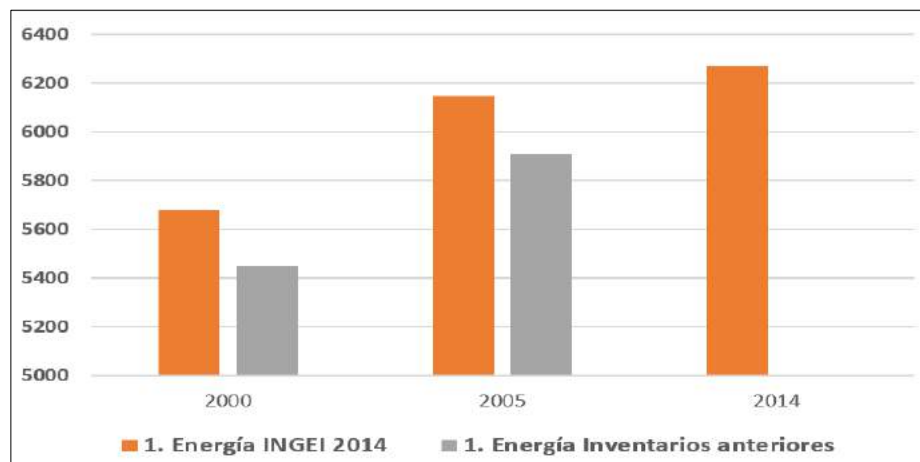


Figura 32. Comparación de emisiones en kt CO₂-equivalente del sector Energía entre los INGEI 2000, 2005 y 2014

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

de los INGEI 2000 e INGEI 2005 presentados en la Segunda Comunicación Nacional.

El aumento de las emisiones de los años 2000 y 2005 obtenidas con la metodología IPCC 2006 respecto la utilizada con IPCC 1996, se debe principalmente a la estimación de las emisiones de metano que proceden de la eliminación de residuos sólidos y el tratamiento de aguas residuales.

Las Figuras 32, 33 y 34 comparan los resultados de las emisiones por el INGEI 2000 e INGEI 2005 presentados en la Segunda Comunicación Nacional con el cálculo de las emisiones para los años 2000 y 2005 para los sectores energía, IPPU y residuos.

En el sector energía, la variable actividad utilizada en el INGEI 2014 para calcular las emisiones de los años 2000 y 2005 proviene del balance energético utilizado en los inventarios INGEI 2000 e INGEI 2005, con la excepción de la energía geotérmica que se ha estimado sólo para el INGEI 2014.

Como se observa en la Figura 32, hay diferencias en las estimaciones que han empleado la metodología de las guías IPCC 2006 e IPCC 1996. Las principales diferencias debido a la metodología se deben a:

- ✓ Los potenciales de calentamiento (mayor para el CH₄ y menor para el N₂O).
- ✓ Los factores de oxidación por defecto en las Directrices IPCC 1996 y las Buenas Prácticas del 2000 son menores de 1 mientras que en

las Directrices IPCC 2006 son de 1 para todos los combustibles.

- ✓ Las Directrices IPCC 2006 actualizan los factores de emisión por defecto de algunos combustibles.
- ✓ Las Directrices IPCC 2006 introdujeron una categoría Otros para poder incluir la geotermia (aunque no proporcionan metodologías para estimar las emisiones), mientras que con las Directrices IPCC 1996 la geotermia no se consideraba una fuente emisora.

En el sector IPPU, también existe diferencia entre los inventarios de los años 2000 y 2005, presentados en la Segunda Comunicación Nacional, con los recálculos realizados para el INGEI 2014, utilizando las Directrices IPCC 2006 (Figura 33).

Las diferencias de los resultados de los años 2000 y 2005, según la metodología empleada para el sector IPPU, se explican por la utilización de datos más actualizados de producción de cemento en el caso del año 2000, y de producción de cal y consumo de cal y caliza para el año 2005.

En la Figura 34, se observa en el sector Residuos una diferencia de los resultados de las emisiones de los años 2000 y 2005, según la metodología aplicada en el INGEI 2014 o en inventarios anteriores.

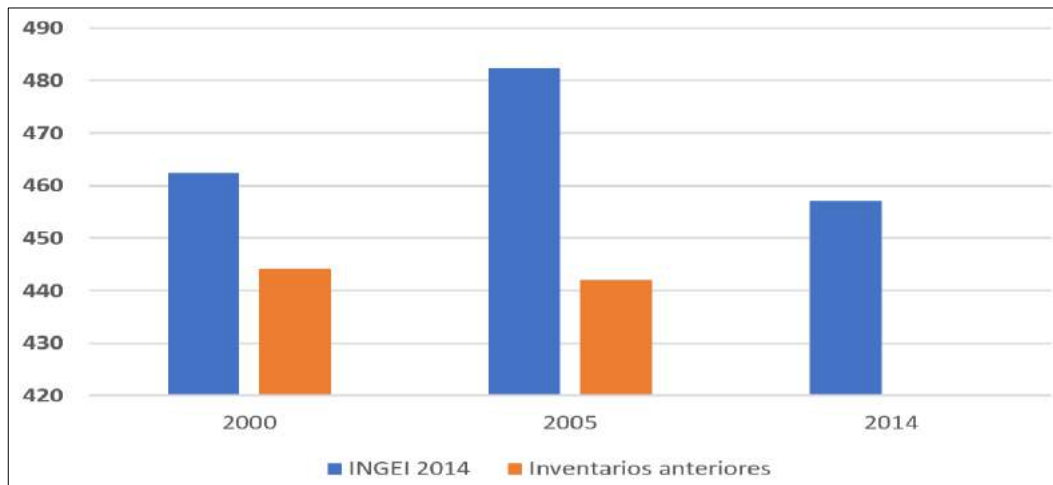


Figura 33. Comparación de las emisiones totales en kt CO₂-equivalente del sector IPPU entre los INGEI 2000, 2005 y 2014

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

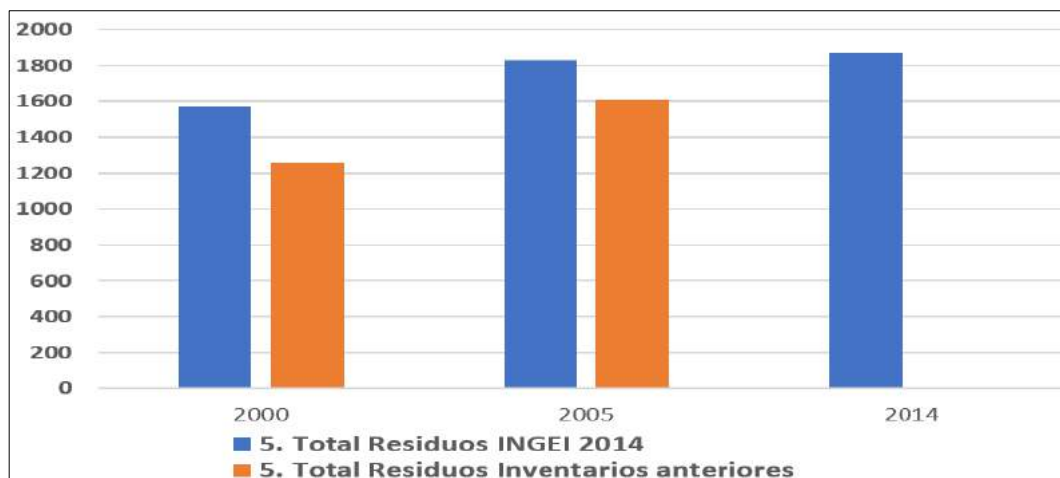


Figura 34. Comparación de las emisiones en kt CO₂-equivalente del sector Residuos entre los INGEI 2000, 2005 y 2014

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

Las diferencias obtenidas en los años 2000 y 2005 se explican por las actualizaciones existentes en las Directrices IPCC 2006 y por los métodos aplicados según la disponibilidad de información en cada caso.

Las principales diferencias metodológicas para el sector Residuos son las siguientes:

- ✓ Los potenciales de calentamiento (mayor para el CH4 y menor para el N2O).
- ✓ En las Directrices IPCC 2006 se propone una metodología nueva en el nivel 1 para estimar las emisiones procedentes de la eliminación de los residuos sólidos.
- ✓ Las Directrices IPCC 2006 actualizan los factores de emisión por defecto.
- ✓ Las Directrices IPCC 2006 cubren el tratamiento biológico de residuos sólidos (compostaje), mientras que con las Directrices IPCC 1996 las emisiones procedentes de esta fuente no se reportaban.

De esta comparación se puede deducir lo siguiente:

- ✓ El Salvador ha realizado un esfuerzo significativo para actualizar los inventarios de emisiones GEI nacionales a las Directrices IPCC 2006, pese a no ser obligatorio en el reporte a la CMNUCC. Este esfuerzo repercute en la mejora de las estimaciones nacionales de emisiones GEI y supone un avance relevante de cara al futuro.
- ✓ Del mismo modo, el país ha hecho esfuerzos por incluir la consideración de series temporales de emisiones en el inventario, lo que supone una mejora significativa en la

calidad del INGEI y servirá como base tanto para la elaboración de inventarios futuros, como para la utilización del inventario en el desarrollo posterior de planes nacionales de mitigación.

- ✓ El INGEI ha incorporado la estimación de nuevas categorías (1B emisiones fugitivas; 2D consumo de productos no energéticos y uso de disolventes; 2F Uso de productos como sustitutos de gases, que agotan la capa de ozono; 2H2 Industria agroalimentaria; y 5B Tratamiento biológico de residuos) y de gases (SO2, HFC). Este esfuerzo ha mejorado la completitud del inventario.
- ✓ El Salvador ha mejorado significativamente la información de base disponible para elaborar el inventario. De forma específica, en los sectores Energía y Residuos, se ha mejorado la información de base (balance energético y flujos de productos energéticos, información sobre cantidades de residuos generados y caracterización de los mismos, metano recuperado, compostaje, etcétera.).

Sin embargo, en determinadas categorías, no se ha podido obtener alguna información de base que en inventarios anteriores estuvo disponible. Esto es especialmente relevante en el sector IPPU, en el que no se ha podido disponer de un censo económico nacional sobre producción/consumo que permita mejorar las estimaciones.

Respecto al sector de AFOLU, por falta de disponibilidad de datos, no se pudo realizar un recálculo de sus emisiones, estimadas en inventarios anteriores. Por este motivo, no es posible presentar la tendencia de las emisiones totales del país (solo para los sectores energía, procesos industriales y residuos). La Tabla 30 muestra las estimaciones de emisiones de los INGEI de 2000, 2005 y 2014.

Para los INGEI 2000 y 2005 se utilizaron las Directrices revisadas del IPCC 1996, los mismos potenciales de calentamiento global y la misma información de base.

Tabla 30

Resumen del balance de emisiones y absorciones del sector AFOLU por categoría para los INGEI de 2000, 2005 y 2014 en Gg CO2eq

Categoría	INGEI 2000	INGEI 2005	INGEI 2014
Agricultura	2.512,58	3.115,40	1.782,2
Silvicultura y otros usos de las tierras	4.277,67	3.380,19	10.011,3
Total	6.790,25	6.495,59	11.793,5

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc

En el INGEI 2014 la estimación de las emisiones es más alta que en los INGEI anteriores debido a los cambios en las metodologías utilizadas (Directrices IPCC 2006) y en los potenciales de calentamiento global, y a la inclusión de más información de base.

Tendencias de las emisiones de GEI (2000-2014)

En la Tabla 31 se presentan los resultados en términos relativos de las emisiones totales de los sectores: Energía, Ippu y Residuos para los años 2000, 2005 y 2014. Las emisiones del año 2000 y 2005 se recalcularon utilizando las Directrices IPCC 2006 y el GWP del AR4. No se incluyen las emisiones y absorciones del sector Afolu debido a

la falta de comparabilidad entre los años 2000 y 2005 con el 2014 puesto que los años 2000 y 2005 no se recalcularon teniendo en cuenta nuevos datos de actividad, las nuevas Directrices y el GWP del AR4. Las emisiones se presentan en términos relativos (emisiones per cápita totales en CO₂-eq de los tres sectores y por unidad de PIB) para tener en cuenta la evolución de las emisiones según los cambios de las condiciones económicas y demográficas del país.

Las emisiones de GEI estimadas para el total de los tres sectores del inventario se sitúan en 8.601 kt de CO₂-eq para 2014; en 8.460 kt de CO₂-eq, para 2005; y en 7.714 kt de CO₂-eq, para 2000. A estos

valores absolutos corresponden variaciones relativas del 11,51 % para la variación de emisiones 2014/2000, y del 1,68 % para la variación 2014/2005. En conjunto, esta evolución ha venido marcada por un crecimiento sostenido en la quema de combustibles. Sin embargo, este crecimiento en el uso de combustibles es menos pronunciado que el crecimiento del PIB y de la población durante el mismo periodo, por lo que las tendencias de las ratios de emisiones per cápita y emisiones por unidad de PIB son decrecientes.

Tabla 31

Emisiones per cápita y por unidad de PIB (2000, 2005, 2014)

Series	2000	2005	2014
Emisiones (kt CO₂-eq)	7.714	8.460	8.601
Población (habitantes)	5.691.405	6.049.408	6.401.240
Emisiones per cápita (t CO₂-eq/habitantes)	1,36	1,40	1,34
PIB (millones de USD)	7.531	8.459	9.763
Emisiones/ PIB (t CO₂-eq/MUSD)	1.024	1.000	881

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC, en base a información del BCR y Digestyc





Capítulo 3

Principales políticas, planes y estrategias nacionales transversales

En el último quinquenio, El Salvador ha desarrollado diferentes iniciativas bajo el enfoque de mitigación basada en adaptación (Tabla 32), que buscan responder a los desafíos de integrar las agendas de mitigación, adaptación y desarrollo, a la vez que se atienden los compromisos ante la CMNUCC. Parte de estas iniciativas se reflejan en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés), buscando que el país desarrolle capacidades y gestione los medios de implementación necesarios para cumplir con estos compromisos antes y durante el primer período de reporte 2021-2025.

En el ámbito municipal aún son relativamente pocas las iniciativas que tienen como objetivo central, reducir la vulnerabilidad ante los efectos

previstos del cambio climático. Sin embargo, existen varios instrumentos políticos y de planificación que buscan aumentar la resiliencia, o que integran la acción frente al cambio climático y la gestión de riesgo como un eje temático o línea de acción.

A su vez, estos instrumentos orientan y organizan la incorporación del abordaje del cambio climático, en el accionar de las entidades nacionales, a varias escalas de implementación. Por ejemplo, se han desarrollado algunas iniciativas de adaptación desde la planificación municipal, con la intención de proyectar la reforestación en zonas degradadas, dentro del enfoque de la gestión de riesgo de desastres, de la planificación estratégica del municipio y más recientemente, coadyuvando la Estrategia

Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP).

El Plan Quinquenal de Desarrollo (PQD) 2014-2019 es la principal guía para el planteamiento de iniciativas del país enfocadas en atender las necesidades como: provisión de recurso hídrico, seguridad alimentaria, creación de empleo, provisión de vivienda digna y acceso a infraestructura de transporte y logística de comercialización.

En su objetivo 7, el PQD establece la ejecución de acciones que permitan al país transitar hacia una economía y una sociedad que sean ambientalmente sostenibles y resilientes a los efectos del cambio climático.

Tabla 32*Principales políticas, planes y estrategias nacionales transversales*

Nombre de la política, plan o estrategia nacional
Plan Quinquenal de Desarrollo 2014-2019
Política Nacional del Medio Ambiente
Estrategia Nacional de Cambio Climático
Plan Nacional de Cambio Climático de El Salvador

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

También, entre sus objetivos y líneas de acción, se establece promover la eficiencia energética, impulsar las energías renovables y controlar las emisiones del sector de transporte y las asociadas a desechos y vertidos. Las contribuciones previstas en estas áreas suponen simultáneamente beneficios económicos y sociales que robustecen las condiciones nacionales para el desarrollo sostenible resiliente y bajo en carbono.

En este sentido, un desarrollo urbano bajo en carbono no solo desaceleraría las emisiones de GEI para el país, sino que mejoraría las condiciones de competitividad económica de los núcleos urbanos y reduciría la incidencia de enfermedades asociadas con la contaminación y el fenómeno de islas de calor en las ciudades, mejorando la calidad de vida y el confort urbano.

El marco estratégico en materia de adaptación lo constituye principalmente la Política Nacional del Medio Ambiente (PNMA), que fue actualizada el 30 de mayo del 2012 por el Consejo de Ministros.

La PNMA tiene el objetivo de revertir la degradación y reducir la vulnerabilidad ambiental frente al cambio climático. La puesta en marcha de la Política, requiere de la interacción de acciones entre los diferentes entes del Estado, nacionales y municipales, representados en el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente (SINAMA); mecanismo de coordinación de la gestión ambiental pública compuesto por Ministerios e instituciones autónomas del gobierno central y las municipalidades.

Uno de los principales instrumentos del PNMA es la Estrategia Nacional del Medio Ambiente (ENMA) que, a su vez, está compuesta por cuatro estrategias:

1. Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC)
2. Estrategia Nacional para la Biodiversidad (ENB)
3. Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (ENRH)
4. Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental (ENSA)

La Ley del Medio Ambiente (1998) tuvo una reforma en el 2012, cuando incorporó un capítulo para abordar la adaptación desde la PNMA, y mandata a elaborar el Plan Nacional de Cambio Climático. Los objetivos y metas nacionales sobre cambio climático también se reflejan, en general, en la NDC de El Salvador.

En los últimos años la adaptación al cambio climático ha quedado plasmada como una preocupación de desarrollo nacional y de quehacer nacional y local. A falta de instrumentos legales enfocados en el cambio climático, el respaldo legal para la adaptación planificada del sector público está enmarcado en la Ley del Medio Ambiente, en el artículo 4, 64-A, 64-C. En este se llama a las instancias de Gobierno a adoptar “las regulaciones necesarias para estudiar, investigar, prevenir, planificar y responder de manera urgente, adecuada, coordinada y sostenida a los impactos negativos del cambio climático”.

En 2013, el MARN planteó la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), la cual se ha estructurado alrededor de tres ejes fundamentales, nueve líneas prioritarias, cinco temas críticos y cinco requerimientos institucionales (Tabla 33).

Dentro del marco de la ENCC, en 2015 se aprobó el Plan Nacional de Cambio Climático (PNCC), con una proyección de cinco años de trabajo (MARN, 2015), como hoja de ruta para las acciones de adaptación y mitigación que debe realizar el país, además de la restauración de los ecosistemas críticos y la incorporación estratégica de la dimensión del cambio climático (Tabla 34).

El objetivo principal del PNCC es construir una sociedad más sostenible con una economía resiliente al cambio climático. Este plan tiene diversos componentes (MARN, 2015b).

Como ampliación de las directrices establecidas en el PQD, el PNCC establece dentro de sus ejes prioritarios el desarrollo urbano y costero

resiliente al clima y bajo en carbono, e incluye en su implementación, el desarrollo de Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAS, por sus siglas en inglés). En la implementación de programas relevantes, como la restauración de ecosistemas y paisajes, REDD plus, adaptación de la agricultura al cambio climático; se desarrollan

simultáneamente cobeneficios de mitigación; muchos de ellos, cuantificables.

Tabla 33

Ejes, líneas, temas y requerimientos de la Estrategia Nacional de Cambio Climático

		EJE 1	EJE 2	EJE 3
TEMAS CRÍTICOS	Sensibilización	Mecanismos para enfrentar pérdidas y daños recurrentes	Adaptación al cambio climático	Mitigación del cambio climático con co-beneficios
	Educación y formación	Líneas prioritarias	Líneas prioritarias	Líneas prioritarias
	Investigación	<ul style="list-style-type: none"> Programa de inversiones críticas para reducir pérdidas y daños en el corto plazo. 	<ul style="list-style-type: none"> Estrategias sectoriales de adaptación, con énfasis en agricultura, recursos hídricos, infraestructura y salud. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de prioridades nacionales de mitigación con co-beneficios.
	Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> Opciones y mecanismos de retención y transferencia de riesgos. 	<ul style="list-style-type: none"> Restauración de ecosistemas críticos y paisajes rurales. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo urbano bajo en carbono.
	Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> Preparación nacional para participar activamente en la negociación de un mecanismo internacional de pérdidas y daños por el cambio climático. 	<ul style="list-style-type: none"> Ordenamiento urbano y costero. 	<ul style="list-style-type: none"> Trayectorias de crecimiento económico bajas en carbono.
REQUERIMIENTOS INSTITUCIONALES	Coordinación interinstitucional			
	Fortalecimiento institucional			
	Gobernanza local y modelos de gestión			
	Monitoreo, reporte y verificación			
	Legislación, normativa y regulación			

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC, en base a la Encc

Tabla 34*Impactos en adaptación y mitigación de los componentes del Plan Nacional de Cambio Climático*

Componente	Programa	Características
1	Incorporación del cambio climático y la reducción del riesgo de desastres en los planes de desarrollo de las políticas públicas y en la modernización de la institucionalidad pública	Impacto alto en adaptación y mitigación
2	Protección de las finanzas públicas y reducción de pérdidas y daños asociados a los efectos adversos del cambio climático	Impacto alto en adaptación. Impacto bajo en mitigación
3	Manejo de la biodiversidad y los ecosistemas para la adaptación y mitigación al cambio climático	Impacto alto en adaptación y mitigación
4	Transformación y diversificación de las prácticas y actividades agropecuarias, forestales y agroforestales	Impacto alto en adaptación y mitigación
5	Adaptación integral de los recursos hídricos al cambio climático	Impacto alto en adaptación. Impacto medio y alto en mitigación
6	Promoción de energías renovables, eficiencia y seguridad energética	Impacto bajo y medio en adaptación. Impacto alto en mitigación
7	Desarrollo urbano y costero resiliente al cambio climático y bajo en carbono	Impacto alto en adaptación. Impacto alto en mitigación
8	Creación de condiciones y capacidades nacionales para enfrentar el cambio climático	Impacto alto en adaptación. Impacto alto en mitigación

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC





Capítulo 4

Escenarios climáticos, vulnerabilidad y adaptación

Desde hace décadas, El Salvador experimenta una degradación ambiental determinada principalmente por la deforestación, el deterioro de los suelos, el desarrollo territorial desordenado, la inseguridad hídrica y la alteración climática. Esta degradación se agrava con los efectos del cambio climático. Mientras que el desarrollo de mecanismos para hacer frente a las pérdidas y daños recurrentes por el cambio climático es una cuestión urgente en El Salvador, la reducción de pérdidas y daños futuros torna imprescindible la implementación acelerada de medidas de adaptación al cambio climático.

La nación presenta condiciones de alta vulnerabilidad a los efectos del cambio climático,

y se enfrenta a una situación de inseguridad hídrica creciente debido a las grandes fluctuaciones en el régimen de lluvias y la amenaza de la salinización de los acuíferos costeros a causa de la elevación del mar.

El análisis de vulnerabilidad es clave para comprender las condiciones en las que se encuentran los puntos críticos del riesgo e implementar estrategias y políticas orientadas a su reducción, así como medidas de adaptación.

El desarrollo de la adaptación se orienta específicamente a la reducción de las vulnerabilidades territoriales y sectoriales, y a la eliminación o limitación de sus factores causantes.

Abordar prioritariamente aquellas vulnerabilidades con alto potencial de generar daños irreversibles o que amplían los impactos adversos en diversos sectores estratégicos constituye un enfoque central de las políticas nacionales y de la ENCC.

Este capítulo presenta una síntesis de los escenarios climáticos y los impactos principales de la variabilidad climática; el análisis de vulnerabilidad climática en las dos zonas más vulnerables de El Salvador (AMSS y Corredor seco oriental); y presenta los principales instrumentos nacionales y sectoriales existentes para la implementación de medidas de adaptación al cambio climático.

4.1 Escenarios climáticos

Metodología

El quinto informe de evaluación del IPCC (2013) define cuatro escenarios de cambio climático o caminos representativos de concentración (RCP por sus siglas en inglés) que difieren en el cambio esperado de radiación (8,5; 6,0; 4,5 y 2,6 vatios por metro cuadrado) causado por cambios en la radiación solar incidente, incrementos en la concentración de GEI (GEI) y cambios en las propiedades reflectivas del planeta para el año 2100. Se realizaron las proyecciones de cambio de las variables climáticas en El Salvador considerando el promedio de estos escenarios. Para ello, se utilizaron: (a) datos observados nacionales, (b) modelos de circulación general y (c) un método de ensamble de modelos para obtener resultados bajo las condiciones de los diferentes escenarios.

La información climática observada y utilizada fue a escala mensual para el periodo de referencia 1961-1990. Cada variable contó con al menos el 85 % de la información, siendo confiables acorde a la Organización Meteorológica Mundial respecto a las variables de Precipitación, Temperatura Media, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima y

Humedad Relativa. Para la Presión Atmosférica en superficie y Dirección y Velocidad del Viento, dada su poca disponibilidad nacional, se optó por trabajar con los datos del análisis ERA-20CM³, los cuales tienen una resolución temporal diaria y mensual, así como una resolución espacial de aproximadamente 15 kilómetros.

Se seleccionaron los modelos del proyecto Coupled Model Intercomparison Project, Phase 5 (CMIP5 por sus siglas en inglés)⁴. Los Modelos de Circulación General (GCM por sus siglas en inglés) son una representación numérica tridimensional de la dinámica atmosférica y, por lo tanto, de la circulación general alrededor del planeta. Los

GCM representan procesos físicos en la atmósfera, los océanos, la criósfera y en la superficie terrestre, y en la actualidad son la herramienta disponible más avanzada que se tiene para simular la respuesta futura del sistema climático global a los aumentos en los gases efecto invernadero (IPCC, 2013).

La selección de cinco de los 15 mejores GCM (Tabla 35) involucró una evaluación respecto a la mejor representación del clima en la zona tropical (IDEAM, 2015). Esta selección se hizo con base en tres métricas: correlación (medida del grado de ajuste), *bias* o sesgo (medida de la fiabilidad) y RMSE (medida de la exactitud)

Tabla 35

Modelos de circulación global seleccionados para la elaboración de los escenarios climáticos

MRI-CGCM3	Meteorological Research Institute (MRI)
HadGEM2-AO	Met Office Hadley Centre
MIROC5	Atmosphere and Ocean Research Institute (MIROC) (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, y Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
GFDL-CM3	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL-NOAA ²)
CSIRO-Mk3-6-0	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) en colaboración con Queensland Climate Change Centre of Excellence (QCCCE)

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

² The Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) is a laboratory in the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Office of Oceanic and Atmospheric Research (OAR).

³ <https://www.ecmwf.int/en/elibrary/9870-era-20cm-twentieth-century-atmospheric-model-ensemble>

⁴ <https://www.wcrp-climate.org/index.php/wgcm-cmip/wgcm-CMIP5>

Debido a la resolución que poseen los modelos globales, fue necesario realizar un proceso de reducción de escala, o *downscaling*, con el fin de obtener series de datos a una resolución espacial adecuada para generar las proyecciones climáticas. Con la reducción de escala, básicamente se buscó reducir la diferencia entre los valores observados y los valores simulados, mediante la aplicación de un factor de ajuste a los datos simulados por los modelos globales. Se utilizaron series observadas con al menos 10 años de datos, a fin de obtener promedios multianuales aceptables y coherentes con la variabilidad climática de cada estación.

Se seleccionó el método de Ensamble de Confiabilidad Ponderada (REA [Reliability Ensemble Averaging]) (Giorgi & Mearns, 2001; Tebaldi & Knutti, 2007), como un método de

ensamble que otorga ponderaciones a los GCM para establecer algún grado de incertidumbre, teniendo en cuenta dos criterios:

- *Un criterio de desempeño.* Se basa en la capacidad del modelo para reproducir diferentes aspectos del clima presente. En este sentido el modelo que tenga la mejor representación del periodo de referencia tiende a ser el más confiable en las simulaciones de cambio climático.
- *Un criterio de convergencia.* Está basado en los cambios simulados a través de los modelos para un mismo escenario de emisiones, es decir que una mayor convergencia hacia el futuro entre los modelos implica mayor confiabilidad en la señal encontrada.

En las Figuras 35 y 36 se presentan los resultados obtenidos para las variables de precipitación, temperatura, humedad relativa, presión en superficie, velocidad y dirección del viento e impactos de la variabilidad climática, *en comparación con el periodo de referencia observada de 1961-1990*, para cada uno de los escenarios RCP definidos por el IPCC y especificando los resultados de dos de los períodos estimados (Primer período: 2021-2050; segundo período: 2071-2100).

Precipitación

La precipitación nacional en el primer periodo, es decir, entre 2021-2050, podrá reducirse entre un 10 % a 20 % ante cualquier escenario RCP. Particularmente, el cambio podrá ser superior al 20 % bajo el RCP8.5.



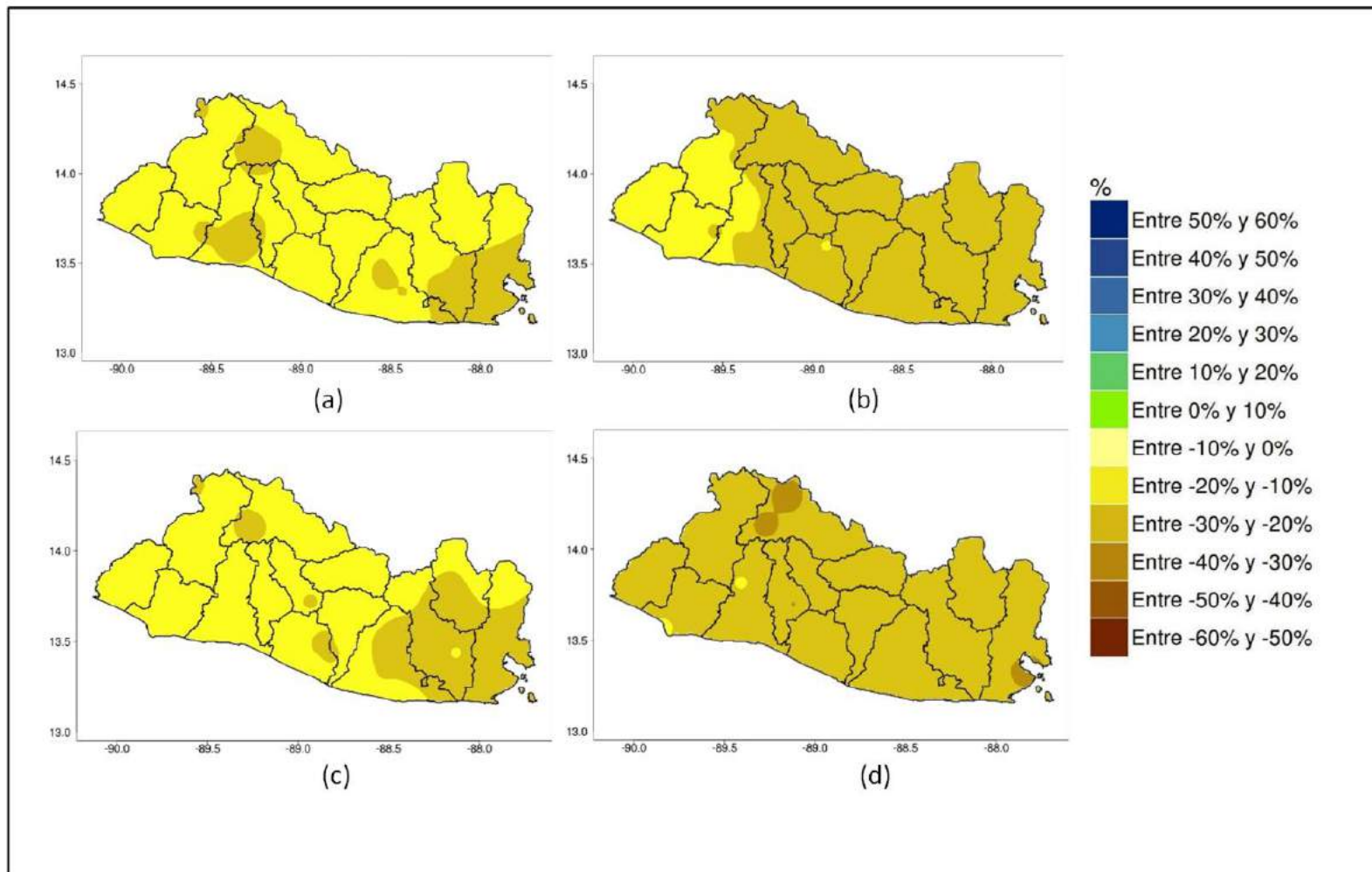


Figura 35. Cambios porcentuales de la precipitación anual proyectados por el ensamble multimodelo para los períodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

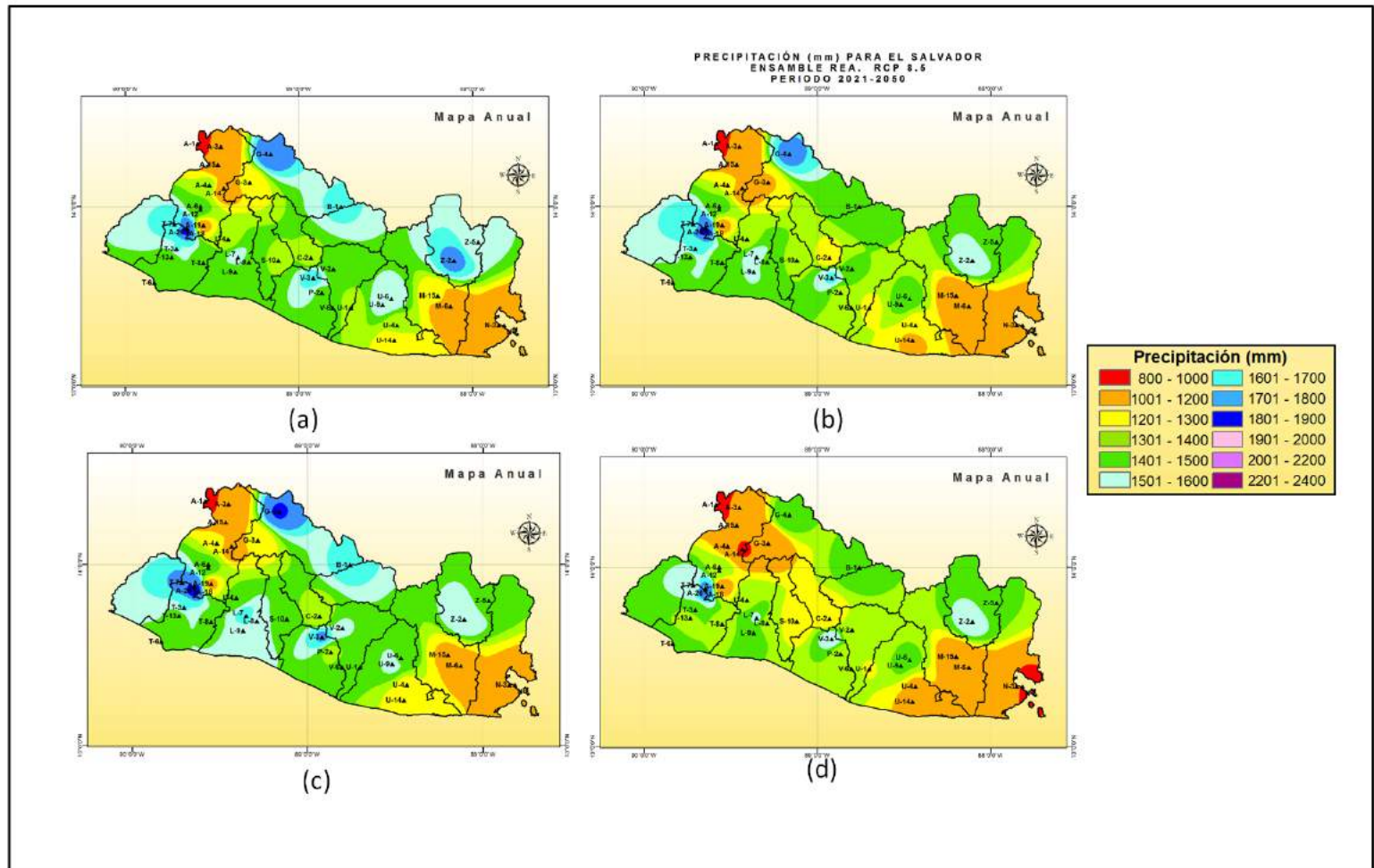


Figura 36. Climatologías futuras de la precipitación anual, proyectadas por el ensamble multimodelo para los períodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

Ante un análisis por décadas, es posible resaltar que:

- Bajo el horizonte de 2021-2030, las reducciones de precipitación podrían estar en el orden de entre un 15-25 %. Las más altas están bajo el escenario RCP2.6 (20-25 %), y las más bajas, bajo el RCP6.0 (15-20 %).
- El horizonte 2031-2040 presenta valores de reducción del orden de 10 a 20 %, donde los mayores cambios se presentan al oriente de El Salvador y bajo el RCP8.5.
- Hacia el horizonte 2041-2050 el orden de la reducción en las lluvias podrá ser de entre un 10 % al 20 %, similar al periodo anterior.

Se destaca que los cambios en el primer periodo están dentro de lo proyectado por el IPCC en su quinto informe de evaluación (AR5) para regiones tropicales.

Tabla 36

Promedio de los cambios porcentuales mensuales de la precipitación (%) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2021-2050

Escenario	Periodos							
	Periodos		Primer periodo (decadal)			Segundo periodo (decadal)		
	2021-2050	2071-2100	2021-2030	2031-2040	2041-2050	2071-2080	2081-2090	2091-2100
RCP 2.6	-19,4	-18,7	-23,9	-16,9	-17,5	-16,7	-20,2	-18,7
RCP 4.5	-18,7	-20,8	-18,7	-19,6	-20,3	-23,0	-20,9	-17,5
RCP 6.0	-20,1	-21,8	-19,3	-20,1	-21,0	-22,9	-18,8	-23,7
RCP 8.5	-21,2	-24,9	-20,2	-21,5	-22,2	-23,5	-26,0	-25,5

Nota - En verde se señalan la mayor coincidencia en los cambios positivos (incrementos) mientras que en naranja son los cambios negativos (disminuciones) en las lluvias

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

El comportamiento para el segundo periodo, es decir, entre 2071-2100, muestra cambios o disminuciones más acentuadas del orden de un 20 a 26 %, siendo más marcados los cambios bajo el RCP8.5.

Al analizarlo por década (Tabla 36), se destaca que:

- Para el periodo de 2071-2080, los cambios o reducciones son del orden de 15-25 %, siendo los más altos bajo los RCP6.0 y 8.5 (20-25 %).
- Para la década 2081-2090, las reducciones se sitúan entre 20 % al 30 %, siendo mayores bajo la condición más extrema de los RCP.
- Finalmente, en la última década del siglo XXI (2091-2100), los cambios proyectados en la precipitación son del orden de entre 20 %-35 %.

El comportamiento de los cambios en la precipitación será más marcado e intenso en

comparación con el primer periodo. Hacia finales de siglo, estas reducciones porcentuales de la precipitación representan por lo menos 300 milímetros, especialmente al oriente del país.

Los cambios interanuales muestran un comportamiento hacia los incrementos en la precipitación, con muchas probabilidades de que se aumenten los eventos extremos.

Considerando el primer periodo, dentro de la estación seca (que comprende de diciembre a abril), podrán presentarse mensualmente incrementos de precipitación superiores al 10 % en la mayor parte del territorio nacional (Tabla 37).

Por otro lado, dentro de la estación lluviosa (entre los meses de mayo a octubre), los cambios muestran disminuciones en las lluvias del orden de 10-20 %. Los cambios que podrán presentarse en su mayoría se establecen en los meses de julio (intensificación de la canícula), agosto e incluso septiembre.

Para el segundo periodo, es decir, 2071-2100, si bien la tendencia de aumento de la precipitación en los meses considerados como secos (hasta un 27 %), en particular los meses de diciembre, enero y abril, el rango de cambio es menor e incluso algunos RCP ya indican cambios negativos o disminuciones de hasta un 7 %.

En los meses de la estación lluviosa (junio, julio, agosto y septiembre), la tendencia de reducción de las lluvias mensuales tiende a acentuarse aún

más, y los RCP8.5 indican cambios negativos o disminuciones de hasta 35,4 %, particularmente en el mes de agosto (Tabla 38).

Escenarios de cambio climático realizados por la CEPAL para El Salvador, en el estudio denominado *La economía del cambio climático en Centroamérica*, reflejan una progresiva disminución de la precipitación durante el primer trimestre de cada época lluviosa. Esta condición identificada, muestra una tendencia hacia la desaparición de la curva bimodal que ha sido característica en el país, desplazando la lluvia más hacia el final del año.

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.

Investigaciones recientes indican que los cambios permanentes del clima, provocados por el cambio climático, se instaurarán más temprano que lo previsto, y todavía antes en países tropicales como El Salvador, anticipándose que ocurrirán en los años 2030. Las tendencias observadas en lo nacional y regional estarían mostrando que esos cambios tendrían lugar incluso antes.

De acuerdo con los mismos escenarios realizados por la CEPAL en el estudio mencionado, aún sin considerar la anticipación de los cambios de estado del clima, la disponibilidad de agua para el año 2020, bajará al menos un 6 % respecto de la existente en el año 2000. También indica que las demandas de agua del país crecerán un 300 % hacia 2050 sin incidencias del cambio climático, y más del 400 % con cambio climático.

Temperatura

La temperatura media y mínima presentará aumentos en los periodos 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios RCP (Figura 37). Lo anterior, podrá involucrar cambios de entre 1°C y 3°C y hasta 4,5° C hacia finales del siglo. Se destaca que dicho comportamiento resulta similar a los cambios esperados por el IPCC.

Tabla 37

Promedio de los cambios porcentuales de la precipitación (%) bajo los cuatro escenarios RCP en los periodos de referencia para El Salvador

Escenario	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
RCP 2.6	33,7	-5,1	-9,6	10,5	-6,2	-10,0	-16,3	-15,1	-14,6	1,8	2,0	21,9
RCP 4.5	18,0	1,6	-1,3	5,6	1,6	-10,7	-13,2	-21,2	-16,9	2,8	-5,8	27,7
RCP 6.0	11,2	-13,9	-13,1	27,4	-4,3	-6,4	-15,1	-19,7	-16,6	-1,1	-5,6	0,7
RCP 8.5	11,6	-8,6	-3,7	2,1	0,3	-11,3	-18,0	-19,1	-16,4	2,1	-8,7	32,2

En verde se señalan la mayor coincidencia en los cambios positivos (incrementos) mientras que en naranja son los cambios negativos (disminuciones) en las lluvias.

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

Tabla 38

Promedio de los cambios porcentuales mensuales de la precipitación (%) bajo los cuatro escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2071-2100

Escenario	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
RCP 2.6	12,4	-15,0	-3,7	21,2	-6,5	-8,8	-11,7	-18,7	-16,4	6,8	7,1	24,7
RCP 4.5	17,4	20,7	0,9	24,3	2,4	-17,4	-15,8	-25,3	-20,7	2,5	-5,8	-7,4
RCP 6.0	25,7	3,7	-12,7	0,7	-5,2	-18,3	-21,2	-24,5	-20,4	4,5	5,2	2,7
RCP 8.5	-3,9	-23,2	-9,1	11,3	-7,0	-25,3	-31,2	-35,4	-29,6	6,5	10,3	26,8

En verde se señalan la mayor coincidencia en los cambios positivos (incrementos) mientras que en naranja son los cambios negativos (disminuciones) en las lluvias. El color más tenue es indicativo de cambios menos marcados al compararlo con el primer periodo.

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

Para el primer periodo (2021-2050), los valores de la temperatura podrán incrementarse entre 1°C y 2°C, coincidiéndose en todos los RCP.

Estos cambios tendrán un efecto directo en la temperatura de la costa pacífica y una gran parte

del oriente de El Salvador donde los valores podrán superar los 27 °C (Figura 38).

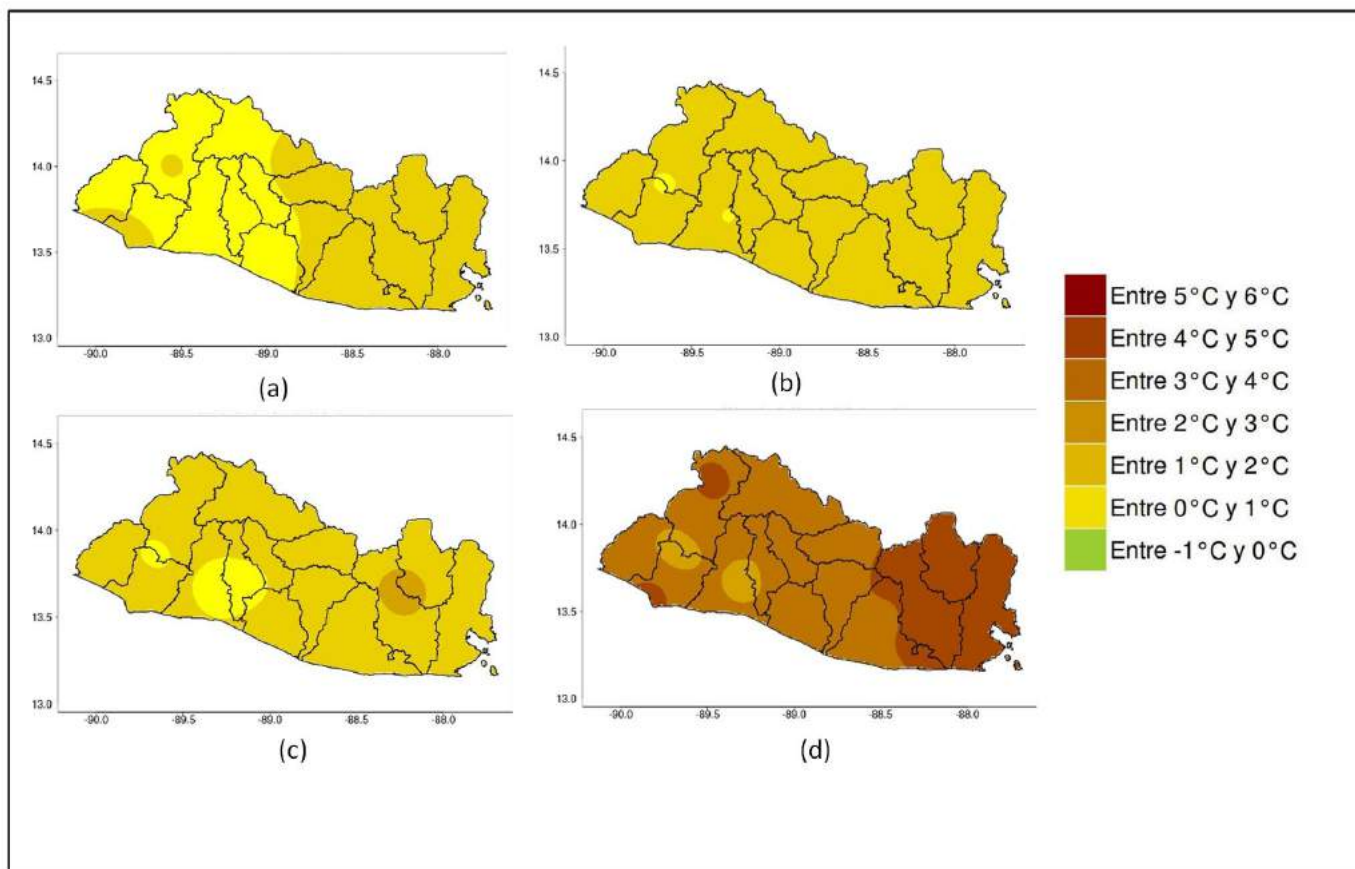


Figura 37. Cambios proyectados en la temperatura media anual (°C) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

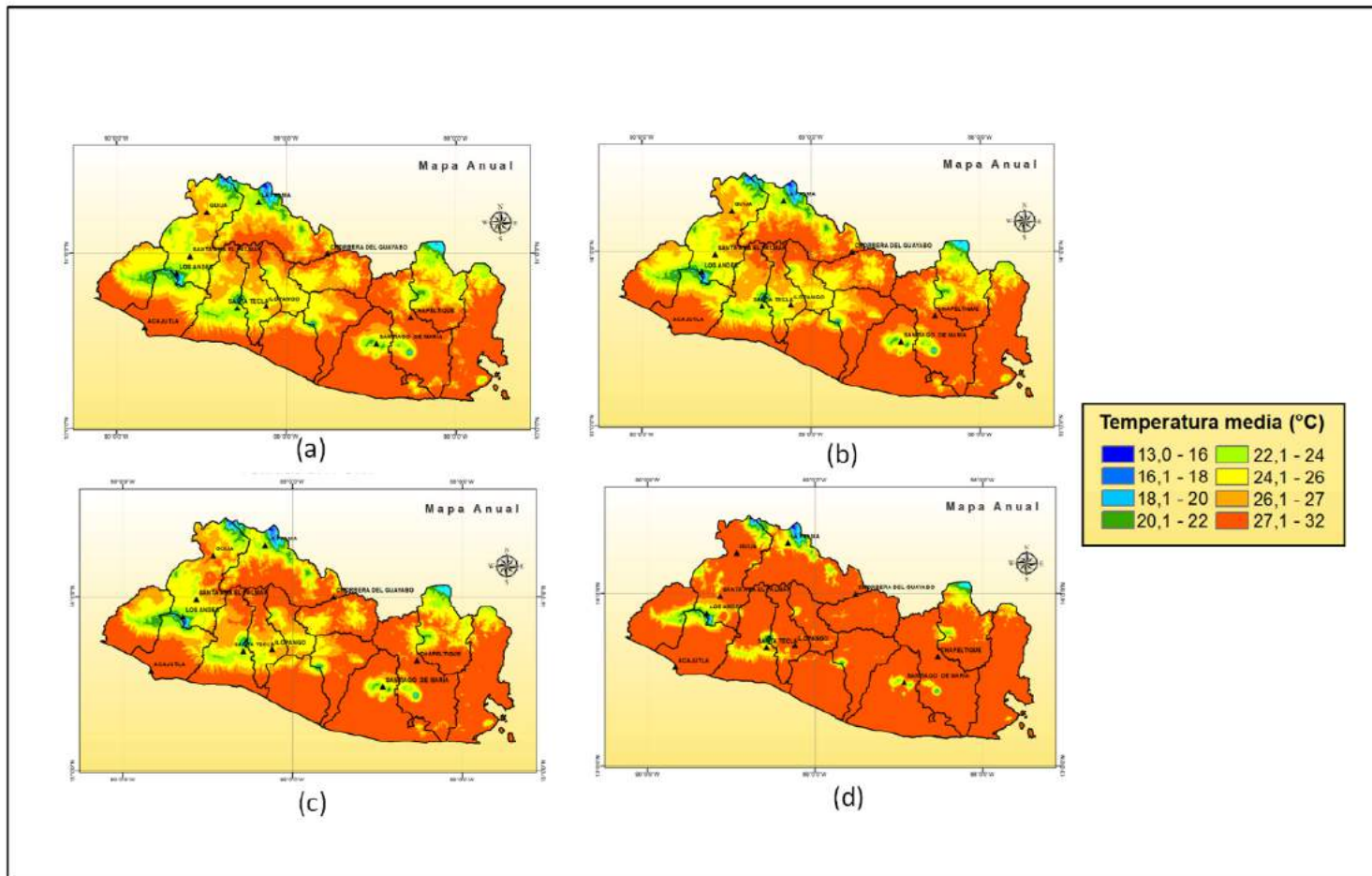


Figura 38. Climatologías futuras de la temperatura media anual, proyectadas por el ensamble multimodelo para los períodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

En términos de décadas, se tiene que:

- ✓ Para los periodos 2021-2030 y 2031-2041, los aumentos de temperatura podrían ser entre 0,7 °C y 1,5 °C, muy similares bajo todos los escenarios, en donde se destaca que los mayores cambios se dan ante el escenario RCP 8.5.
- ✓ La década 2041-2050 presenta los mayores cambios en la temperatura, con valores de entre 1,5 °C y 2 °C, en donde los valores más altos se darán en el oriente de El Salvador bajo el escenario RCP 8.5.
- ✓ Para el periodo 2071-2100, la temperatura media tendrá mayores aumentos, con valores que oscilan entre 1,5 °C hasta 4,5 °C, con los incrementos más altos (superiores a 3 °C) bajo el escenario RCP 8.5. Este cambio implica que el 90 % del territorio nacional presentará en la temperatura valores medios superiores a los 27 °C.
- ✓ Para la década 2071-2080, los aumentos de temperaturas podrán variar entre 1 °C y 1,5 °C hasta 2,5 °C y 3,5 °C.
- ✓ En las décadas 2081-2090 y 2091-2100, la variación aumentará de entre 2,5 °C y 4,5 °C, con énfasis en el oriente del territorio.

En términos mensuales, para el periodo 2021-2050 los cambios son muy similares para todos los meses (entre 1-1,5 °C), mientras que para 2071-2100 los meses con mayores incrementos, bajo el RCP 8.5, serían julio, agosto y septiembre, con valores superiores a los 4 °C (Tabla 41).

Tabla 39

Promedio de anomalías en temperatura media (°C) bajo cuatro escenarios RCP para El Salvador (de 2021 a 2100)

Escenario	Periodos							
	2021-2050	2071-2100	2021-2030	2031-2040	2041-2050	2071-2080	2081-2090	2091-2100
RCP 2.6	1,0	1,3	1,0	0,9	1,1	1,3	1,2	1,4
RCP 4.5	1,2	2,2	0,9	1,3	1,5	1,9	2,1	2,2
RCP 6.0	1,0	2,3	0,8	0,9	1,3	1,7	2,1	2,3
RCP 8.5	1,3	3,7	1,0	1,3	1,7	2,6	3,2	3,7

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC, 2017

Tabla 40

Promedio de las anomalías mensuales de la temperatura media (°C) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2021-2050

Escenario	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
RCP 2.6	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1
RCP 4.5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,2	1,2	1,3	1,4	1,3	1,2	1,2	1,3
RCP 6.0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,2	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1
RCP 8.5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,3	1,3	1,5	1,6	1,5	1,3	1,3	1,3

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC, 2017

Tabla 41

Promedio de las anomalías mensuales de la temperatura media (°C) bajo los 4 escenarios RCP para El Salvador en el periodo 2071-2100

Escenario	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
RCP 2.6	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,5	1,3	1,3	1,3
RCP 4.5	2,2	2,1	2,4	2,4	2,3	2,4	2,5	2,6	2,4	2,2	2,1	2,2
RCP 6.0	2,2	2,3	2,5	2,5	2,4	2,5	2,7	2,7	2,6	2,3	2,2	2,2
RCP 8.5	3,5	3,5	3,8	3,8	3,8	3,9	4,3	4,4	4,2	3,6	3,5	3,6

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC, 2017

La temperatura máxima mostrará las mayores razones de cambio, con una distribución espacial

similar que los valores medios y mínimos (Figura 39). Sin embargo, hacia finales de siglo podrán

presentarse valores de entre 1,5 °C y mayores a 5 °C bajo condiciones del escenario RCP8.5.

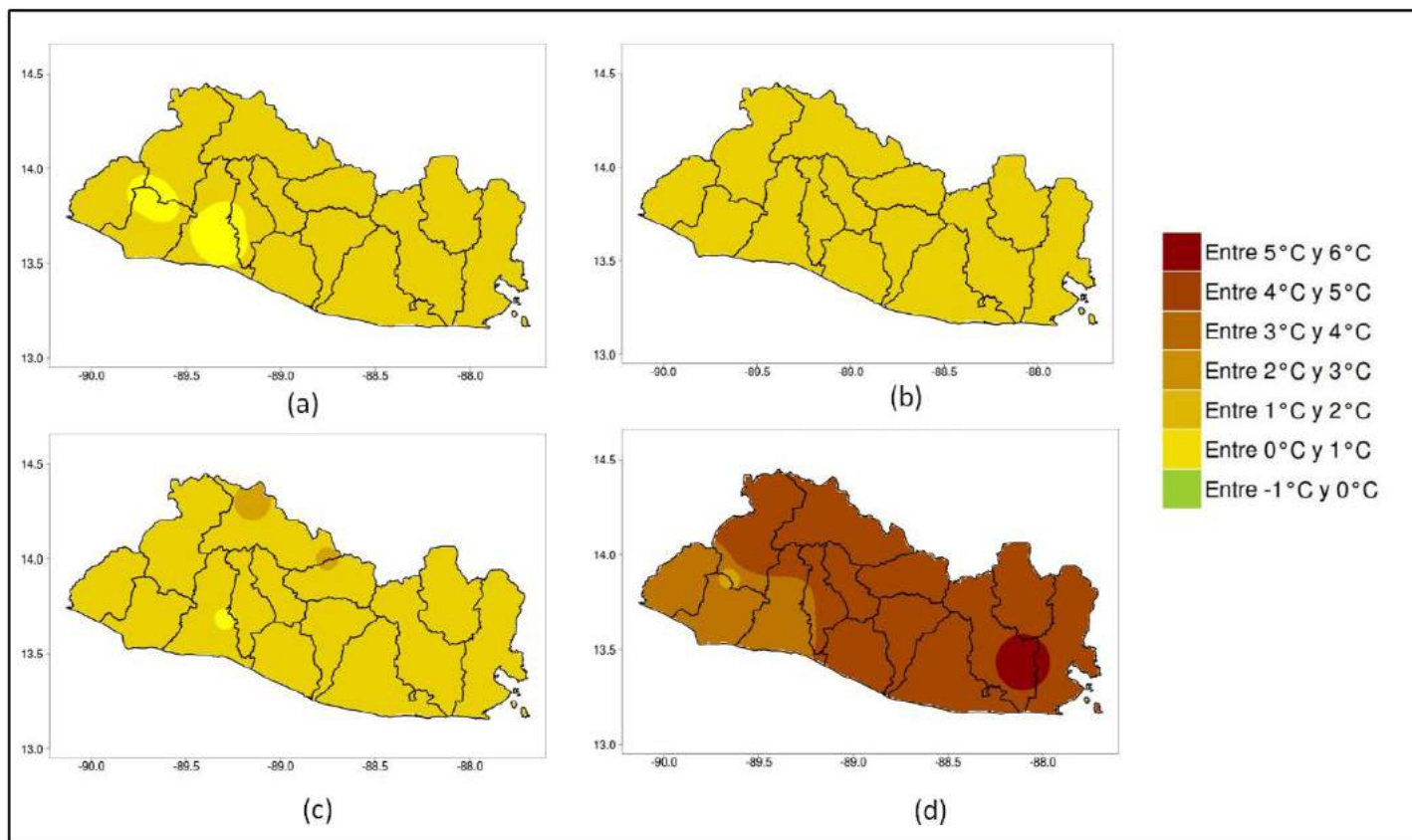


Figura 39. Cambios proyectados en la temperatura máxima (°C) por el ensamble multimodelo para los períodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

La temperatura mínima proyecta incrementos en los periodos 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios de emisiones RCP. En el periodo 2021-

2050, esta se incrementaría de 1 a 1,5 °C en los 4 escenarios RCP. Hacia finales de siglo se esperan

los mayores aumentos en un rango de 3,5-4,5 °C en el escenario RCP 8.5 (Figura 40).

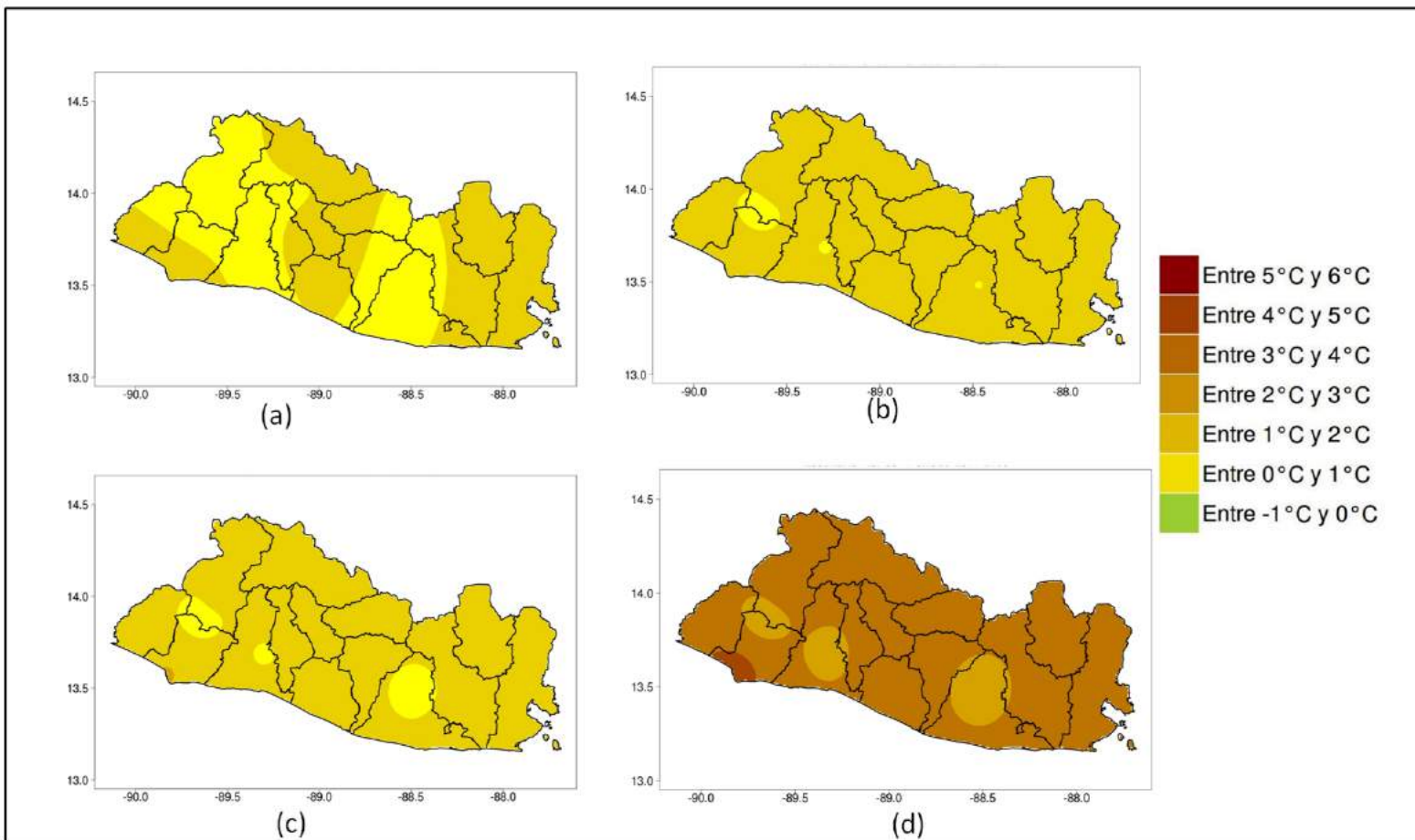


Figura 40. Cambios proyectados en la temperatura mínima del aire (°C) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

Humedad relativa

En todos los periodos de análisis, se mantiene la tendencia de reducciones bajo todos los

escenarios RCP (Figura 41), en comparación con sus valores para el periodo de línea base 1961-1990. Sin embargo, se considera que dichos

cambios no son significativos (debido a que los rangos de cambios no sobrepasan el 4 %).

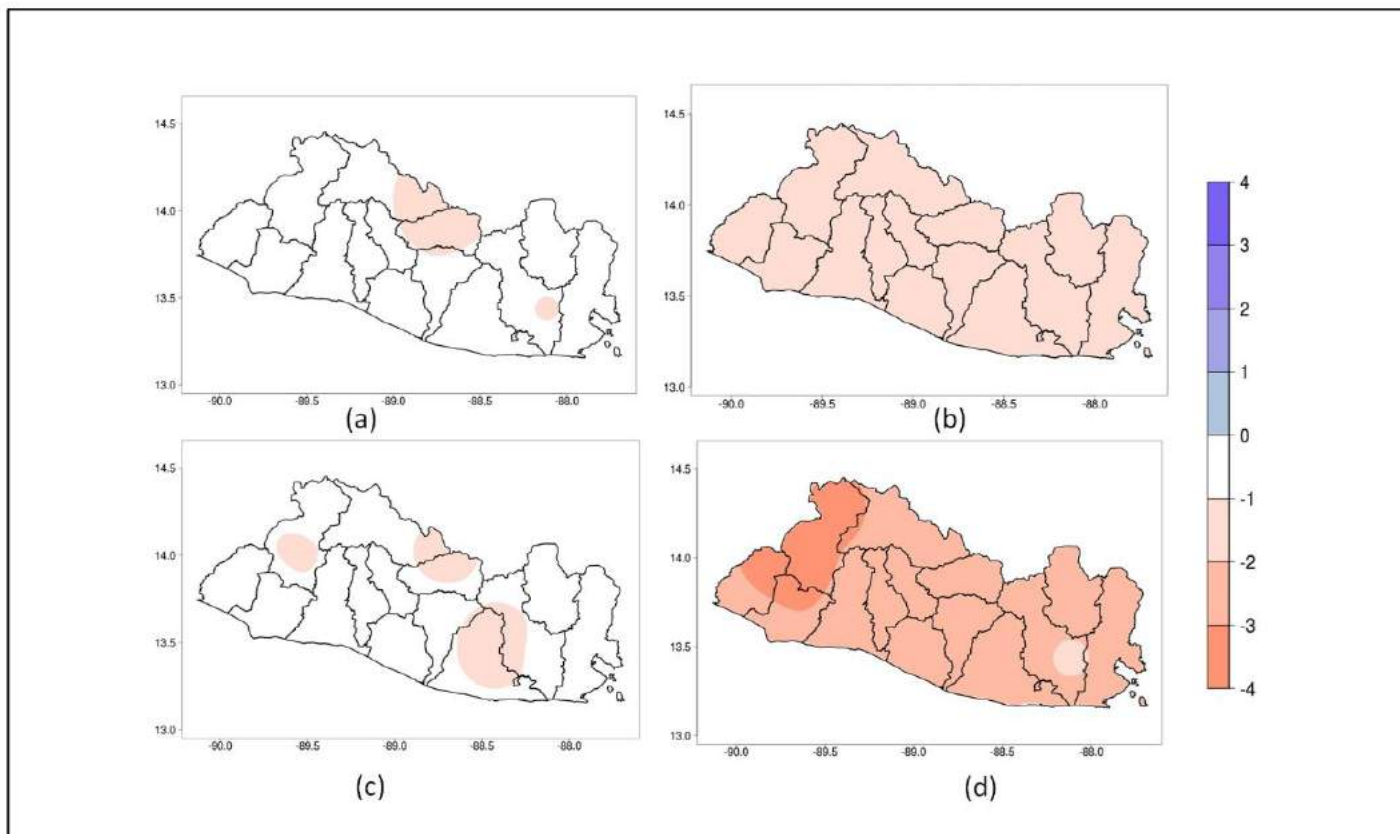


Figura 41. Cambios proyectados en la humedad relativa del aire (%) por el ensamble multimodelo para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

Presión en superficie

Al igual que la humedad relativa, la presión en superficie presenta cambios poco significativos en los periodos analizados 2021-2050 y 2071-2100

bajo todos los escenarios RCP (Figura 42 y Tabla 42). En el periodo 2021-2050, esta variable se incrementaría en máximo 0,75 hPa. La presión en superficie muestra una tendencia hacia el aumento, aunque en ninguno de los periodos

futuros sobrepasa los 2 hPa, y este incremento se ve marcado en la parte norte del territorio de El Salvador.

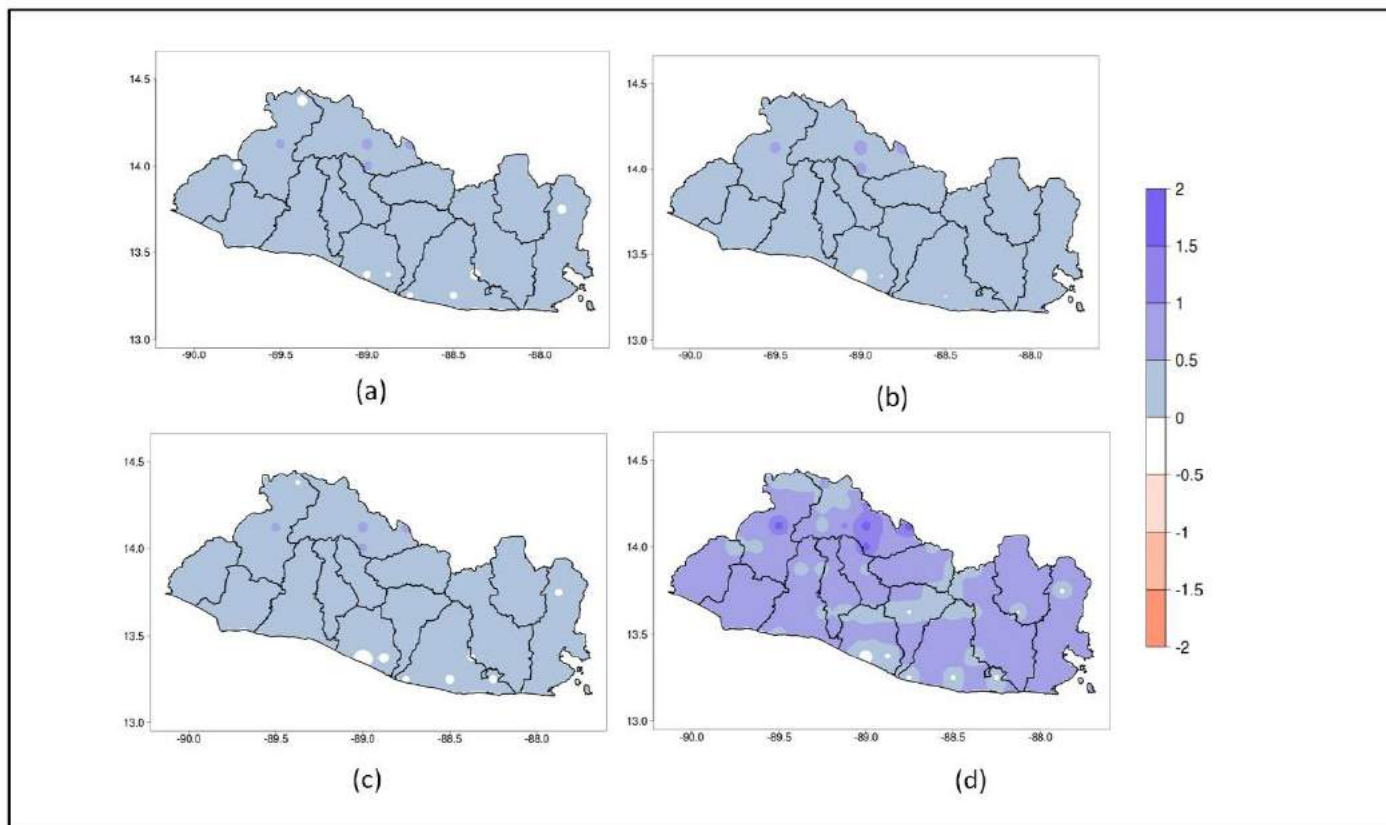


Figura 42. Cambios proyectados en la presión atmosférica superficial (hPa) para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP2.6 y (d) RCP8.5

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

Tabla 42

Promedio de anomalías de presión atmosférica (hPa) en superficie bajo los cuatro escenarios RCP en los periodos de referencia para El Salvador

Escenario	Periodos							
	2021-2050	2071-2100	2021 - 2030	2031-2040	2041-2050	2071-2080	2081-2090	2091-2100
RCP 2.6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
RCP 4.5	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
RCP 6.0	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
RCP 8.5	0,2	0,7	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA, 2017



Velocidad del viento

La velocidad del viento, al igual que la humedad relativa y la presión en superficie presenta cambios poco significativos en los periodos 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios RCP. Esta variable presenta aumentos o reducciones en cada

periodo, aunque en la mayoría de los escenarios y periodos analizados la tendencia es hacia la reducción.

Para el periodo 2021-2050, esta variable probablemente presente cambios del orden de

0,05m/s (Figura 43). A finales de siglo XXI (periodo 2071-2100), la velocidad del viento presentaría reducciones de máximo 0,05 m/s bajo los RCP 2.6, 4.5 y 6.0, e incrementos en el centro y occidente del país bajo el RCP 8.5, con valores del mismo orden (0,05m/s), como se detalla en la Tabla 43.

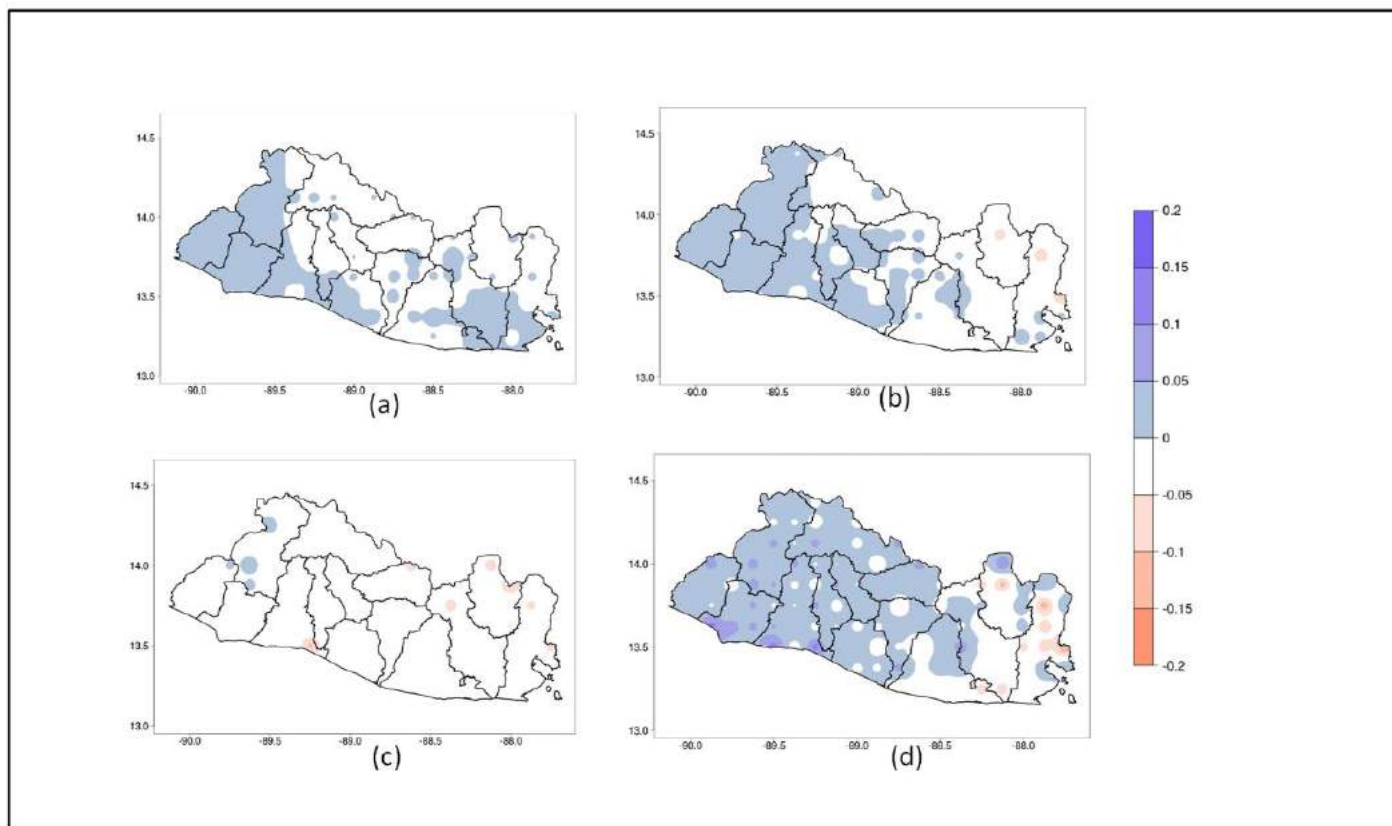


Figura 43. Cambios proyectados en la velocidad media del viento en superficie (m/seg) para los periodos 2021-2050: Escenario (a) RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: Escenario (c) RCP 2.6 y (d) RCP 8.5

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

Tabla 43

Anomalías promedio de la velocidad del viento bajo los cuatro escenarios RCP

Escenario	Periodos								
	2021-2050	2071-2100	2021 - 2030	2031-2040	2041-2050	2071-2080	2081-2090	2091-2100	
RCP 2.6	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,01	-0,01	-0,03	-0,01	
RCP 4.5	-0,03	-0,03	-0,01	-0,04	-0,06	-0,05	-0,03	-0,01	
RCP 6.0	0,00	-0,01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	
RCP 8.5	0,00	0,01	0,02	-0,01	-0,02	0,02	0,01	0,01	

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA



Dirección del viento

La dirección del viento en El Salvador es predominantemente hacia el Suroeste a lo largo del año. Bajo escenarios de cambio climático, presentaría pocos cambios significativos en los

periodos 2021-2050 y 2071-2100 bajo todos los escenarios RCP (Figura 44) al igual que la velocidad del viento.

Según cada escenario, esta variable presenta cambios positivos (incrementos en grados que

llevarían a cambiar la dirección hacia Oeste) o negativos (reducciones que llevarían a cambiar la dirección hacia Sur) en cada periodo, aunque en la mayoría de los escenarios y periodos la tendencia es de un leve cambio negativo.

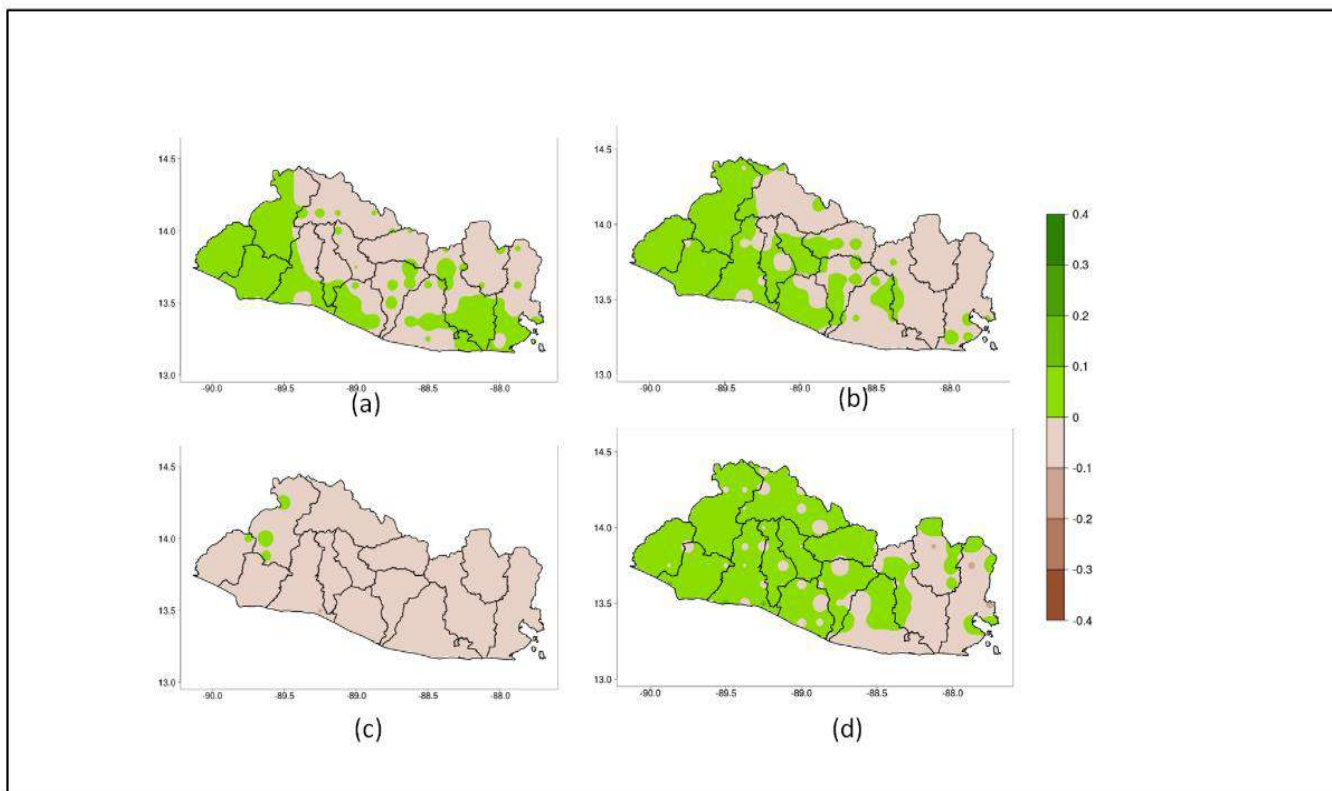


Figura 44. Cambios proyectados en la dirección del viento en superficie (°) por el ensamble multimodelo para los períodos 2021-2050: (a) Escenario RCP 2.6 y (b) RCP 8.5; y 2071-2100: (c) Escenario RCP 2.6 y (d) RCP 8.5

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

Impactos de la variabilidad climática

Este comportamiento proyectado por el ensamble multimodelo bajo los cuatro escenarios RCP del AR5 para la precipitación y las temperaturas media, máxima y mínima pone en alerta sobre el impacto que podría darse en los ecosistemas, los sistemas socioeconómicos y los diversos sectores,

ya que, una reducción de las precipitaciones podría traer problemas en los recursos hídricos del país, así como el incremento de las temperaturas traerían mayores riesgos en la salud, la seguridad alimentaria, la seguridad energética y la seguridad hídrica, entre otras implicaciones.

El quinto informe de evaluación del IPCC analiza los resultados de las proyecciones climáticas para la región de América Central y del Sur, de los cuales para El Salvador se destacan las principales causas, así también como algunos impactos potenciales y consideraciones de adaptación (Tabla 44).

Tabla 44

Variaciones climáticas previstas, impactos potenciales y consideraciones de adaptación

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

Fuentes: Ipcc (2014), Stocker et ál. (2013), Seneviratne et ál. (2012), Chou et ál. (2014), Cepal (2011), Abajo et ál. (2017)

4.2 Vulnerabilidad al cambio climático

Aunque el concepto de vulnerabilidad puede ser concebido y definido desde diferentes enfoques, en el contexto del cambio climático la definición brindada por el IPCC, se ha convertido en una referencia internacional para los análisis de vulnerabilidad. Según el IPCC la vulnerabilidad climática puede ser medida cuantitativamente o caracterizada cualitativamente “en función del carácter, magnitud y rapidez de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación (Parry et al., 2007).”

Con el objetivo de contar con la información específica respecto a la situación de vulnerabilidad climática actual y futura de dos sistemas territoriales (urbano y rural) con condiciones de mayor vulnerabilidad en el país y planear las estrategias y acciones que favorezcan la adaptación anticipada; en el marco de la Tercera Comunicación se realizó una evaluación de la vulnerabilidad climática del Área Metropolitana de San Salvador y del Corredor Seco Oriental de El Salvador.

Los elementos del análisis y los resultados de la evaluación de estos dos territorios se presentan a continuación.

Metodología e indicadores para la evaluación de vulnerabilidad

La evaluación de la vulnerabilidad se aborda considerando la definición del IPCC (2007) y los tres componentes principales que contribuyen a la vulnerabilidad de un territorio:

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

La metodología empleada para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático de cada territorio, se caracteriza por la utilización de indicadores y un conjunto de métodos cualitativos (desarrollo de cadenas de impacto) y cuantitativos (evaluación de indicadores) que analiza e integra los tres componentes de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) para las amenazas climáticas más relevantes. Se asignan pesos tanto a los indicadores como a los componentes de la vulnerabilidad para su integración en un Índice de Vulnerabilidad (IV) por

amenaza. Este IV se calcula tanto para la vulnerabilidad actual (condiciones climáticas actuales) como para la futura (proyecciones climáticas).

Se han considerado los promedios de dos periodos para la vulnerabilidad futura, de acuerdo con los Escenarios Climáticos elaborados para la Tercera Comunicación (MARN 2017):

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

En ambos periodos se consideran las proyecciones para el escenario de más bajas emisiones (RCP 2,6) y más altas emisiones (RCP 8.5) de gases de efecto invernadero.

La Figura 45 sintetiza el marco conceptual para el análisis de la vulnerabilidad y la utilización de indicadores, y la Tabla 45 presenta los indicadores de exposición, de sensibilidad y de capacidad de adaptación seleccionados para el análisis de vulnerabilidad.

En la Tabla 45 se presentan los indicadores seleccionados para el análisis de vulnerabilidad.

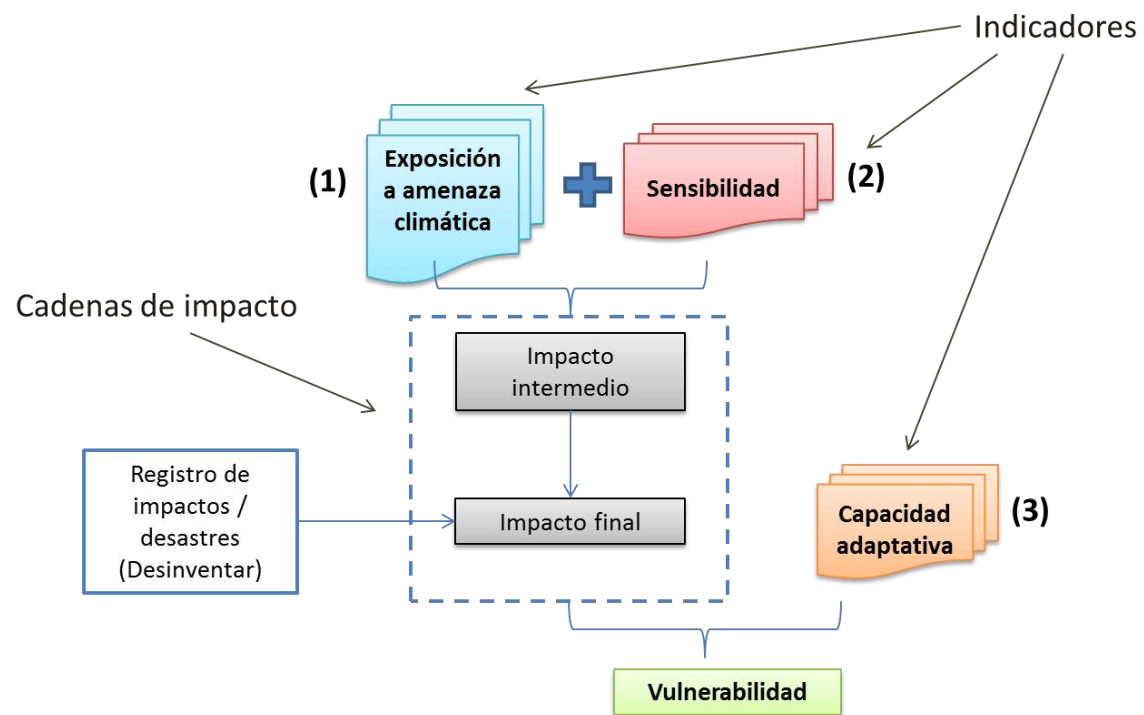


Figura 45. Marco conceptual para el análisis de la vulnerabilidad y utilización de indicadores
 Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC



Tabla 45

Indicadores seleccionados para el análisis de vulnerabilidad

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
Exposición			
E1. Número de días con un Índice de Calor > 125 (Nivel IV de riesgo según NOAA)	En base a valores diarios de temperatura y humedad relativa, este indicador identifica los días por año con alta probabilidad de insolación, golpe de calor.	TEMP/aumento de la temperatura máxima	Línea base: Serie de datos del Observatorio Ambiental (2005-2012) para la estación telemétrica UES de San Salvador Clima futuro: Datos de escenarios climáticos (MARN 2017), informe preparado para la Tercera Comunicación Nacional de El Salvador, promedio de anomalías mensuales de temperaturas máximas y humedad relativa para escenarios RCP2.6 y 8.5 a dos horizontes temporales
E2. Número de días con precipitación superior a 50 mm	Este umbral de precipitación se considera que puede desencadenar inundaciones, y efectos asociados de erosión, en el AMSS (Fernández-Lavado 2010). El indicador considera el número de días por año que se excedería este umbral.	PREP/aumento de las precipitaciones extremas y ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Línea base: Datos DACGER (2013) de precipitación diaria (2002-2011) para las estaciones S-10 (Ilopango) y U-11, U-14 y Z-2 (Corredor Seco) Clima futuro: Datos para El Salvador del portal de cambio climático del Banco Mundial. Indicador cambio en el número de días con precipitación >50mm para escenarios RCP2.6 y 8.5 a dos horizontes temporales
E3. Precipitación media anual	Aporte para la recarga del acuífero, informa sobre condiciones de sequía así como del agua disponible para los cultivos (mínimo 600 mm para granos básicos)	HID/cambios en la precipitación anual y SEG/cambios climáticos y seguridad alimentaria	Línea base del estudio de los escenarios climáticos- MARN 2017; serie de precipitaciones mensuales para el periodo 1961-1990 para la estación de Ilopango (S-10). Series de datos (1986-2015) del Observatorio Ambiental para las estaciones N-02, U-06 y Z-02
E4. Temperatura media anual	Este parámetro informa sobre las condiciones de temperatura predominante para los cultivos (máximo 30° C para granos básicos)	SEG/cambios climáticos y seguridad alimentaria	Series de datos (1986-2015) del Observatorio Ambiental para las estaciones N-02, U-06 y Z-02
Sensibilidad			
S1. % de tejido urbano en zonas calentamiento medio y alto en el municipio	Este indicador espacial identifica zonas urbanas localizadas en las zonas de calentamiento elevado según el mapa de clima urbano desarrollado por Abajo et al. 2017.	TEMP/aumento de la temperatura máxima	Análisis de la Isla de Calor y Mapa de Clima Urbano en AMSS. Proyecto: Planificación para el incremento de la temperatura debido al cambio climático en el Área Metropolitana de San Salvador, Febrero 2017
S2. % de tejido urbano en zonas inundables	Este indicador espacial identifica zonas urbanas en riesgo de inundación, de acuerdo al mapa de inundación nacional	PREP/aumento de las precipitaciones extremas	Mapa de inundaciones según datos históricos (MARN) Escala 1:25,000 El mapa fue creado a partir de las zonas de inundaciones generadas por el Huracán Mitch más las áreas bajo la cota de 10 metros más cercana al

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
			cauce principal de los ríos y cuerpos de agua. Se utilizó una imagen Landsat TM de diciembre de 1998 Metadata (VIGEA): http://mapas.marn.gob.sv/VIGEA/metadata.aspx?service=VIGEA/VIGEMapa&layerindex=49
S3. % de tejido urbano en zonas de deslizamientos	Este indicador espacial identifica zonas urbanas que se solapan con zonas en riesgo de deslizamientos	PREP/aumento de las precipitaciones extremas	Mapa de susceptibilidad a deslizamientos (MARN) (2004) Mapa e información espacial facilitada por el Observatorio Ambiental/MARN (2015-2017)
S4. % suministro de agua procedente de pozos	Porcentaje de hogares en el municipio que obtienen el agua potable a partir de pozos y, por tanto, dependen de los recursos hídricos subterráneos.	HID/cambios en la precipitación anual	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
S5. % superficie agrícola dedicada a granos básicos	Identifica la dependencia de la agricultura del municipio de estos cultivos, que son clave para la seguridad alimentaria	SEG/cambios climáticos y seguridad alimentaria	Mapa de usos del suelo (MARN) El mapa de uso del suelo se elaboró a escala nacional en 2002 con base a la metodología Corine Land Cover (no hay metadata de esta capa en VIGEA). Fuente: Zonificación ambiental y Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador
S6. % superficie agrícola en clases IV-VIII	Porcentaje de la superficie agrícola del municipio que se encuentra en suelos con clase agrologica superior a la clase IV; indicativo de limitaciones significativas para la agricultura y de riesgo de erosión	ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Mapa de clases agrológicas (MARN-MAG) Mapa elaborado con información proporcionada por el Programa de Determinación del Uso Potencial del Suelo MAG/DGRNR 1981
S7. Tasa de dependencia	La dependencia total corresponde a la relación entre la suma de los grupos de población menor de 15 años y mayor de 64 años de edad sobre la población de 15 a 64 años de edad de un municipio	TEMP, PREP, SEG	DIGESTYC (2007)
S8. Estado nutricional de escolares de primer grado	Es la proporción (porcentaje) de niñas y niños que asisten al primer grado de educación básica que al ser evaluados con el índice talla/edad (T/E), se encuentran abajo de – 2 desviaciones estándar (DE), clasificándose como	SEG/cambios en precipitación/temperatura y riesgos para la producción de granos básicos	Datos municipales del Observatorio de Seguridad Alimentaria y Nutricional (2016)

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
	desnutrición crónica o retardo del crecimiento.		
S9. % viviendas en NO buen estado	Identifica viviendas con condiciones de confort deficientes y más susceptibles a los efectos de un aumento de la temperatura	TEMP/aumento de la temperatura máxima	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
S10. % hogares afectados por tormentas, lluvias	Porcentaje de hogares del municipio que reportan haber sido afectados por lluvias; indicativo de la sensibilidad de las viviendas a estos eventos climáticos	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
S11. % tejido urbano que se considera precario	Porcentaje de la superficie urbana que se considera corresponde a asentamientos precarios y es, por tanto, más sensible a eventos climáticos	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, TEMP/aumento de la temperatura máxima	Mapa de usos del suelo (MARN) El mapa de uso del suelo se elaboró a escala nacional en 2002 con base a la metodología Corine Land Cover (no hay metadata de esta capa en VIGEA). Fuente: Zonificación ambiental y Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador
S12. % Población en situación de pobreza	Refleja las condiciones de pobreza del municipio, mediante el porcentaje de hogares con pobreza severa y relativa respecto al total de los hogares	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, TEMP/aumento de la temperatura máxima, SEG/seguridad alimentaria	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
S13. % Población menor de 3 años	Grupo vulnerable a los efectos de un aumento de temperatura	TEMP/aumento de la temperatura máxima	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
S14. Presencia/número de infraestructura crítica en zonas expuestas a inundaciones, deslizamientos o zonas con pendiente > 30%	Identifica infraestructura crítica (escuelas, centros de salud, subestaciones eléctricas, elementos de abastecimiento y tratamiento de las aguas) en zonas expuestas a riesgos climáticos	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Mapas de inundaciones, riesgo de deslizamientos y rango de pendientes (MARN) Mapa de rango de pendientes (VIGEA) fecha de elaboración no conocida: http://mapas.marn.gob.sv/arcgis/rest/services/VIGEA/VIGEMapa/MapServer/50
S15. % Hogares afectados por sequia	Porcentaje de hogares del municipio que reportan haber sido afectados por la sequía; indicativo de la sensibilidad de las viviendas a estos eventos climáticos	HID/cambios en la precipitación anual, SEG/seguridad alimentaria	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
S16. # de habitantes por pozo	El promedio municipal del número de habitantes abastecidos por pozo indica el grado de dependencia de la población de las aguas subterráneas	HID/cambios en la precipitación anual	Información espacial con la localización de los pozos (ANDA) y número total de habitantes por municipio (Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2016, DIGESTYC) Información espacial del 2015 facilitada por ANDA bajo el marco del proyecto MARN-CDKN-ESSA (2015-2017)
S17. % nuevas conexiones de agua	Porcentaje de nuevas conexiones a fuentes de agua, que indican una demanda creciente o escasez de agua en el municipio	HID/cambios en la precipitación anual	Boletín Informativo del ANDA (2015) para los municipios del AMSS
S18. Grado de urbanización del municipio	Porcentaje de la superficie del municipio con tejido urbano continuo, lo que indica altos niveles de impermeabilización y susceptibilidad a inundaciones, potencial de alteración de microclimas	TEMP/aumento de la temperatura máxima, PREP/aumento de las precipitaciones extremas	Mapa de usos del suelo (MARN) El mapa de uso del suelo se elaboró a escala nacional en 2002 con base a la metodología Corine Land Cover (no hay metadatos de esta capa en VIGEA). Fuente: Zonificación ambiental y Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador
S19. % población afectada por corte de servicio	Informa sobre la población que sufre de cortes de servicio de agua potable respecto al total de la población del municipio. Identifica fallos en el sistema de abastecimiento que se podrían agravar con el cambio climático	HID/cambios en la precipitación anual	Datos (para el año 2016) facilitados directamente por ANDA
S20. % pequeños productores	Porcentaje de pequeños productores respecto al total de productores agrícolas. Identifica la importancia de este tipo de productor, más afectado por los impactos climáticos	SEG/seguridad alimentaria	IV Censo agropecuario (2007)
S21. % pequeños productores femeninos	Informa sobre el porcentaje de productores agrícolas que se corresponden con mujeres	SEG/seguridad alimentaria	IV Censo agropecuario (2007)
S22. % productores dedicados a granos básicos	Identifica la importancia de este grupo de productores,	SEG/seguridad alimentaria	IV Censo agropecuario (2007)

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
	generalmente de pequeño tamaño y en condiciones de pobreza		
S23. % Municipio con >30% de pendiente	Porcentaje de la superficie del municipio en riesgo de erosión	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Mapa de rango de pendientes (MARN) Mapa de rango de pendientes (VIGEA) fecha de elaboración no conocida: http://mapas.marn.gob.sv/arcgis/rest/services/VIGEA/VIGEAMapa/MapServer/50
Capacidad adaptativa			
C1. % hogares con acceso a agua	Porcentaje de hogares con dotación de servicios de agua, lo que les puede ayudar a paliar algunos efectos climáticos	TEMP/aumento de la temperatura máxima, HID/cambios en la precipitación anual	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
C2. % hogares con acceso a electricidad	Porcentaje de hogares con dotación de servicios de electricidad, lo que les puede ayudar a paliar algunos efectos climáticos	TEMP/aumento de la temperatura máxima, HID/cambios en la precipitación anual	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
C3. % hogares con internet	Indicador que informa sobre la capacidad de acceso a la información y de comunicación en caso de alertas, emergencias	PREP/aumento de las precipitaciones extremas, ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
C4. % de población alfabetizada	Información general sobre el nivel de educación y capacitación de la población	PREP/aumento de las precipitaciones extremas	Datos CONASAN (2007)
C5. % vegetación natural y cuerpos de agua en el municipio	Porcentaje de la superficie municipal compuesta por vegetación natural y cuerpos de agua. Estas superficies pueden ejercer un efecto positivo regulando el microclima	HID/cambios en la precipitación anual, TEMP/aumento de la temperatura máxima	Mapa de usos del suelo (MARN) El mapa de uso del suelo se elaboró a escala nacional en 2002 con base a la metodología Corine Land Cover (no hay metadatos de esta capa en VIGEA). Fuente: Zonificación ambiental y Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador
C6. # de albergues por el número de habitantes	Disponibilidad de infraestructura para acoger a los ciudadanos en caso de emergencias climáticas	TEMP/aumento de la temperatura máxima, PREP/aumento de las precipitaciones extremas	Protección Civil, planes de mitigación de riesgos (disponibles en línea y revisados en diciembre 2017)
C7. # pozos de monitoreo del nivel freático	Monitoreo de condiciones del acuífero es parte de un sistema de alerta temprana	HID/cambios en la precipitación anual	Información de ANDA
C8. % área de recarga en zona no urbanizada	Capacidad de infiltración	HID/cambios en la precipitación anual	Mapa de recarga del acuífero del Acelhuate (OPAMSS): 2009 El mapa de uso del suelo se elaboró a escala nacional en 2002 con base a la metodología Corine Land Cover (no hay metadatos de esta capa en

Indicador	Justificación	Cadena de impactos/amenaza climática	Fuente de información
			VIGEA). Fuente: Zonificación ambiental y Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador
C9. % tejido urbano discontinuo y zonas verdes	Capacidad de atenuar el efecto de temperaturas extremas	TEMP/aumento de la temperatura máxima	Mapa de uso del suelo (MARN) El mapa de uso del suelo se elaboró a escala nacional en 2002 con base a la metodología Corine Land Cover (no hay metadatos de esta capa en VIGEA). Fuente: Zonificación ambiental y Usos del Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador
C10. % productores con equipo de riego	Capacidad técnica de contrarrestar los efectos de la sequía	SEG/seguridad alimentaria	IV Censo agropecuario (2007)
C11. % productores con equipo de almacenamiento de agua	Capacidad de almacenar agua	SEG/seguridad alimentaria	IV Censo agropecuario (2007)
C12. % productores con bomba achicadora	Capacidad para desalojar agua de los cultivos en caso de inundación, precipitación extrema	ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	IV Censo agropecuario (2007)
C13. % hogares que son miembros de una cooperativa	Capacidad de organización, acceso a recursos colectivos, etc.	SEG/seguridad alimentaria, ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
C14. % hogares con producción de patio para consumo	Capacidad de producir alimentos para autoabastecimiento	SEG/seguridad alimentaria	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)
C15. % hogares que reciben paquete agrícola	Porcentaje de hogares que reciben apoyo en forma de semillas y otros insumos	SEG/seguridad alimentaria, ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC)47
C16: %cobertura arbórea	La arborización / cobertura vegetal reduce el riesgo de erosión y estabiliza taludes	ERO/intensificación de procesos erosivos en el Corredor Seco	Mapa de usos del suelo (MARN) El mapa de uso del suelo se elaboró a escala nacional en 2002 con base a la metodología Corine Land Cover (no hay metadatos de esta capa en VIGEA).

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

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

La vulnerabilidad se evalúa como un índice de vulnerabilidad estandarizado, con valores entre 0 y 1, que resulta de la suma ponderada de los tres componentes que intervienen en la vulnerabilidad:

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

Dónde:

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

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

indicador normalizado para captar este rango de valores.

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

Los resultados obtenidos para el IV se han categorizado de acuerdo a sus percentiles 0,25, 0,50 y 0,75 con el objetivo de asignar clases o grados de vulnerabilidad a cada municipio: muy alta (valor de IV > percentil 0,75), alta (valor de IV > percentil 0. 5), moderada (valor de IV > percentil 0. 25) y baja (valor de IV < percentil 0. 25).

El ajuste de los pesos de cada componente de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa), así como los pesos para los indicadores de cada componente, se ha realizado de forma iterativa, comparando los resultados del IV con información disponible sobre las amenazas estudiadas (Debortoli et ál. 2017).

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

La vulnerabilidad futura para cada amenaza se evalúa considerando la exposición futura en función de las proyecciones climáticas para cada escenario considerado (2021-2050: RCP 2.6 y 8.5, 2071-2100: RCP 2.6 y 8.5).

Alcance de la Evaluación de Vulnerabilidad

Como primer paso en el estudio de la vulnerabilidad en ambos territorios se procedió a definir cada uno de los sistemas objeto de estudio, lo que implica definir el alcance geográfico (municipios incluidos en el análisis), temporal (horizontes temporales), así como identificar las variables climáticas relevantes para los riesgos climáticos abordados en el análisis de vulnerabilidad. En esta sección se documentan las consideraciones que se tomaron en cuenta para definir el alcance del análisis de vulnerabilidad en los dos territorios.

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

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

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

En el Corredor Seco Oriental, tomando en cuenta el contexto socio-ambiental del territorio y la información disponible, el análisis de vulnerabilidad se centró en las siguientes amenazas:

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

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

Tabla 46
Municipios y nomenclación (utilizada en mapas de vulnerabilidad)

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

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

municipios incluidos en el análisis se presentan en la Tabla 46.

Para estudiar las amenazas climáticas priorizadas para cada territorio se identificaron las variables climáticas que mejor representan el fenómeno de vulnerabilidad y de las que se dispone de datos. La **vulnerabilidad actual** para cada variable se

caracterizó por series temporales de datos climáticos obtenidas de estaciones meteorológicas (observaciones). Estos valores climáticos normales dan una buena estimación de las condiciones generales en cada territorio y para cada una de las variables.

Análisis de vulnerabilidad climática en el Corredor Seco Oriental

Toda la región del Corredor Seco Centroamericano está afectada por fenómenos cíclicos de sequía severa y alta.

Alrededor del 50 % de la Población Económicamente Activa del Corredor Seco se dedica a la agricultura (Bouroncle et ál., 2015). En su mayor parte se trata de pequeños y medianos agricultores pobres en situación de desigualdad social y con una fuerte dependencia de los ingresos derivados de la agricultura y una capacidad adaptativa baja de la población rural de esta región. Recurrentemente, la zona oriental del país muestra un área afectada significativamente por sequía fuerte, período seco con más de 15 días consecutivos. Los cambios en la productividad de los cultivos como consecuencia de las modificaciones en las variables climáticas tienen repercusiones sociales. En la medida que se reducen las producciones de granos básicos, hay una marcada reducción de empleo y un aumento de precios, situación que incrementa los niveles de pobreza e insatisfacción de las necesidades básicas. Los cambios negativos en la dieta alimenticia también inciden fuertemente en los niveles de mortalidad, morbilidad y esperanza de vida de la población.

La Figura 46 muestra la cadena de impactos asociados a los cambios en la precipitación y la

- vulnerable a cambios en la precipitación y temperatura anuales (y efectos correspondientes sobre los granos básicos y la

temperatura media anual, así como los posibles riesgos para los cultivos y la seguridad alimentaria en el Corredor Seco Oriental

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

Estos procesos pueden intensificarse por los efectos del cambio climático y amplificar el deterioro ambiental debido al mal uso de la tierra e inadecuadas prácticas agrícolas, expansión de la

frontera agrícola sin regulación, proliferación de asentamientos humanos sin planificación, alta vulnerabilidad de los pequeños productores de granos básicos y un deficiente ordenamiento territorial. Uno de los mecanismos clave de degradación en la zona son los procesos erosivos desencadenados por lluvias extremas, que conducen a la pérdida de suelo y el posible daño a cultivos e infraestructura.

La Figura 47 muestra la cadena de impactos asociados al aumento de las precipitaciones extremas y la intensificación de procesos erosivos (ERO) en el Corredor Seco Oriental.

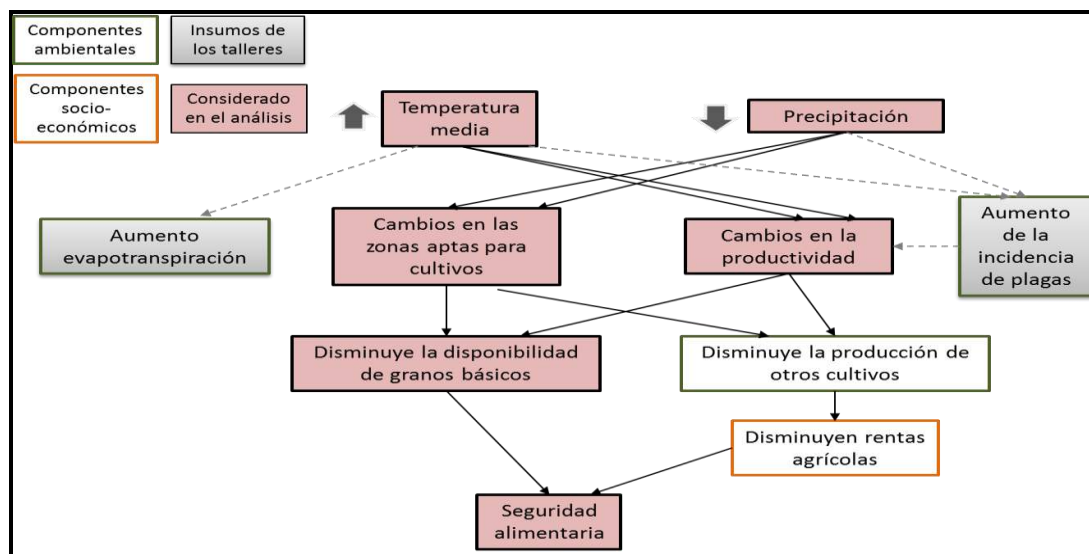


Figura 46. Cadena de impactos y riesgos por precipitación y temperatura en el Corredor Seco Oriental
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

Patrones generales de vulnerabilidad climática en el corredor seco

La tabla 47 presenta los resultados en cuanto a los índices de vulnerabilidad actual y futura calculados para los 36 municipios del Corredor Seco Oriental contemplados y según las dos cadenas de impacto analizadas. A fin de contrastar los resultados más extremos, la tabla solo incluye los resultados de vulnerabilidad futuro para el horizonte de planificación a más largo plazo y el escenario de concentración de GEI más pesimista.

Los valores de los índices de vulnerabilidad se expresan sobre una escala relativa con un rango entre 0 y 1, siendo 0 vulnerabilidad extremadamente baja y 1 lo contrario. De un análisis comparativo de estos resultados agregados se rescatan los siguientes puntos:

- Los municipios del Corredor Seco Oriental no son igualmente vulnerables a cambios en los promedios anuales de temperaturas y precipitación ni a cambios en los patrones de lluvias intensas. Por ejemplo, de acuerdo al marco de análisis, el municipio de El Carmen (departamento de La Unión) es altamente seguridad alimentaria). Sin embargo, al contar con una proporción relativamente baja de la superficie del municipio indicativo de limitaciones significativas para la agricultura y de riesgo de erosión, y una superficie relativamente grande de cobertura arbórea, presenta baja vulnerabilidad ante el aumento de precipitaciones extremas y efectos relacionados. En ese sentido, los resultados desglosados por cadena de impacto/amenaza

climática permiten orientar las medidas de adaptación consecuentes.

- De las dos amenazas climáticas estudiadas, cabe resaltar el incremento en exposición que podría significar el aumento de temperaturas y

la disminución de precipitación media anual hacia el fin de siglo. En comparación con el clima actual, se prevé un aumento en la temperatura media anual del territorio de 3.8°C para el escenario de altas emisiones (RCP

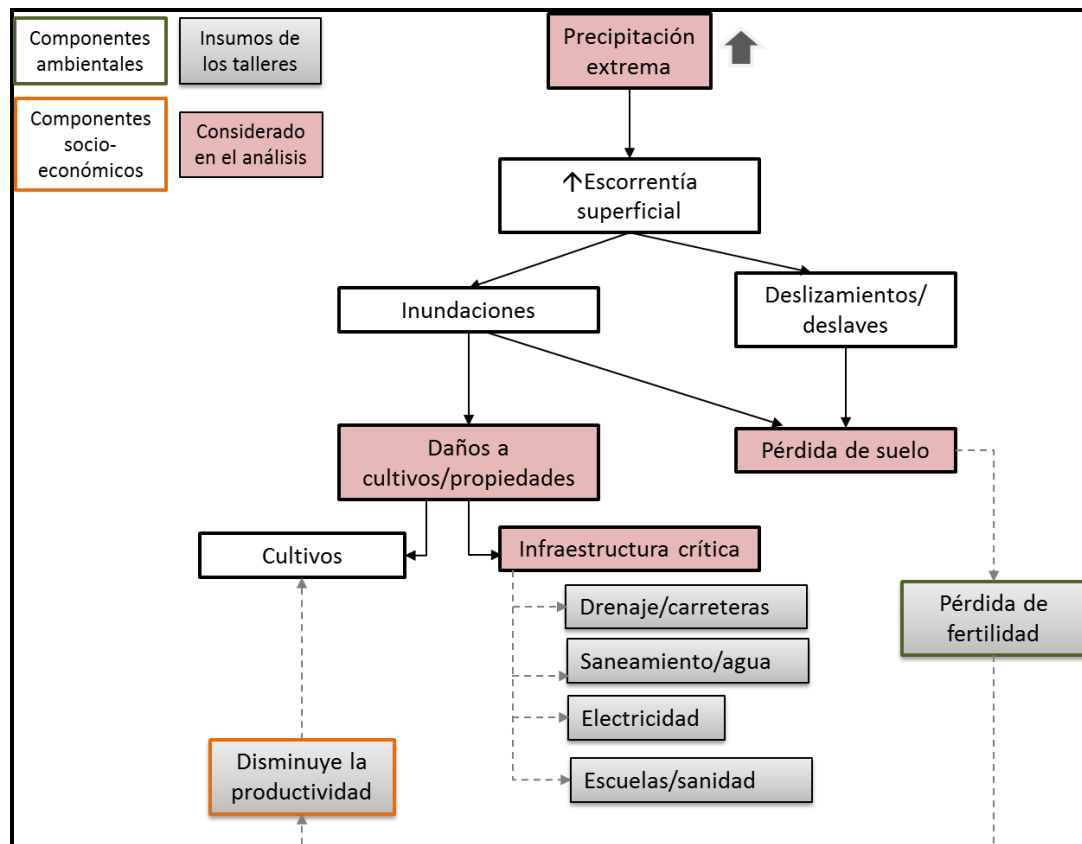


Figura 47. Cadena de impactos por precipitaciones extremas e intensificación de erosión en el Corredor Seco Oriental

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

8.5, 2071-2100), mientras que la precipitación media anual podría reducirse en un 25% para el mismo escenario (RCP, 2071-2100). Para la amenaza de aumento de precipitación máxima, no hay diferencia significativa entre la

exposición actual y futura, según las proyecciones de los modelos globales climáticos. Sin embargo, las predicciones de cambios en parámetros climáticos extremos son inciertos, la variabilidad climática (p.ej.,

episodios de ENOS) se sobrepone a la señal de cambio climático gradual y se sabe que con el aumento de temperaturas de la atmósfera y de los océanos se intensificará el ciclo hidrológico (IPCC, 2014)

Tabla 47

Indices de vulnerabilidad (actual y futura) de municipios del Corredor seco oriental y cadenas de impacto analizadas

Municipio	Temperatura y precipitación media (SEG)		Precipitación intensa y riesgo de erosión (ERO)	
	Actual	2071-2100 (RCP 8.5)	Actual	2071-2100 (RCP 8.5)
BOLÍVAR	0.612	0.734	0.613	0.611
CHILANGA	0.535	0.657	0.596	0.594
CHIRILAGUA	0.551	0.693	0.540	0.538
COMACARÁN	0.508	0.630	0.559	0.557
CONCEPCIÓN BATRES	0.485	0.600	0.493	0.491
CONCHAGUA	0.622	0.710	0.452	0.450
DELICIAS DE CONCEPCIÓN	0.516	0.605	0.547	0.545
EL CARMEN	0.636	0.725	0.429	0.427
EL DIVISADERO	0.584	0.706	0.431	0.430
EL TRÁNSITO	0.573	0.695	0.501	0.499
GUALOCOCTI	0.456	0.578	0.552	0.551
GUATAJIAGUA	0.569	0.691	0.521	0.519
INTIPUCÁ	0.621	0.709	0.466	0.464
JIQUILISCO	0.531	0.646	0.452	0.450
JOCORO	0.519	0.641	0.478	0.476
JUCUARÁN	0.612	0.754	0.544	0.542
LA UNIÓN	0.649	0.738	0.469	0.468
LOLOTIQUILLO	0.479	0.601	0.498	0.496
MEANGUERA DEL GOLFO	0.672	0.761	0.484	0.482

OSCICALA	0.505	0.627	0.494	0.492
PASAQUINA	0.590	0.678	0.490	0.489
PUERTO EL TRIUNFO	0.414	0.536	0.449	0.448
SAN ALEJO	0.635	0.724	0.488	0.486
SAN CARLOS	0.534	0.656	0.446	0.445
SAN DIONISIO	0.451	0.566	0.532	0.530
SAN FRANCISCO GOTERA	0.579	0.701	0.478	0.477
SAN JOSE	0.628	0.750	0.615	0.613
SAN SIMÓN	0.420	0.542	0.635	0.634
SENSEMBRA	0.613	0.735	0.489	0.487
SOCIEDAD	0.509	0.631	0.517	0.516
ULUAZAPA	0.601	0.723	0.510	0.508
USULUTÁN	0.530	0.645	0.511	0.509
YAMABAL	0.530	0.652	0.474	0.472
YAYANTIQUÉ	0.637	0.759	0.523	0.522
YOLOAIQUIN	0.409	0.531	0.552	0.550
YUCUAIQUÍN	0.568	0.690	0.520	0.518
<i>PROMEDIO CORREDOR SECO ORIENTAL</i>	0.552	0.667	0.511	0.509

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC



A continuación se presenta en mapas y gráficos los resultados que permiten visualizar la distribución de vulnerabilidad climática a través del territorio, de una manera estandarizada, para lo cual se han agrupado los valores del índice de vulnerabilidad en cuatro percentiles representando así diferentes grados de vulnerabilidad (Baja, Moderada, Alta y

Muy Alta). Para ello se utiliza la numeración de municipios de la tabla 46.

Los gráficos permiten visualizar, para cada municipio y cadena de impacto: 1. El valor total de los índices de sensibilidad y capacidad adaptativa, mediante la longitud total de la barra y 2) el aporte

relativo de cada indicador, a través de las subdivisiones a las barras.

La Figura 48 presenta el mapa del grado de vulnerabilidad futura a cambios en la temperatura y precipitación media anual e impactos en la seguridad alimentaria en los municipios seleccionados del Corredor Seco Oriental

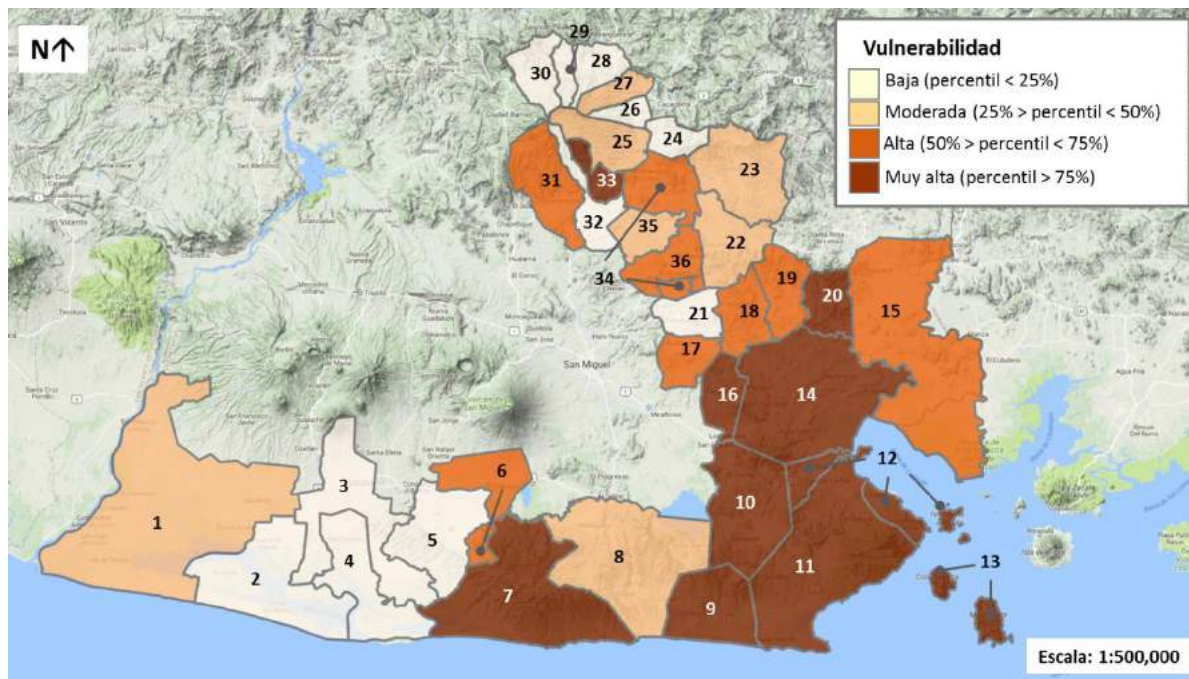


Figura 48. Mapa del grado de vulnerabilidad futura (RCP8, 2071-2100) a cambios en la temperatura y precipitación media anual e impacto en la seguridad alimentaria en el Corredor Seco Oriental
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

La figura 49 muestra la contribución de los indicadores individuales al índice agregado de

sensibilidad a los cambios en la temperatura y precipitación media anual y sus efectos en la

seguridad alimentaria en los municipios seleccionados del corredor seco oriental.

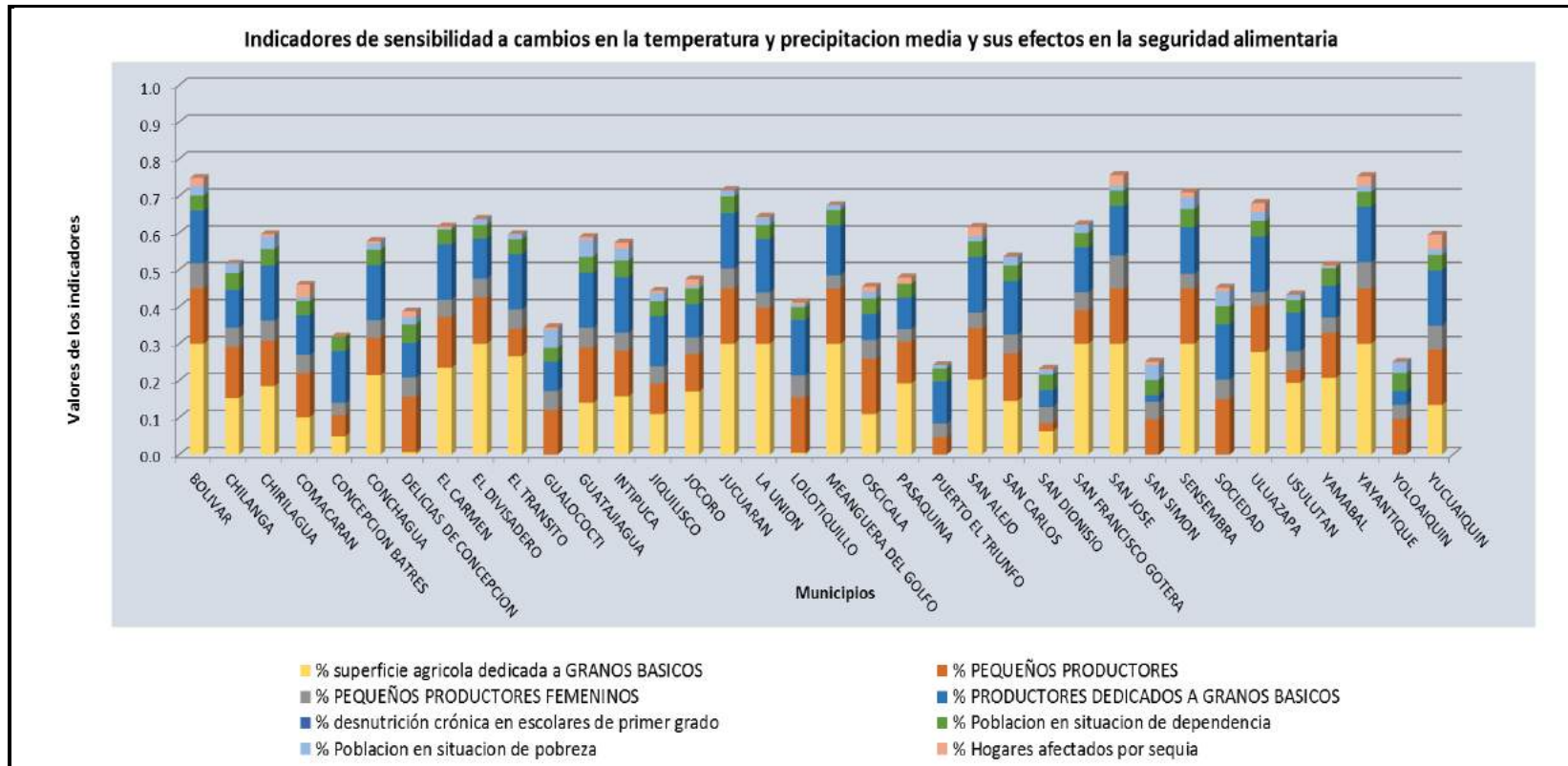


Figura 49. Índice agregado de sensibilidad a cambios en la temperatura y precipitación media anual y sus efectos en la seguridad alimentaria en el Corredor Seco Oriental
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

A continuación se muestran los resultados de la contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa frente a

los cambios en la temperatura y precipitación media anual y sus efectos en la seguridad

alimentaria en los municipios seleccionados del corredor seco oriental

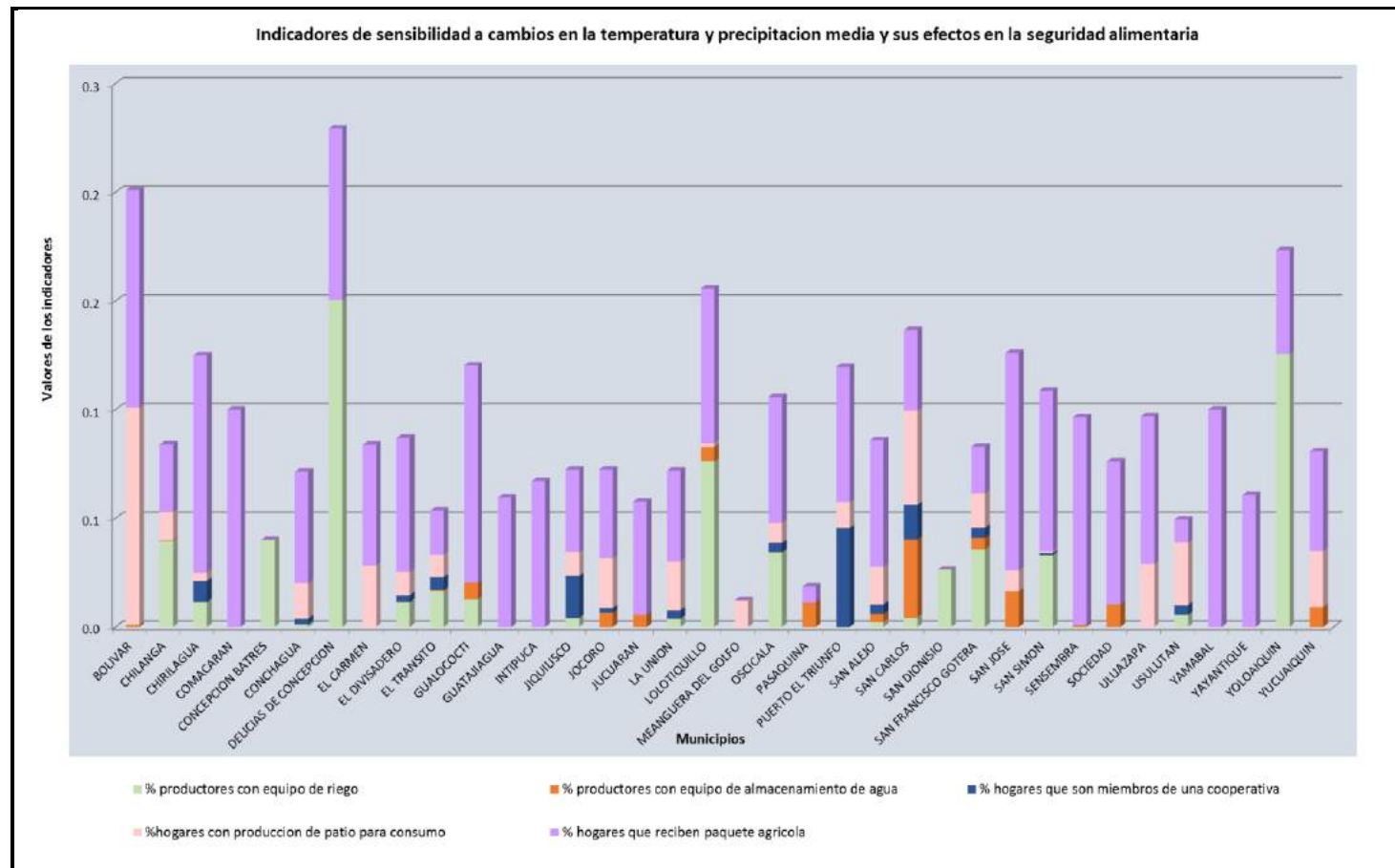


Figura 50. Capacidad adaptativa frente de la seguridad alimentaria en el Corredor Seco Oriental
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

El siguiente mapa muestra el grado de vulnerabilidad (RCP8.5, 2071-2100) al aumento de la precipitación máxima en los municipios

seleccionados del Corredor Seco Oriental. Dada la geografía de esta zona, varios de los municipios del departamento de Morazán son muy

vulnerables a los riesgos de erosión derivados de la intensificación de la precipitación.

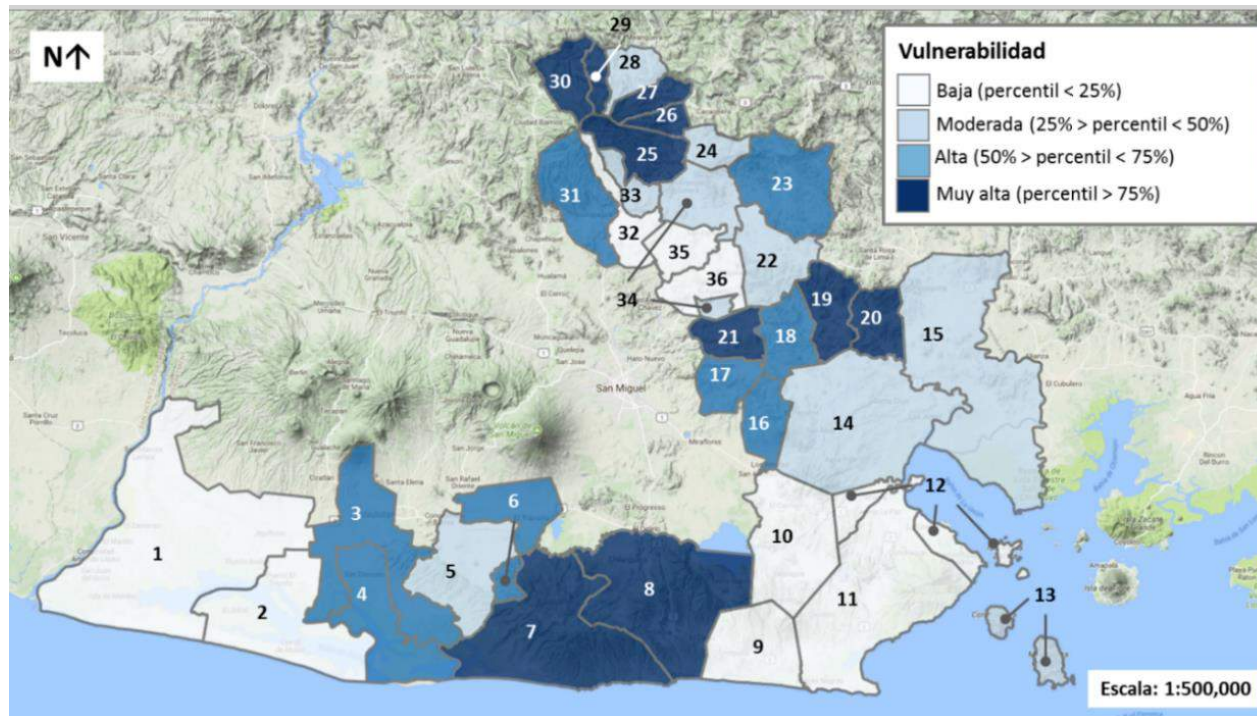


Figura 51. Mapa del grado de vulnerabilidad futura al aumento de la precipitación máxima de los municipios del Corredor Seco Oriental
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

A continuación se muestran los resultados de la contribución de los indicadores individuales al índice agregado de sensibilidad al aumento de la

precipitación máxima en los municipios seleccionados del Corredor seco oriental.

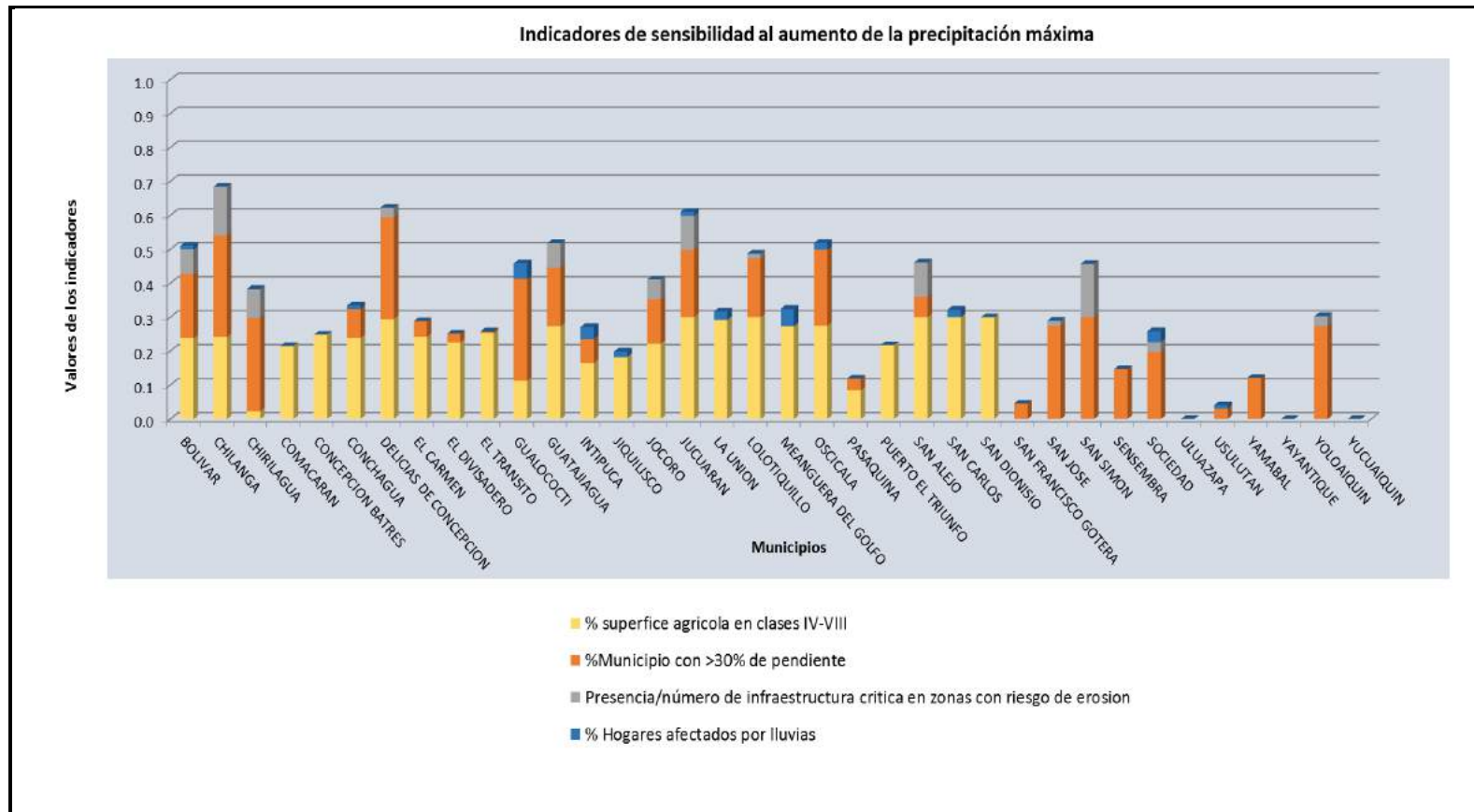


Figura 52. Sensibilidad al aumento de la precipitación máxima en el Corredor Seco Oriental
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

El gráfico a continuación muestra la contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa frente al aumento de la

precipitación máxima en los municipios seleccionados del Corredor seco oriental.

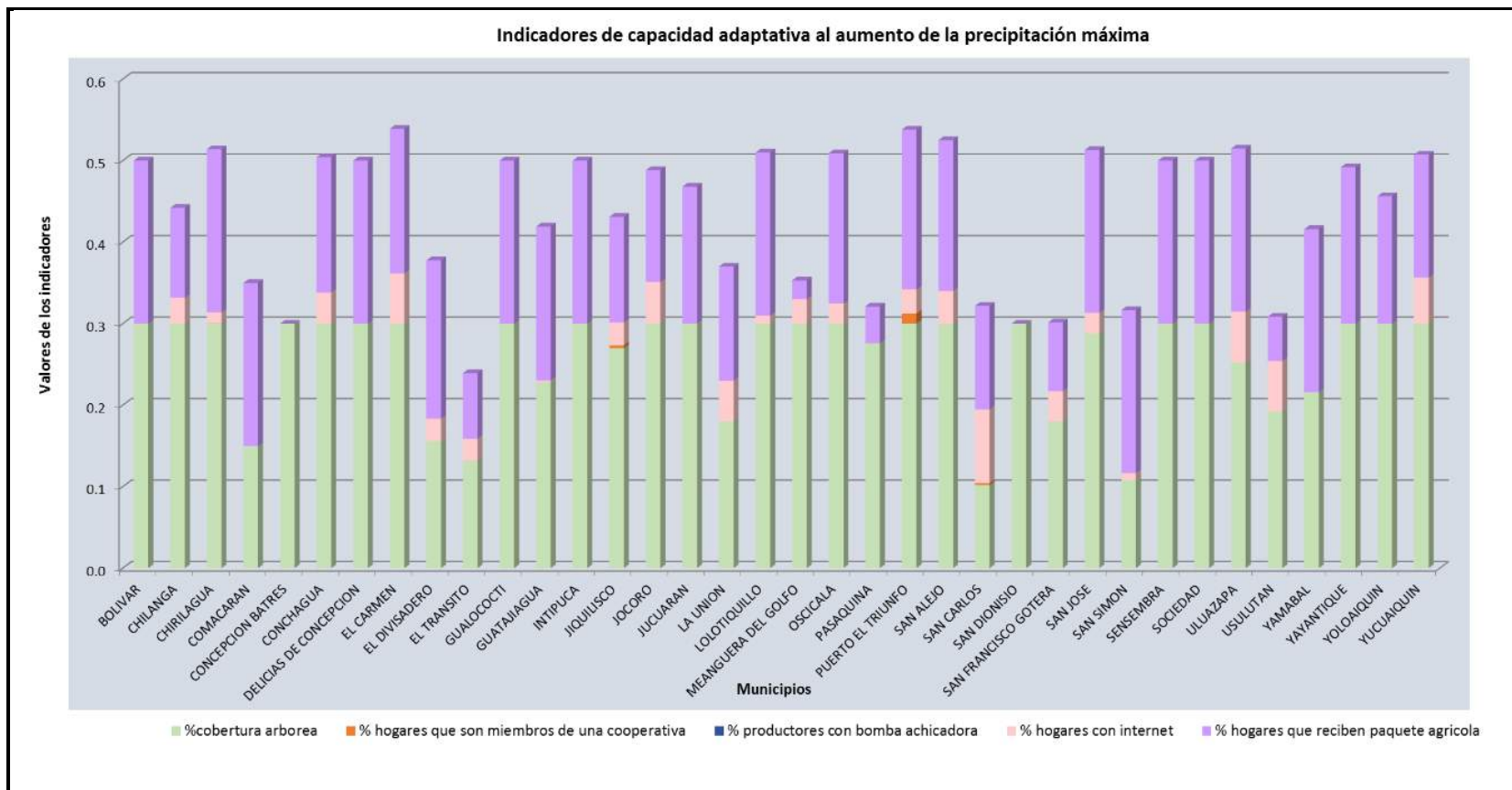


Figura 53. Capacidad adaptativa frente al aumento de la precipitación máxima en el Corredor Seco Oriental
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

Vulnerabilidad climática en el Amss

El Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), que abarca un total de 14 municipios, concentra el 27,2 % de la población total del país (COAMSS-OPAMSS, 2013) con una densidad de población media de 2.903 habitantes por km². El AMSS ocupa una extensión territorial de 610 km², lo que supone el 3 % de la superficie total del país. El 70 % de la inversión pública y privada se da en la zona; por lo tanto es la región con mayor actividad económica, política, financiera y cultural del país.

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

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

La unidad espacial de análisis para este territorio es el municipio. Se ha valorado la vulnerabilidad para los 14 municipios que componen el AMSS: Antiguo Cuscatlán, Santa Tecla, Apopa, Ayutuxtepeque, Cuscatancingo, Delgado, Ilopango, Mejicanos, Nejapa, San Marcos, San Martín, San Salvador, Soyapango y Tonacatepeque.

El aumento sostenido de las temperaturas medias y extremas en las últimas décadas, aunado con una mayor frecuencia de la ocurrencia de calor extremo, supone un impacto significativo en el confort térmico que podría perjudicar notablemente la habitabilidad de AMSS (Abajo et ál. 2017). Para esta amenaza se priorizan los efectos que un aumento de las temperaturas

podiera tener sobre la población urbana del AMSS (Figura 54).

El posible *aumento de las precipitaciones extremas en el AMSS* presenta un desafío al exacerbar procesos de inundación y deslizamiento que ya afectan la zona. La mancha urbana se ha expandido significativamente en las últimas

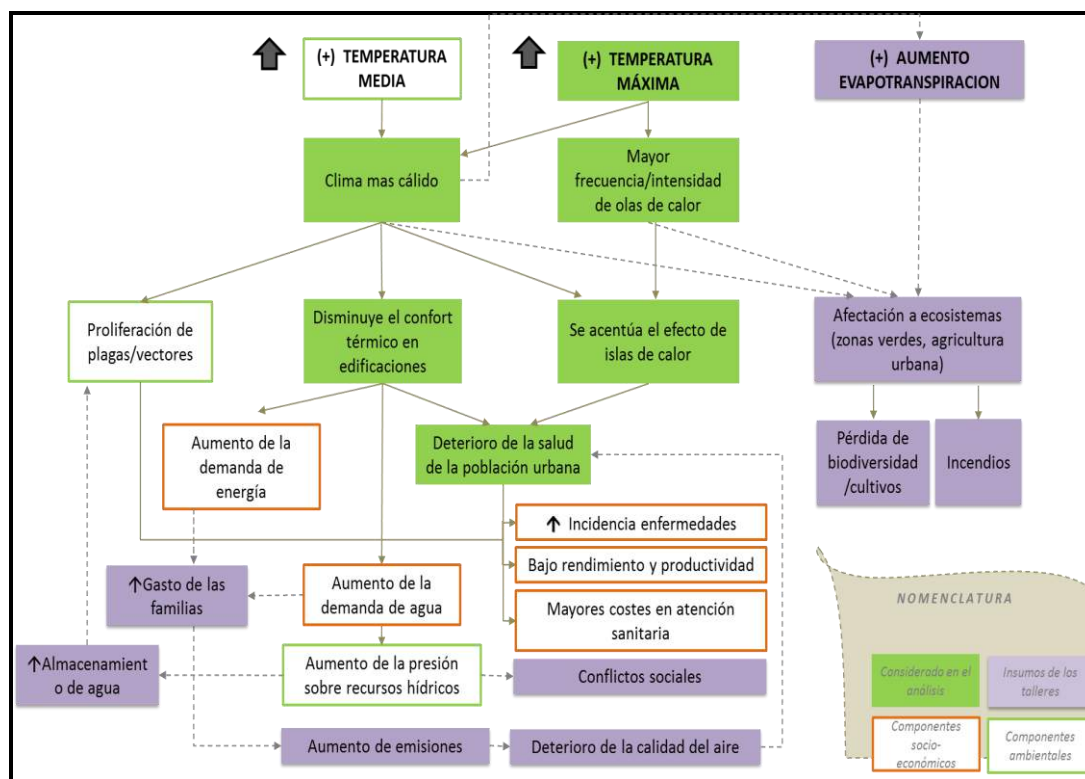


Figura 54. Cadena de impactos asociados al aumento de las temperaturas en el Amss
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

décadas, incluyendo el desarrollo de asentamientos urbanos con algún grado de precariedad (Calderón 2014). Este aumento exacerbado del área urbana implica problemas relacionados a inundaciones más frecuentes debido a la incapacidad de la infraestructura para transportar volúmenes de agua que no fueron planificados en el momento de su diseño. La problemática se agrava además al presentarse con mayor frecuencia, la aparición de grandes cárcavas a orillas de colonias que se construyeron en zonas colindantes a ríos o quebradas. La expansión del área urbana también reduce las zonas permeables y por lo tanto impacta en la recarga de agua subterránea, flujo base de ríos y manantiales.

Las características geológicas y edafológicas de los suelos y roca madre presente en el AMSS, se convierten en factores naturales de vulnerabilidad. Gran parte de la extensión territorial está cubierta por materiales piroclásticos (Weber et ál., 1974) asociados a la erupción del lago de Ilopango. Estos materiales y los suelos derivados de ellos son altamente susceptibles a la erosión, lo cual se refleja en cárcavas, socavones y altas tasas de erosión en zonas descubiertas de vegetación.

El análisis de vulnerabilidad ha considerado los factores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación para los riesgos de inundaciones y deslizamientos.

En cuanto a la *dotación de recursos hídricos en el AMSS*, se estima que un 41,7 % del abastecimiento

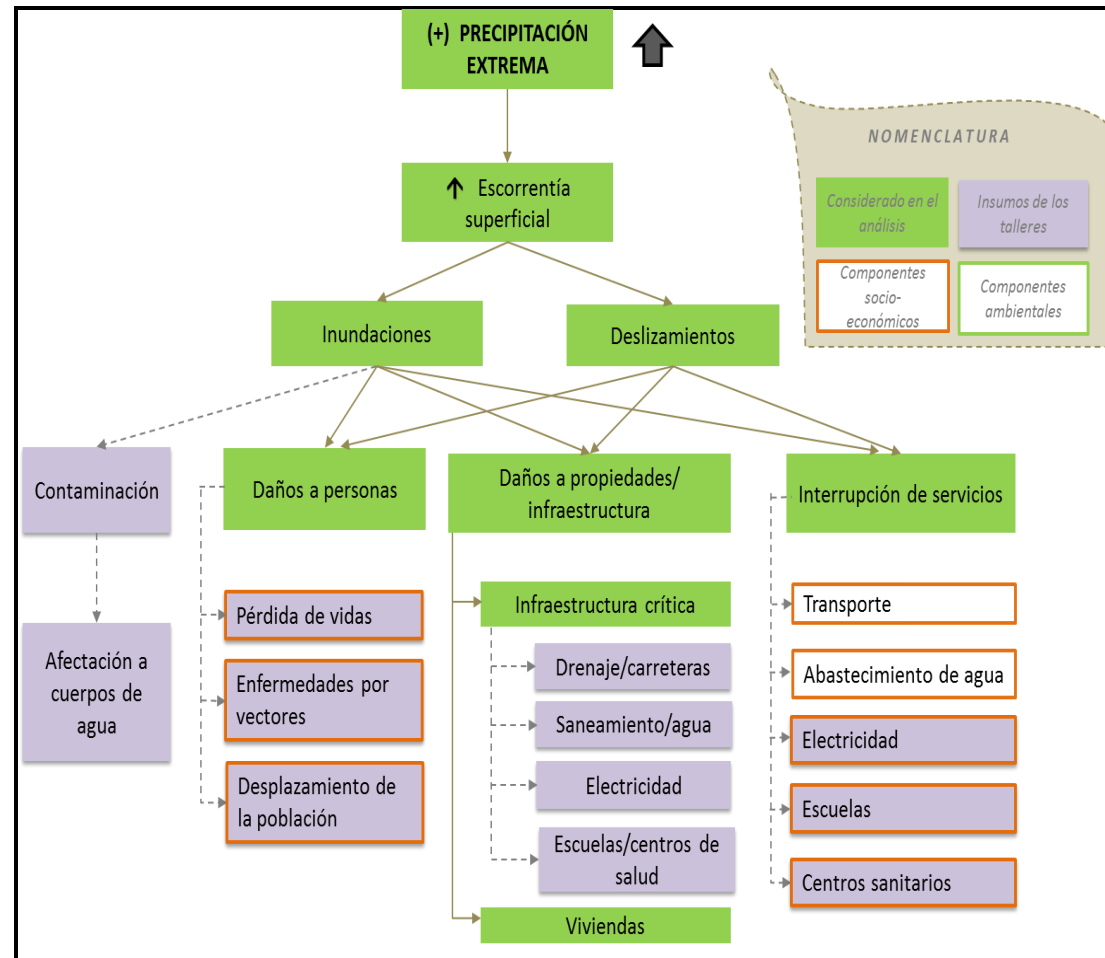


Figura 55. Cadena de impactos asociados al aumento de las precipitaciones extremas en el Amss
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

de la región se da a partir del acuífero de San Salvador (ANDA, 2016), el cual fluye bajo el AMSS. El resto del agua proviene del Sistema Zona Norte,

otro sistema de aprovechamiento de agua subterránea localizado en el acuífero Opico Quezaltepeque en la subcuenca del Río Sucio; y de

la Planta Potabilizadora Las Pavas, la cual consiste en una represa para tratar agua del río Lempa. De acuerdo al MARN (MARN, 2016) la recarga acuífera de la zona varía entre 151-600 milímetros/año. El aumento de la demanda propiciado por el crecimiento del AMSS y una disminución potencial de la precipitación anual en la zona comprometen y afectan a la recarga de los acuíferos y a la disponibilidad de agua subterránea para la población.

La Figura 56 ilustra la cadena de impactos asociados a cambios en la precipitación anual y presión sobre el suministro de agua proveniente de recursos hídricos subterráneos (HID) en el AMSS.

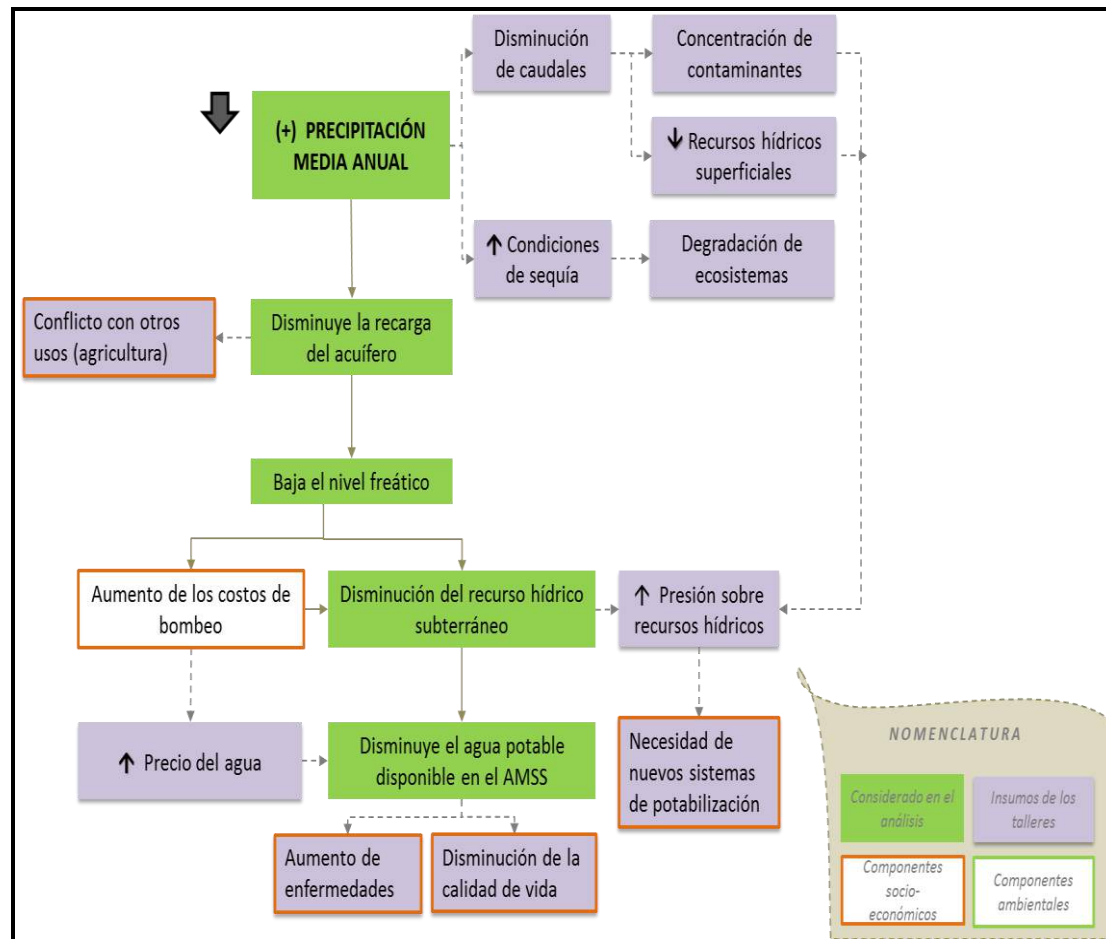


Figura 56. Cadena de impactos asociada a cambios en la precipitación anual y presión sobre el suministro de agua en el AMSS

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

Tabla 48

Índices de vulnerabilidad (actual y para un escenario futuro) para cada municipio del AMSS y cada cadena de impacto analizada

Municipio	Temperaturas altas (TEMP)		Precipitación intensa (PREP)		Precipitación media y RRHH (HID)	
	Actual	2071-2100 (RCP 8.5)	Actual	2071-2100 (RCP 8.5)	Actual	2071-2100 (RCP 8.5)
ANTIGUO CUSCATLAN	0.171	0.497	0.446	0.444	0.230	0.375
APOPA	0.330	0.656	0.503	0.501	0.294	0.438
AYUTUXTEPEQUE	0.256	0.582	0.430	0.428	0.184	0.328
CUSCATANCINGO*	0.406	0.732	0.573	0.570	-	-
DELGADO	0.305	0.631	0.503	0.501	0.280	0.424
ILOPANGO	0.263	0.589	0.508	0.505	0.228	0.372
MEJICANOS	0.300	0.626	0.477	0.474	0.181	0.325
NEJAPA	0.251	0.577	0.441	0.439	0.247	0.391
SAN MARCOS	0.256	0.582	0.444	0.441	0.295	0.439
SAN MARTIN	0.229	0.555	0.421	0.418	0.144	0.288
SAN SALVADOR	0.364	0.690	0.598	0.595	0.154	0.298
SANTA TECLA	0.176	0.502	0.451	0.449	0.283	0.427
SOYAPANGO	0.365	0.691	0.509	0.506	0.213	0.358
TONACATEPEQUE	0.261	0.587	0.433	0.431	0.283	0.428
PROMEDIO AMSS	0.338	0.664	0.485	0.482	0.236	0.381

* Cuscatancingo recibe toda su agua de fuentes superficiales, por lo que no se ha incluido en el análisis de vulnerabilidad para la amenaza HID.

Los valores de los índices de vulnerabilidad se expresan sobre una escala relativa con un rango entre 0 y 1, siendo 0 vulnerabilidad extremadamente baja y 1 lo contrario

Patrones generales de vulnerabilidad climática del AMSS

La tabla 48 presenta los índices de vulnerabilidad actual y futura calculados para cada uno de los municipios del AMSS y según las tres cadenas de impacto analizadas. A fin de contrastar los resultados más extremos la solo incluye los resultados de vulnerabilidad futuro para el horizonte de planificación a más largo plazo y el escenario de concentración de GEI más pesimista.

Del análisis comparativo de estos resultados agregados se rescatan los siguientes puntos:

- La perspectiva adoptada en el presente estudio usa el enfoque de cadenas de impacto permitiendo diferenciar la vulnerabilidad relativa por amenaza climática. Como se demuestra en la tabla 48, los municipios del AMSS no son igualmente vulnerables a las temperaturas altas, cambios en los patrones de lluvias intensas o en el promedio anual de precipitación. Por ejemplo, de acuerdo al marco de análisis, Cuscatancingo es altamente vulnerable a las temperaturas elevadas y a cambios en lluvias intensas pero al no depender de aguas subterráneas como fuente de agua para consumo humano presenta nula vulnerabilidad ante reducciones en la precipitación media anual.

Al no utilizar escenarios socio-económicos futuros, se pudo aislar el aporte que el cambio previsto en las condiciones climáticas genera, en cuanto a vulnerabilidad. De las tres amenazas climáticas

estudiadas, cabe resaltar el incremento en exposición que podría significar el aumento de temperaturas y la disminución de precipitación media anual hacia el fin de siglo. El aumento de temperaturas extremas para el escenario RCP 8.5 (2071-2100) es sustancial, alrededor de 4°C, lo cual supondría un aumento notable de la exposición al calor de los residentes en todos los municipios del AMSS. Se prevé una reducción considerable en la precipitación media anual – de 10 a 20% menos en comparación a la línea base – hacia el fin de siglo lo cual implica la búsqueda de opciones de adaptación para sistemas socio-ecológicos que dependen de la estabilidad de este parámetro (dentro de un rango deseado) para su resiliencia.

A continuación, los mapas y gráficos de barras presentan los resultados de la aplicación del marco analítico a los insumos (datos tabulares y espaciales) para cada cadena de impacto. En concreto, se presentan mapas que permiten visualizar la distribución de vulnerabilidad climática a través del AMSS de una manera estandarizada, para lo cual se han agrupado los valores del índice de vulnerabilidad en cuatro percentiles representando así diferentes grados de vulnerabilidad (Baja, Moderada, Alta y Muy Alta). Los gráficos de barras permiten visualizar, para cada municipio y cadena de impacto: (1) el valor total de los índices de sensibilidad y capacidad adaptativa, respectivamente, representado por la longitud total de la barra, y (2) el aporte relativo de cada

indicador, mediante el uso de subdivisiones a las barras.

Tal como se muestra en la figura 57, la distribución espacial de la integración de indicadores que describen la problemática de la vulnerabilidad ante la temperatura elevada sugiere que los municipios en la zona central del AMSS son los más vulnerables. Estos municipios, Cuscatancingo, San Salvador y Soyapango, comparten características comunes:

- Los municipios con mayor vulnerabilidad, además de contar con un porcentaje significativo de su tejido urbano en zonas de calentamiento moderado y alto, tienen un grado de urbanización elevado y pocos espacios verdes, indicadores de sensibilidad (Figura 58). Influye en la vulnerabilidad el porcentaje de reflexión de la radiación solar que tienen los materiales de las áreas urbanas que están impermeabilizadas por las calles, plazas, techos y fachadas orientes y ponientes de las edificaciones.
- Analizando la situación de Cuscatancingo, Delgado y Nejapa queda claro que un indicador de sensibilidad adicional es determinante en la vulnerabilidad: el porcentaje de tejido urbano que se corresponde con asentamientos precarios. Una característica de los asentamientos precarios es su informalidad, siendo un conglomerado de pequeños lotes en zonas que no eran urbanizables (como lo son las orillas de los ríos y quebradas secas de invierno y otros).

- La capacidad adaptativa para esta amenaza, según los indicadores seleccionados, es en general elevada en el AMSS. Los municipios con la capacidad de adaptación más baja son Cuscatancingo y Soyapango (Figura 59). La cobertura de acceso a agua y electricidad, factores que pueden paliar los efectos de las altas temperaturas en el interior de las viviendas, es en general elevada en toda el AMSS, por lo que se estima que estos indicadores no desempeñan un papel decisivo en la capacidad de adaptación. Como se muestra en la figura, los municipios con mayor capacidad adaptativa son Nejapa, San Martín y Antiguo Cuscatlán debido a que cuentan o están colindantes a una mayor proporción de vegetación natural y cuerpos de agua en el municipio, que actúan como reguladores del clima, y una configuración de la trama urbana menos densa.
- Los municipios de Santa Tecla y Antiguo Cuscatlán tienen una vulnerabilidad baja y se caracterizan por tener un bajo grado de exposición a zonas de calentamiento alto (posiblemente dada su localización en el extrarradio del AMSS), bajo grado de urbanización (en el caso de Santa Tecla), un perfil socio-económico más favorable, con escaso o nulo desarrollo de viviendas precarias, y valores de porcentaje de pobreza más bajos que los otros municipios del AMSS. Además, ambos municipios poseen más área verde, lo que les hace ser menos vulnerables ante el aumento de temperaturas.

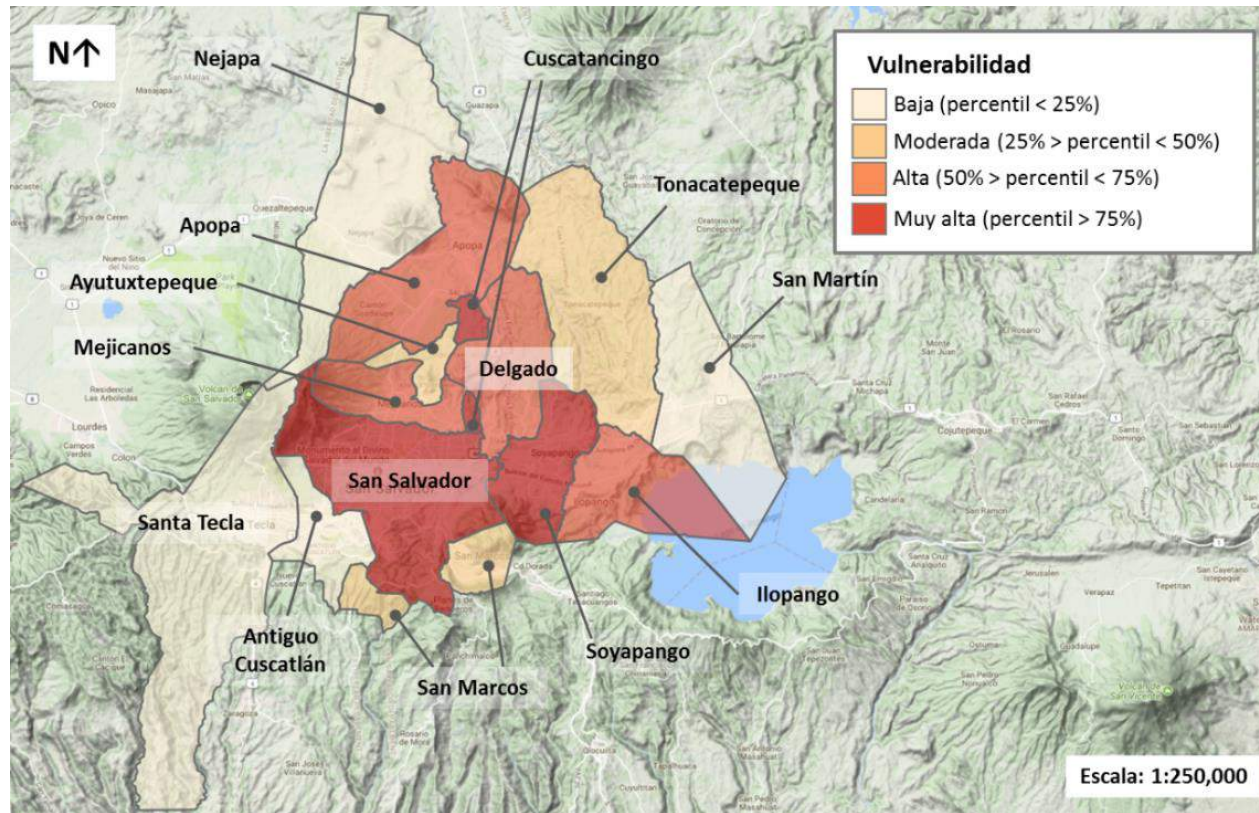


Figura 57. Mapa del grado de vulnerabilidad futura (RCP8.5, 2071-2100) al aumento de la temperatura en el AMSS (TEMP)
Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA



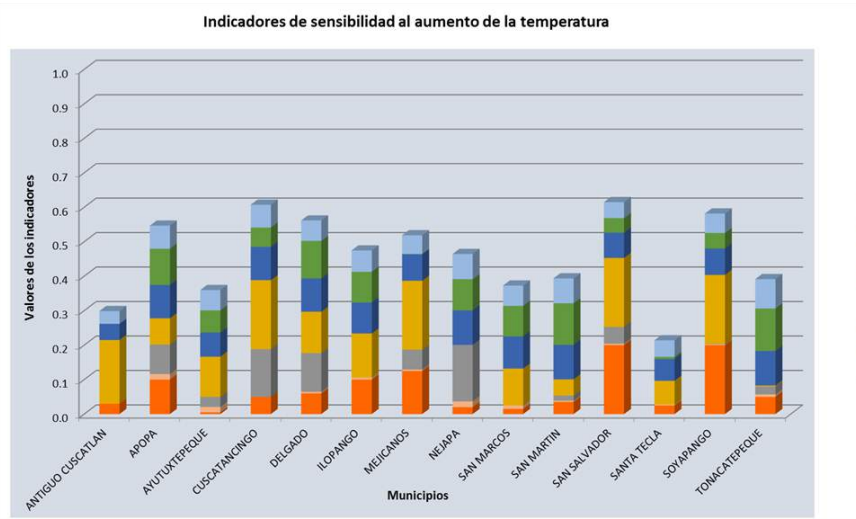


Figura 58. Contribución de los indicadores al índice agregado de sensibilidad al aumento de la temperatura (TEMP)
Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

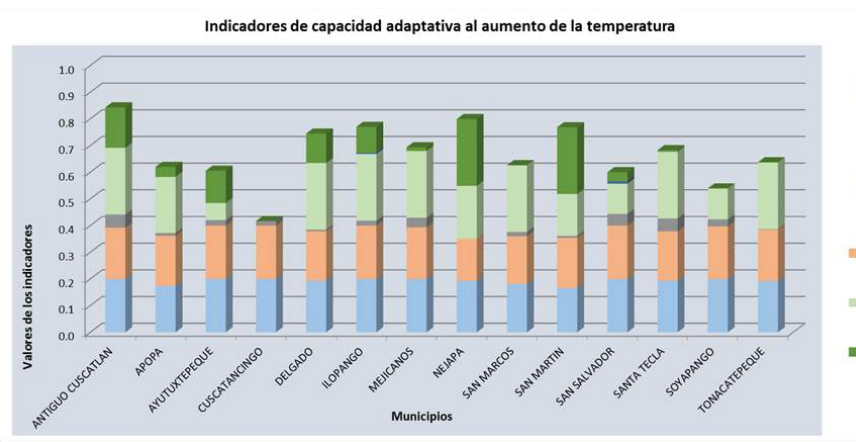


Figura 59. Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa al aumento de la temperatura (TEMP)
Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc y el primer IBA

En cuanto al *Aumento de la Precipitación Extrema y Riesgos Asociados a Inundaciones y Deslizamientos (PREP)*, la Figura 60 ilustra la distribución espacial de la integración de indicadores que describen la problemática de la vulnerabilidad ante el aumento de precipitación extrema y riesgos asociados. Los resultados sugieren que los municipios en la zona central del AMSS son los más vulnerables. Los municipios que presentan mayor vulnerabilidad (vulnerabilidad “muy alta”) son los siguientes:

Soyapango, Ilopango, Cuscatancingo y San Salvador. Estos municipios tienen valores altos para los siguientes indicadores de sensibilidad relacionados con patrones de (Figura 61): grado de urbanización del municipio (como proxy de impermeabilización del suelo), el porcentaje del tejido urbano expuesto a inundaciones y deslizamientos y la presencia de infraestructura crítica (escuelas, infraestructura de abastecimiento

y tratamiento de aguas, subestaciones eléctricas, etc.) en zonas de riesgo.

Los municipios menos vulnerables son Nejapa, Ayutuxtepeque y San Martín, principalmente por su configuración espacial y su perfil de sensibilidad: tienen poco tejido urbano en general, y en zonas expuestas a riesgos de inundación / deslizamientos específicamente

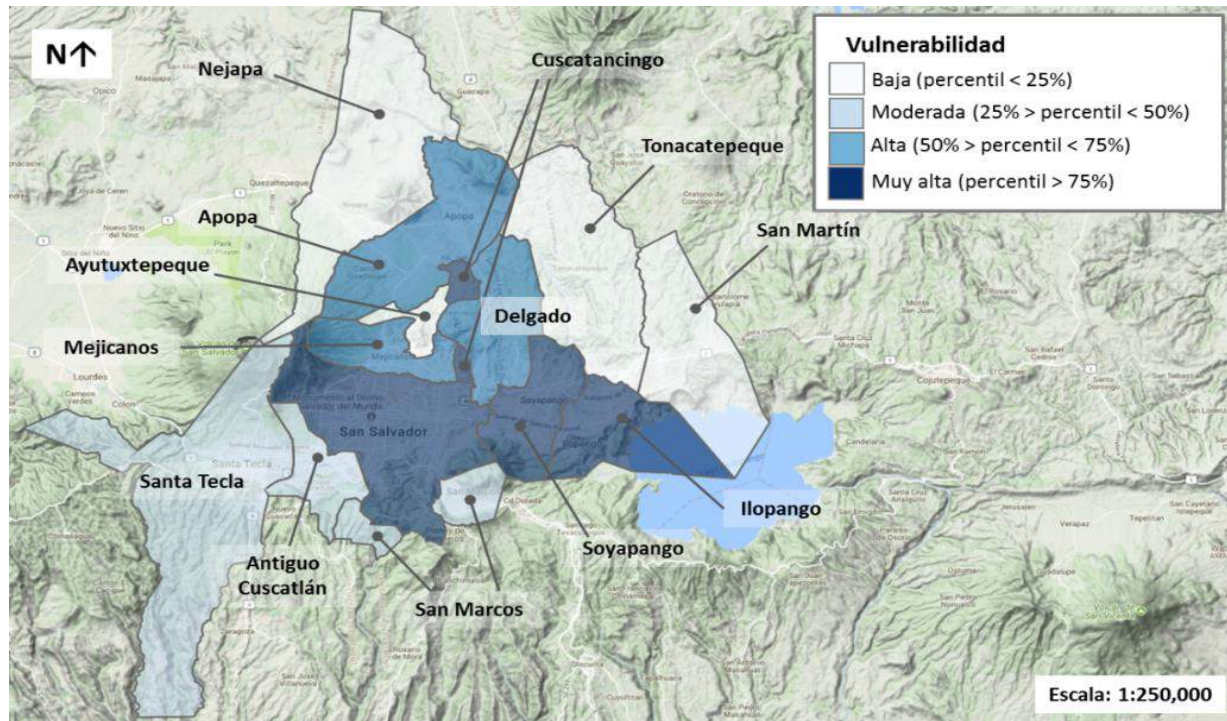


Figura 60. Mapa del grado de vulnerabilidad futura (RCP8.5, 2071-2100) al aumento de la precipitación máxima (PREP)
Fuente: Elaboración del Marn para la Tcnc y el primer IBA

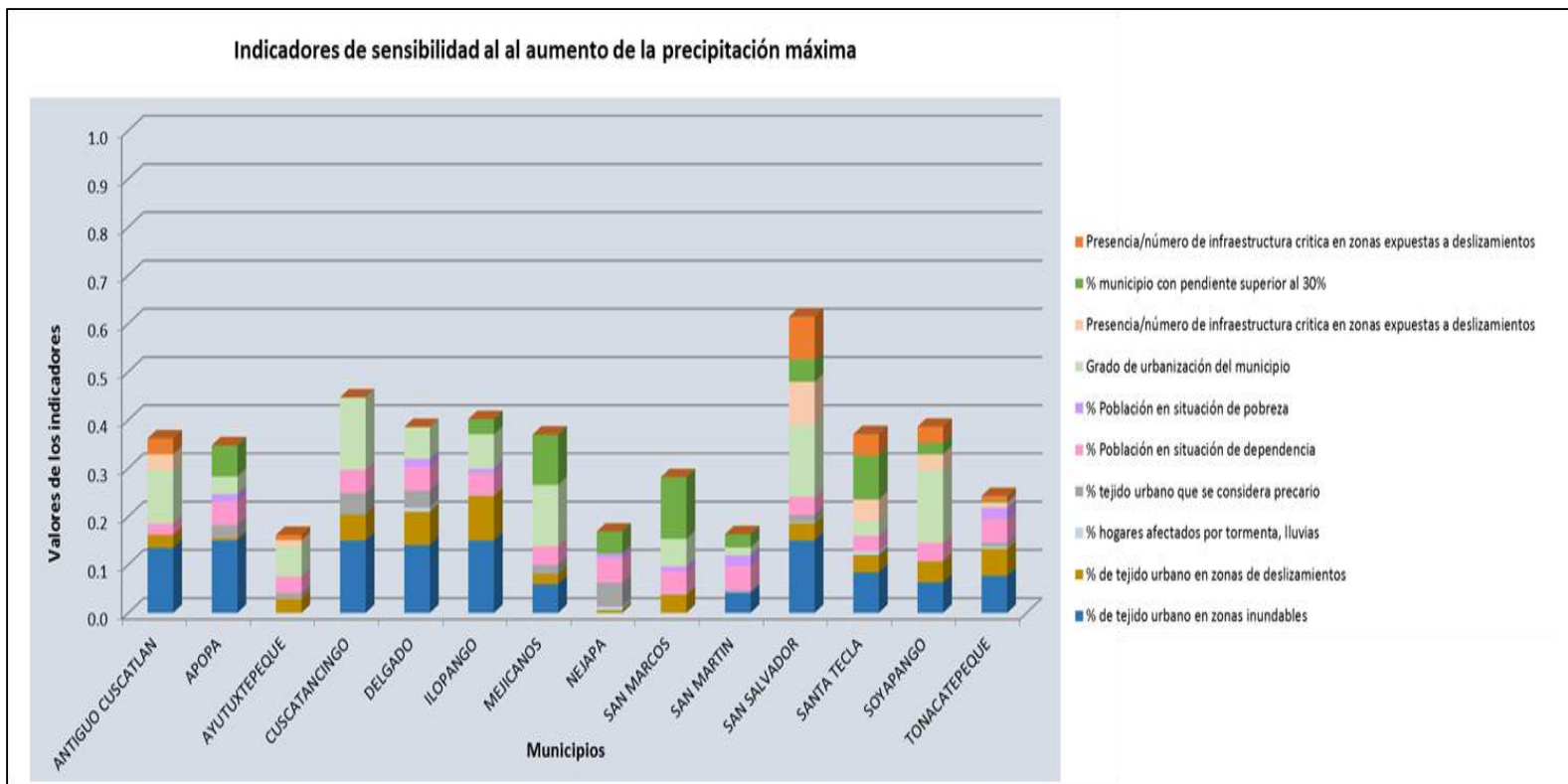


Figura 61. Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de sensibilidad al aumento de la precipitación máxima (PREP)
Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc



La capacidad adaptativa para esta amenaza, según los indicadores seleccionados, es variable (entre 0.2 y 0.7). El municipio con la capacidad de adaptación sustancialmente más baja que los demás municipios es Cuscatancingo (Figura 62), principalmente por carecer de vegetación natural, capaz de actuar como amortiguamiento ante las inundaciones y factor estabilizador ante los deslizamientos.

El porcentaje de población alfabetizada, información general sobre el nivel de educación y capacitación de la población, es en general elevada en toda el AMSS, por lo que se estima que estos indicadores no desempeñan un papel decisivo en la capacidad de adaptación.

Como se muestra en la figura, los municipios con mayor capacidad adaptativa son Antigua Cuscatlán, Santa Tecla y Mejicanos debido a que cuentan o están colindantes a una mayor proporción de vegetación natural y cuerpos de agua en el municipio, que actúan como factores atenuantes.

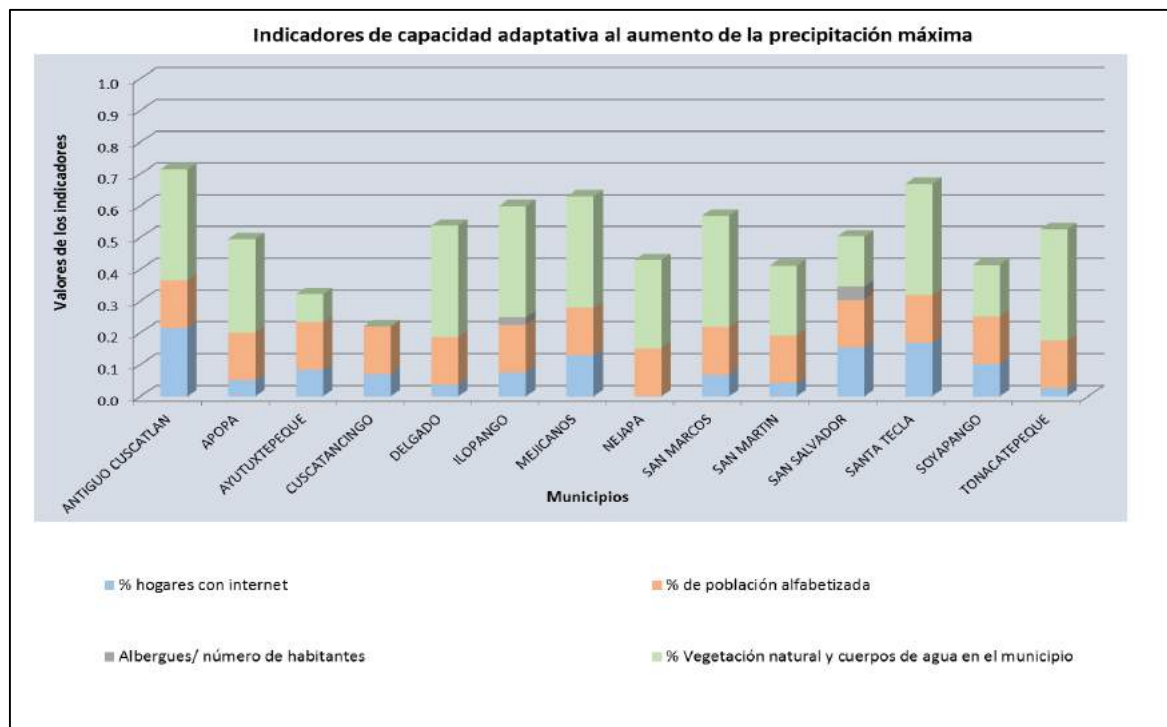


Figura 62. Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa al aumento de la precipitación máxima (PREP).

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc



La Figura 63 ilustra la distribución espacial de la integración de indicadores que describen la problemática de la vulnerabilidad ante cambios en la precipitación anual y riesgos asociados a la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos. Los resultados indican que las zonas más vulnerables se concentran en la zona norte del AMSS y al sur del municipio de San Salvador. Según el marco analítico, los municipios más vulnerables a esta amenaza son Apopa, Delgado y San Marcos y los menos vulnerables son San Martín, San Salvador, Mejicanos, Ayutuxtepeque y Cuscatancingo. Las zonas menos vulnerables se concentran principalmente en los municipios que reciben agua del sistema Las Pavas, proveniente del río Lempa, cuyo análisis está fuera de los alcances de este estudio. Un análisis integral de los efectos del cambio climático en los recursos hídricos que abastecen el AMSS es necesario como complemento a este esfuerzo. Los municipios con mayor vulnerabilidad (incluyendo a Apopa, Delgado, San Marcos y los de vulnerabilidad “alta” – Nejapa, Tonacatepeque y Santa Tecla) tienen valores altos para los siguientes indicadores de sensibilidad (Figura 64): son municipios que contienen un elevado número de hogares que obtienen su agua potable a partir de pozos y un número elevado de habitantes por pozo. Estos indicadores en combinación señalan que el factor de sensibilidad más importante es la dependencia sobre el recurso.

- Un indicador de sensibilidad asociado a la inseguridad hídrica es el porcentaje de

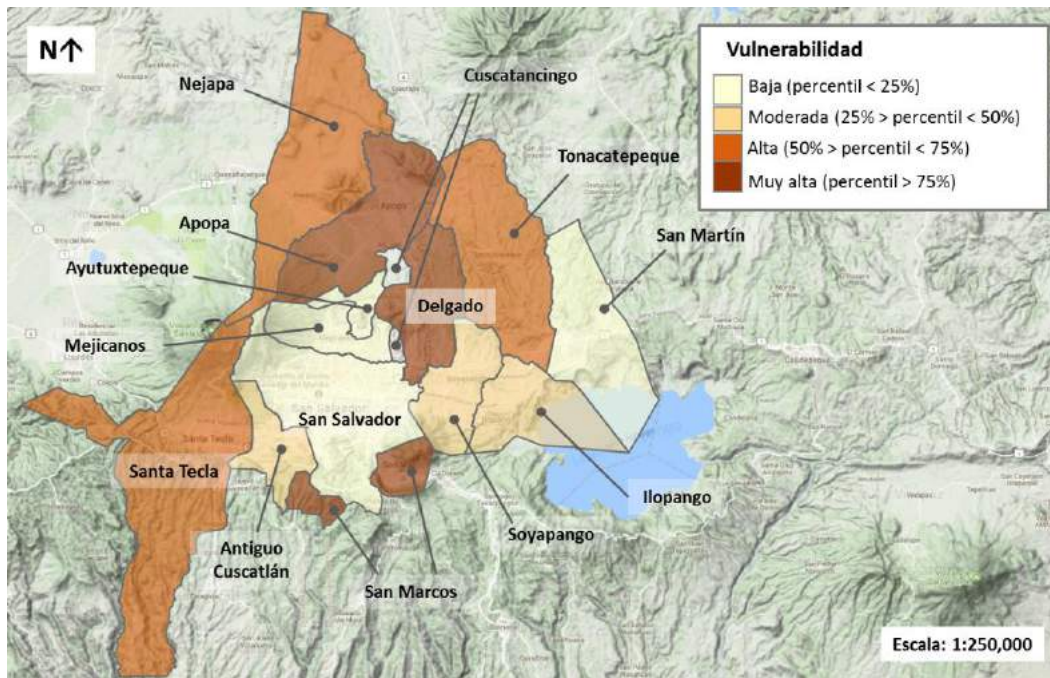


Figura 63. Mapa del grado de vulnerabilidad futura (RCP8.5, 2071-2100) a cambios en la precipitación media anual e impactos en la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en el AMSS (HID)

Fuente: Elaboración del Marn para la Tcnc

hogares afectadas por sequía. El presentar valores altos para este indicador, Nejapa y Tonacatepeque (26 y 24%, respectivamente) hace que el valor del índice agregado de sensibilidad sea comparable al de los municipios con vulnerabilidad “muy alta”. Cabe resaltar la poca coincidencia entre los valores hallados para este indicador, cuya fuente es la Encuesta de Hogares de Propósito Múltiple (2015, DIGESTYC), y los registros de

Desinventar sobre desastres por sequía. Esta última fuente indica que el municipio más afectados por sequías en el AMSS es San Salvador; y es que los datos de Desinventar no distinguen entre falta de disponibilidad de recursos hídricos subterráneos o superficiales. Se necesitaría información más específica sobre problemática asociada al abastecimiento de agua subterránea en cada municipio para

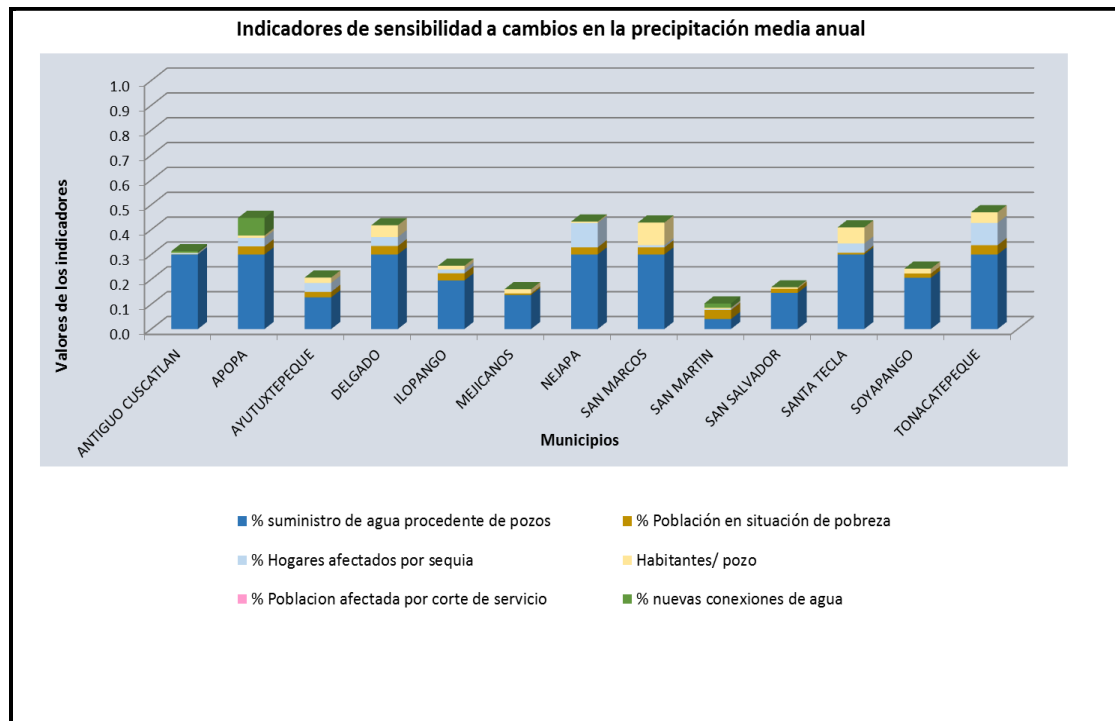


Figura 64. Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de sensibilidad a los cambios en la precipitación media anual en el AMSS (HID)
Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc

analizar la falta de disponibilidad de recursos hídricos subterráneos con mayor precisión.

- Los municipios del norte del AMSS, como Apopa y Nejapa, y algunos localizados al sur, como Santa Tecla y San Marcos, dependen principalmente del suministro de agua subterránea para su abastecimiento. Algunos municipios como Delgado tienen una dependencia de manantiales, que representan la descarga

de agua subterránea, esto lo vuelve también altamente vulnerable ya que los descensos en el acuífero por efecto de reducción de la precipitación y aumento de la temperatura podrían reflejarse en un descenso de su producción, agravando la situación.

- Desde los años setenta, el AMSS ha venido experimentando un aumento de la

demanda de agua debido al crecimiento de la población en la región (PRISMA 2017). Esta creciente demanda ha conducido a una sobre-explotación del acuífero de San Salvador y a la obtención de recursos adicionales desde territorios cada vez más lejanos, tal como ocurre con el Sistema Zona Norte y el Sistema Río Lempa-Las Pavas, que en conjunto abastecen el 58.4% del agua potable producida para el AMSS. Aunque la producción de agua del acuífero se ha mantenido aproximadamente estable entre 1990 y 2015 (PRISMA 2017, basado en datos del ANDA), los niveles freáticos en el acuífero de San Salvador han estado disminuyendo.

- La capacidad adaptativa para esta amenaza, según los indicadores seleccionados, es relativamente alta, con valores para el índice de capacidad adaptativa entre 0.45 y 0.7. El municipio con la capacidad de adaptación sustancialmente mayor que los demás municipios es Nejapa, principalmente por tener una parte significativa de área de recarga en zonas no urbanizadas. El porcentaje de hogares con dotación de servicios de agua (acceso a agua), información general sobre el acceso a servicios básicos que pueden ser de ayuda a paliar algunos efectos climáticos, es en general elevado (80-98%) en toda el AMSS, por lo que se estima que este indicador no desempeñan un papel decisivo como discriminante sobre la capacidad de adaptación a esta escala de análisis.

- Como se muestra en la Figura 65 lo que marca la diferencia en niveles de capacidad adaptativa entre municipios, según nuestro marco de análisis, es el “número de pozos de monitoreo del nivel freático”, el mismo que hace San Salvador destaque, seguido por Nejapa. Si bien el manejo integral de recursos hídricos superficiales y subterráneos es una estrategia conocida para aumentar la resiliencia frente a las variaciones climáticas, la falta de información sobre la cantidad de agua almacenada en los acuíferos y la sensibilidad climática de la misma presente un desafío significativo (Taylor et al., 2012). Por eso es que en el marco de análisis se reduce la vulnerabilidad en aquellos sectores que cuentan con algunas medidas de adaptación como pozos de monitoreo que proporcionan información oportuna en la toma de decisiones para mejorar el abastecimiento
- Puesto que todos los escenarios futuros predicen una reducción en la precipitación anual, es de esperar que la recarga de los acuíferos y la disponibilidad de agua subterránea disminuirá para los horizontes temporales considerados (2021-2050 y 2071-2100), aumentando la vulnerabilidad a esta amenaza para todos los municipios. En ese sentido, es necesario que se tome en cuenta esta condición para los futuros desarrollos de sistemas de abastecimiento en el AMSS, especialmente para los territorios más vulnerables.

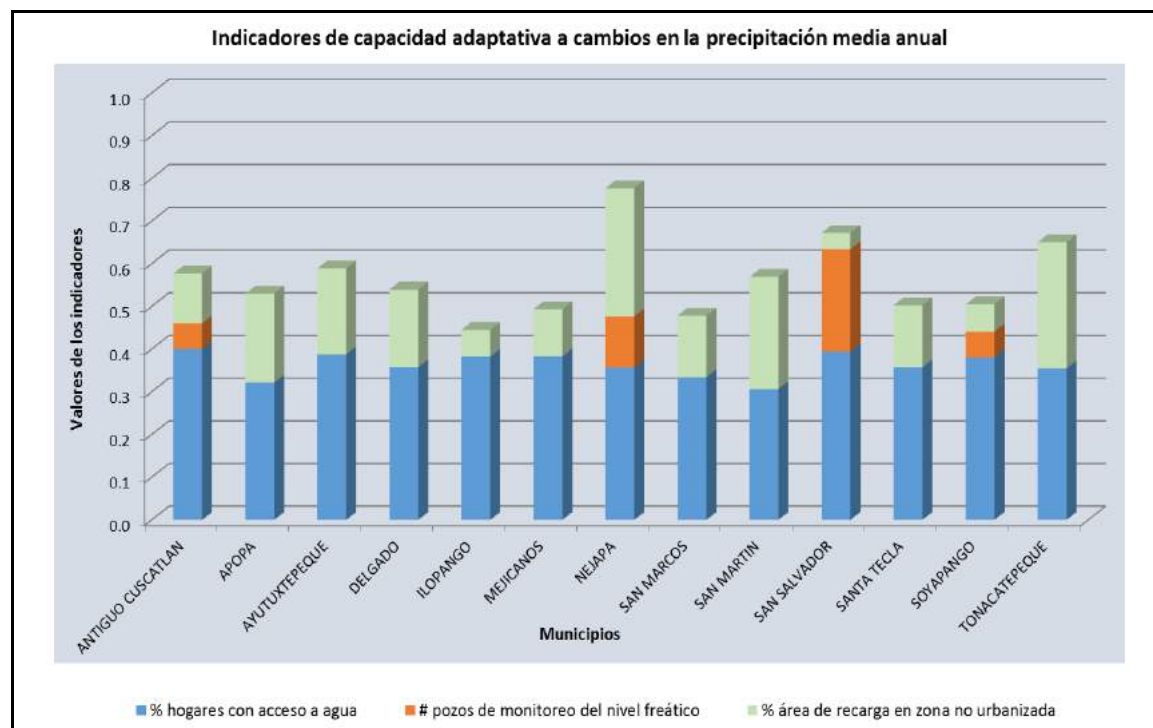


Figura 65. Contribución de los indicadores individuales al índice agregado de capacidad adaptativa a cambios en la precipitación media anual en el AMSS (HID)
Fuente: Elaboración del Marn para la Tcncc

4.3 Medidas de adaptación

Las medidas de adaptación tienen el objetivo de reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos del cambio climático. Un ejemplo de estas medidas es la construcción de sistemas de contención para cauces fluviales, la sustitución de variedades de plantas por aquellas

que resisten más a la sequía o la sustitución de los sistemas de riego por unos más eficientes.

Como un notable esfuerzo por parte del Gobierno de El Salvador para garantizar la inclusión del cambio climático dentro de sus prioridades políticas nacionales, el país ha emprendido diferentes acciones orientadas a transversalizar el tema y vincularlo al quehacer de las diferentes instituciones a escala nacional, quienes, desde diversos enfoques y a través de diferentes

estrategias sectoriales, están generando mecanismos de respuesta a la temática.

En la Tabla 49 se presentan las iniciativas de adaptación sectoriales, así como las opciones de adaptación propuestas a partir de estudios de vulnerabilidad.

Tabla 49

Principales instrumentos de disminución de la vulnerabilidad y adaptación por sector

Sectores prioritarios de adaptación	Principales Instrumentos de Adaptación
Recursos Hídricos	Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (2013)
	Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (2017)
	Sistema de monitoreo permanente de calidad de agua y condiciones ambientales de los ríos (2012-2017)
	Acciones específicas para la protección y control de los recursos hídricos
Agricultura y Silvicultura	Política Forestal de El Salvador 2016-2036
	Política de Cambio Climático para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola
	Estrategia Institucional Ambiental para la Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático
	Plan Nacional de Cambio Climático y Gestión de Riesgos Agroclimáticos para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola
	Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal y Acuícola
	Plan Agropecuario en Municipios del Corredor Seco, Región Oriental del ganado bovino lechero resiliente al CC (2014-2016)
	Protección del bosque tropical y manejo de cuencas en la región Trifinio (2008 a la fecha)
Reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques REDD+ (desde 2011)	

Infraestructura y ordenamiento territorial	Política Integrada de Movilidad y Logística para el Desarrollo Productivo y la Facilitación del Comercio
	Política Nacional de Vivienda y Hábitat
	Ley de Ordenamiento Territorial
	Política de Cambio Climático para el Sector de la Obra Pública, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano 2018-2036
	Programa de Reducción de Vulnerabilidad en Asentamientos Urbanos Precarios en el Área Metropolitana de San Salvador
Ecosistemas y Paisajes	Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (2012)
	Plan Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (2016, 2018)
	Desafío de Bonn
	Estrategia Nacional de Biodiversidad
Salud	Plan integrado de adaptación en materia de salud, seguridad laboral, alimentaria y nutricional a implementarse en el período 2018-2025
	Plan Nacional de Contingencia ante Sequía (2018)
Educación	Plan de Educación para la Gestión Integral de Riesgos con énfasis en el enfrentamiento al Cambio Climático y la amenaza climática en El Salvador 2012-2022.

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

Iniciativas de adaptación sectoriales

Recursos hídricos

Uno de los ejes de la ENCC es la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos que, junto al Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH), constituye un instrumento de gestión, de implementación gradual, para garantizar la sostenibilidad del recurso agua, ordenando sus usos y la conservación del entorno natural. El diagnóstico y plan de acción consideró tres horizontes de planificación y un escenario de

cambio climático. Se trabaja sobre 4 ejes priorizados: aprovechamiento sostenible, gobernanza, calidad de agua y riesgos por fenómenos extremos.

El PNGIRH está complementado con otros proyectos y programas: Proyecto Integrado de Agua Saneamiento y Medio Ambiente, Programa de Gobernabilidad y Planificación de la Gestión del Recurso Hídrico, Programa de Agua y Saneamiento Rural, y Estrategia Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas de El Salvador.

Con respecto a iniciativas específicas relacionadas con la adaptación y el recurso hídrico, se plantea la recuperación del Río Acelhuate. Esta iniciativa está en su etapa inicial y propone atender la problemática de gestión hídrica de tres afluentes urbanos del AMSS, priorizados por su alta condición de contaminación (río Tomayate, río Sumpa-Las Cañas y Quebrada El Piro), con un enfoque integral que incluye —entre otros elementos- la instalación de infraestructura hidráulica para depuración de aguas residuales y regulación de crecidas, la conservación y protección de suelo y de áreas de recarga, el equipamiento social y la creación de cultura hídrica. Para ello es relevante

la intervención sobre sus nacimientos (en particular algunas subcuencas con mayor contaminación).

Agricultura y Silvicultura

En la Política Forestal de El Salvador 2016-2036 generada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en 2016, la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas productivos y ecosistemas del país ante los impactos del cambio climático es uno de ocho ejes de la política y un tema transversal. Se contemplan como acciones que aporten a la resiliencia climática la restauración de ecosistemas y paisajes y la implementación de obras y prácticas en manejo de suelos, agua, bosque y sistemas agroforestales, que contribuyan a la seguridad alimentaria y producción de agua.

La Política de Cambio Climático para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola (MAG, 2017) tiene como objetivo general contribuir a la adaptación del sector agropecuario, forestal, pesquero y acuícola, potenciando su sostenibilidad y competitividad, reduciendo su vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático con inclusión y equidad de género. Sus ejes estratégicos son el manejo sostenible del suelo y agua; el manejo del riesgo agroclimático; gestión de conocimientos; gestión de la cooperación hacia la implementación y modernización del MAG.

En el ámbito sectorial, el MAG ha elaborado la Estrategia Institucional Ambiental para la Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático,

donde se impulsa el desarrollo de la investigación de especies y cultivos agrícolas adaptables al cambio climático en el Centro nacional de Tecnologías Apropriadas (CENTA).

El MAG ha desarrollado tres instrumentos en los que basa sus actividades:

1. Plan Estratégico Institucional 2014-2019, "Agricultura para el buen vivir" (PEI)
2. Plan Nacional de Cambio Climático y Gestión de Riesgos Agroclimáticos para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola
3. Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal y Acuícola

El sector agropecuario está siendo impactado por fenómenos climáticos más frecuentes. De esta manera, el PEI tiene como novena prioridad la sustentabilidad ambiental, mitigación y adaptación al cambio climático y sienta las bases para la adaptación de la agricultura, ganadería, forestería, pesca y acuicultura al cambio climático, especialmente en la zona del Corredor Seco del país.

El Plan Nacional de Cambio Climático y Gestión de Riesgos Agroclimáticos para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola incluye 5 objetivos estratégicos y 65 acciones específicas organizadas en 7 secciones (6 subsectores y una línea de acción enfocada en el fortalecimiento institucional) con una fuerte orientación hacia la mejora de las capacidades institucionales para enfrentar el cambio climático y la gestión de riesgos agroclimáticos.

La Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal y Acuícola cuenta con las iniciativas de promoción de asistencia técnica a los productores para el manejo sostenible de los recursos naturales, capacitación a los productores sobre el manejo adecuado de los residuos y su aprovechamiento en los procesos productivos, la promoción de los mercados ecológicos en los territorios, la disposición de tecnología e información por parte de los productores para mejorar la adaptación al cambio climático, establecimiento de alianzas de cooperación con los principales actores donde se ubica la estrategia, el fortalecimiento en gestión ambiental de todos los niveles del MAG, y la difusión de buenas prácticas de producción, de inocuidad y fitozoosanitarias en los sectores agropecuario, acuícola, pesquero y forestal.

El Plan Agropecuario en Municipios del Corredor Seco, Región Oriental (MAG y CENTA 2017) tiene como misión reducir la vulnerabilidad climática y aumentar la resiliencia de las poblaciones rurales y municipios del Corredor Seco, asegurando una mejor calidad de vida y una mayor seguridad alimentaria y nutricional. Cuenta con 6 ejes estratégicos que abordan el fortalecimiento institucional y local, el manejo integral de microcuencas, la investigación participativa y transferencia de conocimientos, la difusión de experiencias, el financiamiento y la armonización de políticas y planes.

La Tabla 50 sintetiza los proyectos llevados a cabo en materia de adaptación en el sector agropecuario y silvícola en El Salvador.

Tabla 50

Principales proyectos de adaptación en el sector agricultura

Nombre	Descripción	Política sectorial	Periodo
Mejoramiento genético del ganado bovino lechero	Transferencia de tecnología para ganado bovino lechero resiliente al cambio climático	Sector Pecuario	2014-2016 (el proyecto sigue activo)
Alternativas alimentarias en el ganado bovino lechero	Transferencia de tecnología para alternativas alimentarias para el ganado bovino lechero, de mayor eficiencia y resiliente al cambio climático	Sector pecuario	2014-2016 (el proyecto sigue activo)
Protección del bosque tropical y manejo de cuencas en la región Trifinio	Protección de bosques	Agroforestería	Iniciado en 2008, sin fecha de finalización
Reduciendo emisiones por deforestación y degradación de los bosques (REDD+)	Protección de bosques	Agroforestería	Iniciado en 2011, sin fecha de finalización

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

Infraestructura y ordenamiento territorial

El Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano (MOP) formuló la Política Integrada de Movilidad y Logística para el Desarrollo Productivo y la Facilitación del Comercio (PIML). Esta política pretende influir positivamente en las metas de infraestructura que se plantean en el Plan Quinquenal de Desarrollo 2014-2019. En el área vial, se alinea con esta política, la Estrategia de Desarrollo Integral y Sostenible de la Franja Costero Marina, que tiene como objetivos la ampliación, mejora y rehabilitación de la carretera del litoral, la mejora de la infraestructura de paso fronterizo hacia Honduras, la construcción de un nuevo puente de la frontera La Hachadura, construcción de la

carretera que conecta el puerto de La Unión Centroamericana con la Frontera El Amarillo, y la integración vial mediante el desarrollo de la Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas.

El MOP también diseñó la Política Nacional de Vivienda y Hábitat de El Salvador en octubre de 2015. La gestión ambiental y adaptación al cambio climático es uno de los cuatro ejes transversales de esta política, cuyo objetivo es hacer efectivo el derecho a una vivienda y un hábitat que eleve la calidad de la población, dinamice la economía nacional y local y genere cohesión social. Entre otras acciones, la política invoca a que las instituciones competentes estimulen el desarrollo de iniciativas habitacionales orientadas a la

gestión ambiental sostenible; aumenten sus capacidades para abordar la adaptación al cambio climático en su trabajo; mejoren el hábitat de asentamientos degradados o precarios; e, impulsen vivienda elevada y en altura en zonas susceptibles a inundación.

Recientemente fue aprobada la Ley de Ordenamiento Territorial que establece la necesidad de fortalecer la capacidad institucional del Estado para ordenar el uso del territorio y orientar las inversiones públicas y privadas necesarias para alcanzar el desarrollo sostenible; así como normar un espacio intermedio de coordinación entre los diferentes niveles del Gobierno nacional y local. Esta ley crea un nuevo

contexto institucional que permitirá desplegar plenamente el mandato de la Ley del Medio Ambiente que exige asegurar la incorporación de la dimensión ambiental en el ordenamiento territorial y avanzar en un desarrollo articulado y coordinado de los mandatos de ambas leyes.

Asimismo, la Ley de Ordenamiento y Desarrollo Territorial mandata la formulación del plan nacional, el cual deberá contener la estrategia y directrices relativas a la prevención y mitigación de riesgos naturales, en el contexto de la normativa del medio ambiente y la de ordenamiento y desarrollo territorial.

Más recientemente, la Política de Cambio Climático para el Sector de la Obra Pública, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano 2018-2036 publicada en 2018 y liderada por el MOP, es un instrumento destinado a fortalecer la institucionalidad del Ministerio en temas de cambio climático en lo que concierne a la obra pública, transporte, vivienda y desarrollo urbano, así también para mejorar la coordinación a escala nacional. Incluye seis líneas estratégicas y aborda la adaptación al cambio climático, dentro de ello, el blindaje de la infraestructura y la planificación territorial y urbana.

Dentro del mismo ámbito, El Salvador ha estado desarrollando el Programa de Reducción de Vulnerabilidad en Asentamientos Urbanos Precarios en el Área Metropolitana de San Salvador. Este proyecto tiene el objetivo de reducir el riesgo de inundación en poblados de la cuenca del Río Montserrat, en el Área

Metropolitana de San Salvador. Para ello, se ha iniciado la construcción de una laguna de laminación en la cuenca del arenal de Monserrat (Figura 66) que recoge las aguas procedentes del volcán de San Salvador y Santa Tecla, con la finalidad de reducir el riesgo por inundaciones en el sector sur de San Salvador. La laguna será

cerrada, con una altura de 19 metros, cuya presa será construida de materiales sueltos procedentes de la excavación

Por otra parte, El Salvador ha desarrollado dentro del Programa Integral de Sostenibilidad Fiscal y Adaptación al Cambio Climático, infraestructura



Figura 66. Laguna de laminación en construcción en el arenal de Monserrat del AMSS
Fuente: <https://goo.gl/LDeFxX>

adaptativa, especialmente la rehabilitación y adaptación de puentes, priorizando aquellos colapsados y dañados durante la depresión tropical 12E.

Restauración de ecosistemas y paisajes

Debido a la degradación ambiental que sufre la zona rural en El Salvador, es importante destacar el Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP) 2012 y el Plan Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (2018-2022), que establece varios componentes (Tabla 51).

Este programa busca establecer sistemas de producción agrícola más resilientes al clima y congruentes con la biodiversidad, a través de la expansión de la agroforestería, la conservación de suelo y agua, el uso racional y sustentable de agroquímicos, el mejoramiento de pastizales y la estabulación parcial del ganado. Además, aumenta de forma significativa la cobertura vegetal permanente. Se plantea el diseño de un programa nacional de incentivos para la agricultura sostenible acorde con el MARN, MAG y las ONG. Bajo las iniciativas llevadas a cabo está la recuperación de la cuenca del Río San Miguel que tiene el objetivo de recobrar las funciones ecosistémicas que existían en los nueve municipios donde pasa el río, ya que esta zona sufre de sequía severa y suelos degradados. Otra iniciativa es el Plan de diversificación de la agricultura y la actividad económica en la zona oriental del país, que está implementada por la Dirección de Desarrollo Rural.

Tabla 51
Componentes estratégicos en el PREP

Componente	Objetivo	Medidas
Agricultura resiliente al clima y amigable con la biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar suelo y vegetación • Capturar CO₂ • Fijar carbono en suelo y vegetación • Mejorar la regulación hídrica • Reducir el uso de agroquímicos • Mejorar la diversidad ecológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Expansión masiva de la agroforestería • Prácticas de agricultura sostenible
Restauración y conservación inclusiva de ecosistemas críticos	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la erosión costera • Fortalecer las zonas reproductoras de una amplia gama de especies marinas • Mantener la capacidad de almacenamiento de nutrientes y agua • Proteger ante crecidas e inundaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Restaurar y conservar los manglares, humedales y otros bosques • Restaurar y gestionar los humedales
Desarrollo sinérgico de la infraestructura física y la infraestructura natural	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevos parámetros de diseño en la infraestructura física y particularmente vial 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversiones en infraestructura gris, con infraestructura natural

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC

El PREP busca también una restauración y conservación socialmente inclusiva de ecosistemas críticos como los manglares, otros bosques y humedales que proporcionan servicios ecosistémicos esenciales para la economía nacional y las comunidades locales. Por ejemplo, los manglares protegen contra tormentas, tsunamis y erosión costera, y son criaderos de una

amplia gama de especies marinas críticas para la economía y las comunidades locales. Por otro lado, los humedales almacenan nutrientes y agua, protegen contra inundaciones, proporcionan las condiciones necesarias para la reproducción y desarrollo de cientos de especies de alto valor económico, social y cultural. La restauración y conservación de estos ecosistemas críticos solo puede ser sostenida si se arraiga en prácticas

locales y esquemas incluyentes de gestión que vinculan a las comunidades y los gobiernos locales con las instituciones públicas nacionales.

Finalmente, el PREP busca una integración más sinérgica entre la infraestructura física y la infraestructura natural, identificando qué carreteras y puentes sufren gran daño o total destrucción debido al incremento en la frecuencia e intensidad del clima extremo. Los nuevos parámetros de diseño pueden reducir esta vulnerabilidad, pero aumentan significativamente los costos. Por consiguiente, la combinación de inversiones en infraestructura gris tradicional con la protección y restauración de infraestructura natural puede ser más costo-eficiente. Por ejemplo, la expansión agroforestal en cuencas y la recuperación del manglar y de los bosques de galería pueden proteger presas hidroeléctricas, puentes y puertos marítimos, mediante la reducción de las crecidas de ríos y la sedimentación. También se plantea la realización de obras de estabilización para prevenir deslizamientos.

En línea con el PREP, el Desafío de Bonn es una de las mayores iniciativas de restauración mundial, el cual fue lanzado en septiembre del 2011 por la República Federal de Alemania y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). En la Tercera Reunión en Latinoamérica del Desafío de Bonn en 2017, se ratificó el compromiso político del cumplimiento de los siguientes objetivos:

1. Impulsar la construcción de capacidades técnicas y científicas orientadas a actividades REDD+ y otras iniciativas.
2. Compartir la experiencia con la región latinoamericana de la implementación de iniciativas y propuestas de restauración, la gestión sostenible forestal y la conservación de los bosques.
3. Realizar una cooperación bilateral con el Gobierno de Alemania para generar actividades sobre reducción de emisiones, incremento de almacenamiento de carbono, conservación de los bosques y gestión forestal sostenible.

En 2016, en el Desafío de Bonn, El Salvador se comprometió a restaurar un millón de hectáreas, equivalentes a la mitad del territorio nacional, donde un 70 % está siendo utilizado en agricultura. En la reunión del Desafío de Bonn en 2017, El Salvador señaló el PREP como el mecanismo para el cumplimiento de los compromisos adquiridos.

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 fueron: 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 buscan 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 nuestro 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 foco 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 derechos de aprovechamiento a los recursos biológicos y opciones económicas locales basadas en la biodiversidad.

La Estrategia Nacional de Biodiversidad 2013 apostó a 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 biodiversidad —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.

El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas constituye un elemento estratégico dentro de los planes y programas de conservación y uso sostenible 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 sostenible del país. La estrategia seguida ha sido lograr 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 sostenibilidad de los territorios. En este proceso se promovió una estrategia de participación de la sociedad civil en la gestión de la Áreas Naturales Protegidas (ANP), estableciendo convenios con ONG y otras instituciones para el comanejo de las mismas. Las instituciones 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.

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 Integral para el Mejoramiento de los Humedales, 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 cuenta con 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.

Salud

El Plan Nacional de Contingencia ante Sequía (2018) liderado por la Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres (DGPC) incluye la conformación de una comisión técnica interinstitucional de salud para, entre otros objetivos, poner en marcha acciones de adaptación a los efectos de la sequía. En particular se contempla intervenciones educativas y de comunicación para sensibilizar a la población y los tomadores de decisiones sobre la importancia de la gestión ambiental y la adaptación al cambio climático.

El Ministerio de Salud junto con el MARN está desarrollando un sistema de monitoreo bioclimático.

La acción 8 del Componente 7 del PNCC, es un Plan de fortalecimiento del sistema nacional de salud para enfrentar el cambio climático. Bajo el

liderazgo del Ministerio de Salud (MINSAL) se realizará vigilancia epidemiológica de enfermedades sensibles al cambio climático y sistemas de alerta temprana, particularmente en poblaciones vulnerables, entre otras actividades.

En este sector se está realizando una revisión de la legislación con el fin de actualizarla para adecuarla a las circunstancias y amenazas que presenta el cambio climático. Se implementarán acciones de coordinación con las municipalidades para que presenten un *plan integrado de adaptación en materia de salud, seguridad laboral y alimentaria y nutricional a implementarse en el período 2018-2025*. Estos planes deberán definir metas concretas de reducción de contaminación ambiental y de aumento de resiliencia al cambio climático.

Educación

El Ministerio de Educación (MINED) con el apoyo del MARN elaboró el Plan de Educación para la Gestión Integral de Riesgos con énfasis en el enfrentamiento al Cambio Climático y la amenaza climática en El Salvador 2012-2022.

Los ejes estratégicos de este Plan son:

- Incorporación curricular del cambio climático y la gestión integral de riesgos, en todos los niveles educativos.
- Formación y desarrollo de capacidades ante el cambio climático y gestión integral del riesgo en docentes de servicio de los niveles de educación parvularia, básica y media y de catedráticos de instituciones de educación superior.

- Organización y formación institucional y local para la implementación del Plan.
- Infraestructura educativa con enfoque de adaptación al cambio climático y gestión integral de riesgos.
- Investigación sobre cambio climático y gestión integral de riesgos.

Opciones de adaptación en estudio en el país

En los siguientes apartados se presentan algunas iniciativas de adaptación que están en proceso de estudio a partir de los resultados de la evaluación de vulnerabilidad en AMSS y el Corredor Seco Oriental. En algunos casos estas medidas están siendo ejecutadas en otras áreas del país o son proyectos institucionales en vigencia.

Sistema de Alerta Temprana para riesgos por Olas de Calor

El Sistema de Alerta Temprana (SAT), constituye una manera de manejar el riesgo asociado a los fenómenos climatológicos extremos, pues permite anticipar una amenaza y poder tomar acciones contingenciales para reducir las pérdidas que puedan causar sus efectos. Hasta el momento El Salvador no cuenta con experiencia para enfrentar un posible fenómeno de “Olas de Calor”, por lo que no se ha establecido un protocolo para implementar un SAT ante las temperaturas extremas, tampoco se cuenta con estadísticas precisas de muertes provocadas por olas de calor. Una posible explicación es que la temperatura media anual, casi siempre es cálida. Sin embargo

no se puede concluir que la adaptabilidad existente sea suficiente para resistir los escenarios de temperaturas elevadas que podrían esperarse.

El objetivo de esta medida es el de prevenir y reducir casos de morbilidad y mortandad y contribuir al bienestar de las personas a través del conocimiento de las amenazas y del protocolo de acción para tomar medidas contingenciales que permitan mitigar un posible daño y adaptarse al cambio climático.

Actualmente desde el Observatorio Ambiental del MARN se lleva a cabo el monitoreo constante de puntos de calor a escala nacional.

Para el desarrollo de un SAT por Olas de calor, se debe priorizar el monitoreo a un nivel de detalle más local, de los municipios con vulnerabilidad más alta al aumento de temperatura y que tienen niveles críticos de densificación.

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

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

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

El objetivo de esta medida es el de contribuir a la reducción de los eventos de infiltración por precipitaciones extremas, mediante la regulación y control de la escorrentía en distintas etapas de su curso hacia los cuerpos de agua, aportando al mismo tiempo al aumento de la infiltración, y los cobeneficios de la reducción de olas de calor y mejora de la convivencia urbana.

Los sistemas de drenaje pluvial sostenible (en adelante SuDs por sus siglas en inglés) son aquellos elementos participantes en el drenaje de las ciudades que buscan imitar el drenaje natural de un sitio previo a su desarrollo (Illman and

Wilson, 2017). Además de controlar la cantidad de agua generada por la lluvia, reducen los contaminantes arrastrados por ella, proporcionando de esta forma oportunidades para una biodiversidad más agradable y mejorada dentro de las ciudades.

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

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

El diseño de los SuDs incorpora una variedad de técnicas de drenaje en una serie jerárquica para ir

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

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

La legislación salvadoreña aún no contempla la implementación de este tipo de infraestructura. Sin embargo, ya existen esfuerzos y buenas prácticas al respecto. Por ejemplo, la OPAMSS (Oficina de Planificación del Área Metropolitana) contempla dentro de sus lineamientos para otorgar factibilidad de aguas lluvias, a los nuevos

proyectos, que incluya un sistema de detención de caudales. Este sistema consiste en tanques impermeables de captación de aguas lluvias de las nuevas construcciones (especialmente de viviendas individuales y edificaciones), los cuales deben almacenar la diferencia del volumen de agua generado en el terreno con proyecto y sin proyecto, por una tormenta con un período de retorno de 10 años.

El MARN también incorpora en los requisitos para el otorgamiento de permisos ambientales, que el proyecto tenga un impacto hidrológico cero, para ello algunos proyectistas proponen pozos o zanjas de infiltración a escala domiciliar o de desarrollo de infraestructura urbana en edificaciones o planteles.

Infraestructura verde en ámbitos urbanos, peri-urbanos y rurales

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

La Infraestructura Verde es un abordaje al manejo de lluvias intensas que utiliza el aumento de la vegetación en los espacios rurales y urbanos para mejorar la capacidad de regulación hídrica, reducir la erosión y transporte de sedimentos que provocan daños aguas abajo (MARN 2012). La Infraestructura verde puede complementar a la Infraestructura gris, haciéndola más rentable, puede brindar un servicio ambiental al entorno, bajar la temperatura y puede reducir el volumen de aguas pluviales recogidas evitando inundaciones (BID 2013).

A su vez la Infraestructura Verde puede potenciar la reducción de inundaciones, la disminución de erosión del suelo y el almacenamiento del carbono. También mejora la calidad del aire, fomenta la calidad de vida y el bienestar humano y mejora la biodiversidad fomentando un enfoque más inteligente e integrado (Unión Europea 2014).

La infraestructura verde es así una de las soluciones sostenibles en la planificación urbana y en el paisaje rural.

El objetivo de esta medida es el de promover la infraestructura verde como una medida de adaptación en contextos urbanos y rurales para contribuir a la reducción de riesgos por inundación y por las oleadas de calor.

El concepto o planteamiento de “Infraestructura Verde” está considerado en el Plan de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP), desde el 2012. El PREP propone su aplicación para invertir en zonas agrícolas de ladera, para introducir prácticas de agroforestería, para mitigar

las inundaciones y reducir la sedimentación de obras de infraestructura como puertos, así como de las bordas y drenajes en áreas críticas, utilizadas para evacuar las aguas en las zonas inundables.

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

Edificación sostenible

El crecimiento rápido y desordenado del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) ha generado una carencia de suelo urbanizable y un déficit habitacional cuantitativo y cualitativo marcado. La expansión del área urbana, sin criterios de sostenibilidad ambiental, ha elevado la vulnerabilidad de municipios con altos niveles de suelo impermeabilizado y hacinamiento en algunos sectores. El grado de pobreza, tipo de asentamiento y el acceso a servicios básicos hace que la vulnerabilidad de la población del AMSS se distribuya desigualmente a lo largo del territorio. Con los efectos identificados de aumento de temperatura, incremento de olas de calor, la reducción de disponibilidad hídrica y la intensificación de lluvias extremas, la promoción de edificaciones sostenibles ofrece mecanismos

de adaptación y, en su conjunto, promueve el desarrollo sostenible de las ciudades.

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

El objetivo de esta opción es el de mejorar la calidad de vida de las comunidades con el uso eficiente de medidas y lineamientos en diseño y construcción que respondan a la variabilidad climática.

Lo que se busca es fomentar la aplicación voluntaria de guías y lineamientos para edificaciones sostenibles, aprender de proyectos piloto en diferentes ámbitos, para luego incorporar gradualmente componentes obligatorios.

Para ello será necesarios:

- Realizar un proceso de capacitación sobre las medidas y estrategias bioclimáticas, como priorizar o seleccionar su uso de acuerdo al objetivo planteado con el sector privado, gremiales y con sector público.
- La elaboración y difusión de una guía de lineamientos bioclimáticos para nuevas construcciones. Actualmente se encuentra en proceso de realización la Guía de edificación sostenible y en altura, desarrollado por COAMSS con el Green Building Council de El

Salvador, en base a normas de México, Brasil y Colombia.

- La realización de pruebas piloto o un plan piloto.
- La realización de guías sectoriales de diseño sostenible con criterios bioclimáticos.
- Lineamientos de Diseño con consideraciones climáticas a los Proyectos de Interés Social Nacional, para el desarrollo de programas de vivienda social sostenible, especialmente en AMSS en donde existe un importante déficit habitacional.
- Creación de Normativa que permita la integración de Consideraciones Climáticas en el diseño constructivo.

Evaluar el efecto del cambio climático y actualización de las curvas IDF del Amss

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

Sin embargo, debido al cambio climático, los cuartiles de extremos de precipitación representados por las curvas IDF seguirán una alteración en el tiempo (Fadhel et ál., 2017). Para fines del siglo 21 habrá una reducción substancial en el período de retorno para una cantidad de precipitación máxima anual con ocurrencia

frecuente de eventos de lluvia (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2012). Esta condición se ha observado en El Salvador durante los últimos años.

Una de las principales limitantes que tiene el Amss para evacuar las precipitaciones extremas es que la vida útil de las tuberías de drenaje tiene más de 50 años. Por consiguiente, fue diseñada para transportar caudales mucho menores a los generados en la actualidad y aún menores a los que se generarán en el futuro.

El objetivo de esta medida es elaborar las curvas de IDF actuales y con clima futuro que sirvan de base para la evaluación de los efectos del cambio climático en el Amss y puedan ser utilizadas por los diseñadores de sistemas de drenaje urbano.

Sistemas de cosecha de agua de lluvia (SCALL)

En el Corredor Seco los pequeños agricultores viven la problemática de la sequía desde hace varios años. La sequía es un fenómeno que está presente y se prevé aumentará su intensidad. A esto se le debe sumar el deterioro de las tierras por mal manejo agrícola y erosión, la destrucción del bosque nativo y la pérdida de la biodiversidad, lo que ha provocado un avance de la desertificación. A su vez, uno de los impactos más graves y palpables de la sequía y la desertificación es la escasez de agua. Se prevé que la sequía y los procesos de degradación ambiental afectarán la viabilidad de los ecosistemas y exacerbará la ocurrencia de eventos extremos como los incendios, lo cual incrementará aún más la vulnerabilidad del país. El fenómeno de la sequía

en el Corredor Seco podría tener repercusiones particularmente severas que se manifiestan en picos de desnutrición aguda en la población que ya sufre desnutrición crónica.

La promoción de técnicas para la recolección o “cosecha” de agua, se fundamenta en dos tipos de fuentes: la zona donde se genera o la fuente del recurso hídrico (zona de recarga) y una zona que es la que capta o almacena la escorrentía y permite su acopio o uso directo, por medio de depósitos (cisternas, estanques, presas, represas, etcétera.).

Esta medida se enmarca dentro del Anteproyecto de Ley General de Agua y del Plan Nacional de Cambio Climático y Gestión de Riesgos Agroclimáticos para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuicola.

Mejora de áreas de recarga hídrica

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

cultivos, con las consiguientes pérdidas que ponen en riesgo la seguridad alimentaria de la población.

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

Como el agua subterránea es más resiliente al cambio climático que el agua superficial (<http://bgs.ac.uk/GWresilience/>), las acciones encaminadas a aumentar su disponibilidad pueden ayudar a adaptarse mejor a la sequía. Así la mejora de la recarga hídrica es de suma importancia para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Dicha mejora lleva consigo la reducción de la escorrentía y en consecuencia de la erosión del suelo.

La recuperación y mejora de zonas de recarga hídrica puede aumentar el caudal base de los ríos, y en algunos casos, por períodos más prolongados. También puede aumentar y prolongar el caudal de los manantiales, ofreciendo agua accesible a los pobladores. En algunos casos la mejora se puede

reflejar en el aumento de los niveles del agua subterránea, proporcionando acceso más prolongado al agua de pozos.

Esta medida podría ayudar a mejorar las condiciones del Corredor Seco Oriental, aumentando la disponibilidad de agua en la región y reduciendo las pérdidas a los agricultores.

La recarga es el proceso por el cual se incorpora agua a un acuífero desde fuera del contorno que lo limita (Custodio, 2010; Scanlon et ál., 2002). Actualmente El Salvador cuenta con un mapa de recarga hídrica, el cual indica que la recarga del Corredor Seco varía entre valores cercanos a 0 y 450 milímetros/año (<http://mapas.MARN.gob.sv/VIGEA/entry.aspx>). Los valores de recarga anual en la cuenca prioritaria para la zona varían entre 65 milímetros y 267 milímetros (MARN 2016). La recarga principalmente proviene de la precipitación y riego. Las acciones de mejora por lo tanto deben tener en cuenta los componentes del ciclo hidrológico.

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

Escalonamiento y réplica de programas de conservación y restauración de suelos y bosques para mejorar la productividad agronómica

El proceso acelerado de la deforestación, sobre todo en terrenos con pendientes mayores al 12 %, causa erosión y degradación de los suelos, la cual conlleva a una menor capacidad de retención del agua, pérdida de fertilidad, pérdida de capacidad de infiltración, y por lo tanto, pérdida de rendimiento de los cultivos y mayor susceptibilidad de los sistemas productivos al impacto de canículas, las cuales se han exacerbado en los últimos años en el Corredor Seco. Además, el uso inadecuado de fertilizantes y pesticidas químicos ha favorecido a las plagas y malezas, disminuyendo el uso de los recursos propios del sistema de producción, aumentando los costos y descapitalizando a las familias productoras. Es decir, dadas las condiciones de vulnerabilidad que enfrenta la población del Corredor Seco, es imprescindible invertir en programas de conservación y restauración de suelos y bosque, con carácter urgente y estratégico, para contrarrestar los impactos socioeconómicos y ambientales ocasionados por fenómenos climáticos.

El objetivo de esta medida es controlar la erosión, aprovechar mejor el agua, mejorar la fertilidad de los suelos, prevenir con más eficiencia las plagas y enfermedades y restaurar los bosques.

Cabe señalar que la conservación del suelo y la restauración del bosque constituyen acciones previstas dentro del Programa Nacional de

Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP), bajo el enfoque de una agricultura resiliente al clima y amigable con la biodiversidad; y la restauración y conservación inclusiva de ecosistemas críticos, con un enfoque innovador de intervención integral de los paisajes y territorios continuos.

Esta acción además está incluida dentro del Plan de Acción de restauración de ecosistemas y paisajes de El Salvador, lanzado oficialmente en 2017, dentro de un conjunto de acciones de restauración con enfoque de mitigación basada en adaptación.

Esta medida se enmarca dentro de la Ley del Medio Ambiente y su Reglamento General, en lo relacionado al manejo de suelos y ecosistemas terrestres, y a la gestión y aprovechamiento sostenible de los bosques y la Política Forestal de El Salvador 2016-2036. Eje Estratégico 4. Reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales, y sistemas agropecuarios.

Diversificación de cultivos y siembra de materiales adaptados al clima futuro

La introducción de nuevas especies en los cultivos y variedades mejoradas constituye una tecnología que apunta a reforzar la productividad, calidad, salud y valor nutritivo de la planta y/o la resiliencia del cultivo a las enfermedades, plagas y estrés ambiental. La diversificación de cultivos se refiere a la suma o introducción de nuevas variedades o sistemas de socios de cultivos para la producción agrícola en un campo particular, tomando en cuenta los diferentes ingresos de las cosechas con

valor agregado, con oportunidades de mercadeo complementarias. Ambas acciones son necesarias para afrontar los efectos del cambio climático.

La finalidad de esta medida es asegurar que la producción agrícola pueda continuar e incluso mejorar a pesar de las incertidumbres respecto de los impactos del futuro cambio climático.

La selección de cultivos nuevos y mejorados incrementa la resistencia de las plantas a una variedad de tensiones que podrían ser causadas por el cambio climático. Estas tensiones potenciales incluyen el estrés hídrico y térmico, la salinidad del agua y el surgimiento de nuevas plagas. Las variedades que se desarrollen para resistir estas condiciones ayudarán a asegurar que esa producción agrícola pueda continuar e incluso mejorar a pesar de las incertidumbres respecto de los impactos del futuro cambio climático. El CENTA (MAG) ha avanzado en este desafío, produciendo una serie de materiales genéticos de granos básicos tolerantes a la sequía y a los suelos con poco contenido de materia orgánica, así como también cultivos adaptados a laderas y otros con mayor contenido de proteínas, como el caso del frijol.

La diversificación de cultivos se está desarrollando como una estrategia de gestión de riesgo en fincas o parcelas. Esta medida cubre los sistemas de producción agrícola basados en el cultivo de granos básicos (maíz y frijol) localizados en varios de los municipios que forman parte del Corredor seco oriental.

Sistemas de producción agrícola resilientes mediante cadenas de valor

El término “cadenas de valor” se refiere a una red de alianzas verticales y estratégicas entre varias empresas dentro de una cadena agroalimentaria, cuyos eslabones son los siguientes



Dadas la situación de vulnerabilidad del territorio del Corredor Seco Oriental, se propone desarrollar una estrategia de este tipo para mejorar las condiciones de la población.

Esta región mantiene una alta incidencia de pobreza rural, localizada en la mayoría de sus municipios y comunidades. Esta situación empeora a causa de las condiciones medioambientales y la limitada base de recursos para la producción agropecuaria de la mayoría de la población rural.

En general, esta población tiene bajos niveles de capital humano y social, un acceso limitado a la tierra y a los activos productivos, infraestructura deficiente de transporte y comunicación, una baja capacidad para generar ingresos y una base de recursos naturales deteriorada. Al ser estos los principales factores que determinan sus condiciones de vida, su vulnerabilidad económica

y medioambiental (incluida la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático) permanece en niveles considerablemente altos, incluidos los impactos negativos que enfrentan estos grupos de parte de las manifestaciones del cambio climático sobre la agricultura de temporal, además de los efectos económicos que se

presentan en el ámbito de la liberalización del comercio regional.

El objetivo de esta medida es mejorar los sistemas de producción por parte de las familias productoras, que les permita incursionar en actividades de mayor rentabilidad económica.

El MAG, a través de la Dirección General de Desarrollo Rural, tiene en marcha el Programa de Competitividad Territorial Rural-Amanecer Rural, cuyo objetivo está orientado a contribuir a mejorar las oportunidades de generación de ingresos y empleo, además de garantizar la seguridad alimentaria de las familias de los pequeños/as productores rurales, por medio del aumento y diversificación de la producción y del acceso a mercados competitivos.

El Componente 1 del Programa se denomina “competitividad empresarial y acceso a mercados.

A través de este componente se apoya tanto las cadenas agroalimentarias como las cadenas comerciales de los grupos-objetivo (café, granos básicos, frutas, hortalizas, lácteos, acuicultura, apicultura, artesanías y servicios de turismo rural), bajo las siguientes líneas de acción: a) Desarrollo de encadenamientos empresariales; b) Fondos de capitalización para la competitividad y para la seguridad alimentaria y adaptación al cambio climático; c) Servicios financieros rurales.

Este programa, que se desarrolla en diferentes partes del país, constituye una base y experiencia importante para el desarrollo de la estrategia propuesta para un territorio específico.

Fortalecimiento curricular sobre manejo agronómico, forestal y cambio climático

En las aulas de centros académicos y de formación, los contenidos educativos respecto a la temática del cambio climático o están ausentes o se presentan con frecuencia en abstracto y descontextualizados. No obstante, el reto no es (solo) conocer el fenómeno. Es necesario saber sobre sus causas, sus consecuencias y sus soluciones, sobre todo en el campo de la agronomía y la forestería.

El objetivo de esta medida es fortalecer los programas educativos y técnico-vocacionales, sobre todo en los territorios más vulnerables del país, por ej. en el Corredor Seco, mediante la inclusión de los temas de adaptación y mitigación del cambio climático, asociado al manejo agronómico y forestal, a fin de que profesionales y técnicos en esas ramas tomen las medidas

necesarias para mitigar los impactos de esas actividades sobre los recursos naturales, así como las acciones requeridas para adaptarse a las nuevas dinámicas previstas para el Corredor Seco. Lo que se busca es incorporar la educación sobre el cambio climático en planes de estudios, con adaptaciones para el contexto local.

En las comunidades en riesgo se deben desarrollar políticas y prácticas de adaptación local para abordar la reducción del riesgo de desastres, la preparación para emergencias y otras opciones sostenibles para el desarrollo que sean pertinentes a escala territorial. Por ejemplo, las partes interesadas, incluidos los Programas de Educación del MINED y el MARN, podrán diseñar materiales sobre el cambio climático para los programas académicos y técnico-vocacionales, sobre todo los que se localizan en los municipios más vulnerables al fenómeno del cambio climático.

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

Monitoreo y Reporte Sobre Niveles de Acuífero y Disponibilidad de Agua

En El Salvador, el agua subterránea es determinante para garantizar la mayor parte del abastecimiento de agua de consumo a poblaciones. Es además un recurso fuertemente utilizado para las actividades agrícolas, industriales, recreativas y de generación energética. Durante las últimas décadas, el número de pozos ha aumentado y con las nuevas perforaciones también han aumentado las profundidades de explotación de los acuíferos, de forma tal que se están aprovechando aguas más profundas.

El PNGIRH enfatiza que el número de estudios disponibles para caracterizar las masas de agua subterránea es deficiente, especialmente menciona la información relativa a la estructura geológica, balance hídrico e información de redes de control de calidad y cantidad del agua subterránea. Principalmente en zonas con mayores grados de aprovechamiento del acuífero se requiere información de la respuesta de los acuíferos a las actividades humanas y procesos del ciclo hidrológico, así como de sus tendencias de calidad y cantidad (MARN, 2016).

En la actualidad se cuenta con información sistematizada en 12 puntos de control piezométrico de la red automática del MARN, localizados en 6 municipios del AMSS y del valle de Zapotitán (MARN 2016). De forma esporádica se realiza un monitoreo adicional en 142 puntos de control de pozos excavados en 65 municipios de El

Salvador. Se tiene conocimiento que al menos 5 pozos de monitoreo adicionales en el AMSS y valle de Zapotitán han sido perforados y equipados por algunas industrias, a requerimiento de la ANDA y/o el MARN como uno de los requisitos para la emisión de la Constancia de No Afectación (ANDA) y del permiso de aprovechamiento de agua (MARN dentro del Permiso Ambiental).

El objetivo de esta opción es mejorar la red de monitoreo de agua subterránea del país para obtener información que permita evaluar el estado actual y el comportamiento histórico y proyectado de los acuíferos, especialmente frente a los efectos del cambio climático.

El monitoreo de las aguas subterráneas consiste en la recolección de datos temporales que registran las variaciones de los acuíferos en cantidad y calidad. La información del monitoreo conjuntamente con información de la ocurrencia del agua subterránea, propiedades hidráulicas del acuífero, usos del agua subterránea e información meteorológica y geológica, conformarán información básica inicial para establecer modelos conceptuales a partir de los cuales se podrán tomar decisiones más acertadas sobre el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico subterráneo. Para ello, será necesario realizar una revisión y diagnóstico y mejoras de la red piezométrica existente, una actualización de los inventarios de fuentes de agua (pozos y manantiales) y la recolección y análisis de información de las redes de monitoreo.

Fortalecimiento de Unidades Ambientales Municipales

Dentro de la municipalidad, las unidades ambientales son claves tanto en la identificación de los potenciales efectos de la variabilidad climática, de zonas o puntos críticos, como en la generación de propuestas de soluciones.

Esta medida consiste fortalecer a las municipalidades del país, especialmente a sus Unidades Ambientales, en tanto éstas tienen competencias en la gestión de riesgos de desastre

y en la gestión ambiental desde un enfoque de servicios ecosistémicos.

Con el fin de fortalecer la capacidad técnica y el alcance en el ámbito municipal, se busca hacer mayor uso de herramientas como la red de observadores locales (ROLAS), proveer a los gobiernos locales una mayor capacidad de seguimiento de medidas y favorecer el cumplimiento de normativas y legislación nacional vigente, especialmente lo relacionado con los cambios de usos de suelo.

El SINAMA (Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente) busca el fortalecimiento de las unidades ambientales, mediante la capacitación continua, en tanto representan el eslabón entre la regulación nacional y las políticas locales del municipio. La relación entre los gobiernos locales y el Gobierno central es fundamental para establecer procesos de gobernabilidad articulada y sostenible.

Es importante mencionar que muchos de los municipios participan en actividades de adaptación y mitigación a nivel nacional.





Capítulo 5

Programas y acciones de mitigación

Como resultado del proceso de creciente riesgo climático, de su afectación económica y social, y de las estimaciones de los impactos futuros asociados, así como al hecho de que El Salvador contribuye con un minúsculo aporte a las emisiones de GEI, el Gobierno de El Salvador ha desarrollado diferentes iniciativas con el enfoque de Mitigación basado en Adaptación (MbA), que buscan responder a los desafíos de integrar las agendas de mitigación, adaptación y desarrollo, a la vez que atiende los compromisos ante la CMNUCC.

En línea con lo anterior, en los últimos dos quinquenios El Salvador ha desarrollado una cantidad importante de instrumentos e

institucionalidad para la reducción de emisiones de GEI en los diferentes sectores, al mismo tiempo que ha realizado inversiones en mitigación y adaptación al cambio climático.

Los múltiples instrumentos (políticas, programas, planes) que sustentan la institucionalidad frente al cambio climático, además de constituir la base estratégica, promueven la coordinación, integración y complementariedad de las diferentes instancias del Estado que tienen responsabilidad dedicada en esta materia; al mismo tiempo que permiten trazar la sectorialización de las acciones. Dada la relevancia de la problemática, esta intención es importante para avanzar en mitigación y adaptación.

En respuesta a las necesidades nacionales de mitigación y a la agenda global, El Salvador ha establecido compromisos importantes, a través de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC por sus siglas en inglés), que sintetizan las apuestas del país en el período inmediato.

Son notables los esfuerzos de mitigación que ya se han desarrollado en los sectores prioritarios, encaminados por ejemplo a generar eficiencia energética, transformación hacia energías renovables, prácticas agrícolas sustentables, restauración de ecosistemas, entre otros de igual relevancia.

5.1 Acciones de mitigación sectoriales

En esta sección se presentan las principales acciones de mitigación, ya sean políticas, programas o proyectos en los sectores prioritarios (Tabla 52). La descripción sectorial comienza con una presentación de las emisiones totales de GEI proyectadas al 2040, para continuar con una presentación de la evolución de las emisiones GEI por sector al 2040 y de las acciones más importantes que se han implementado o se proyectan desarrollar en el país para reducirlas.



Tabla 52 Resumen de las principales acciones de mitigación por sector

Sectores prioritarios de mitigación	Principales acciones de mitigación
Energía	Política energética Programa Promoción de energías renovables, eficiencia y seguridad energética Proyectos: Producción de agua potable con energía renovable, Generación eléctrica a partir de gas natural
Transporte	Programa Desarrollo urbano y costero resiliente al cambio climático y bajo en carbono del PNCC Política integrada de Movilidad y Logística Proyectos: El Sistema Integrado de Transporte del Área Metropolitana de San Salvador
AfOLU	Política forestal 2016-2036 Estrategia del Sector Agropecuario, Forestal y Acuícola Gestión de Riesgos Agroclimáticos para el sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola en el PNCC Plan de Acción de restauración de ecosistemas y paisajes de El Salvador con enfoque de mitigación basada en adaptación Estrategia Nacional REDD+
Residuos	Programa nacional integral de los desechos sólidos

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

Estimaciones de emisiones de GEI totales al 2040

Los modelos econométricos pronostican que la economía salvadoreña continuará con una recomposición de la estructura de sus emisiones. El sector AFOLU reducirá su participación de más de la mitad a poco más de un tercio, al 2040 (Figura 67). El sector energía acrecentará su participación relativa de casi un tercio a más de la mitad de las emisiones. Además, las emisiones de GEI por parte del sector industrial y el sector de residuos se mantienen relativamente constantes. Es importante destacar que cerca del 90 % de las emisiones de El Salvador provienen del sector AFOLU y el energético, razón por la cual las medidas de mitigación están orientadas hacia estos dos sectores prioritariamente.

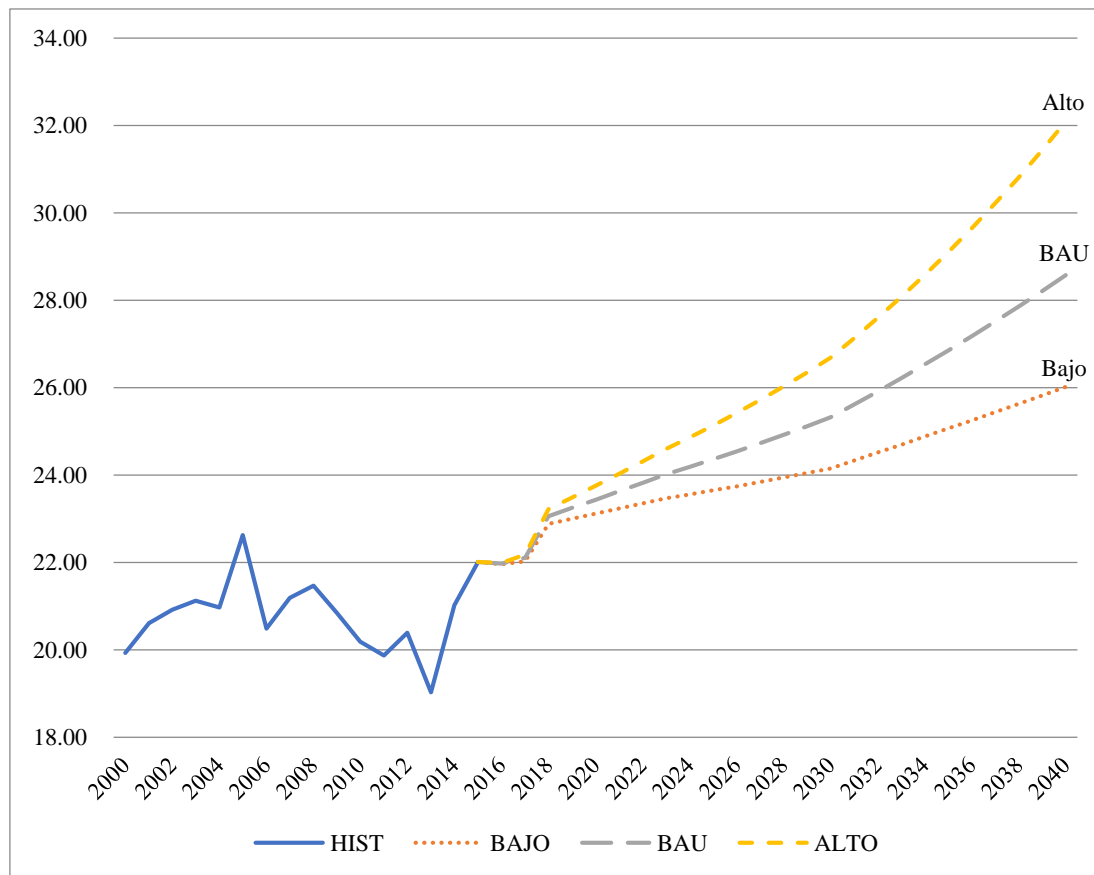


Figura 67. Emisión histórica y proyectada total (miles de Gg CO₂e) 2000-2040 según escenarios del PIB
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC



Energía

En los párrafos siguientes se describe la proyección de las emisiones de GEI por consumo de energía fósil y producción de electricidad, la metodología utilizada para las proyecciones y las principales acciones de mitigación en el sector.

Emisiones del GEI del sector Energía al 2040

Con base en los escenarios del PIB (USD\$ constantes del 2015) y el modelaje econométrico se estiman consumos energéticos, por tipo de fuentes (en terajulios). Posteriormente, utilizando los factores de conversión, se estiman las emisiones de GEI (Figuras 68 y 69). La fuente de los datos de consumo energético proviene de los balances energéticos de SIEE OLADE (2017).

En la proyección de las emisiones no se ha considerado la incidencia que tendrán las acciones de mitigación que en este sector se están desarrollando o se proyectan desarrollar y que se trasladan a continuación.

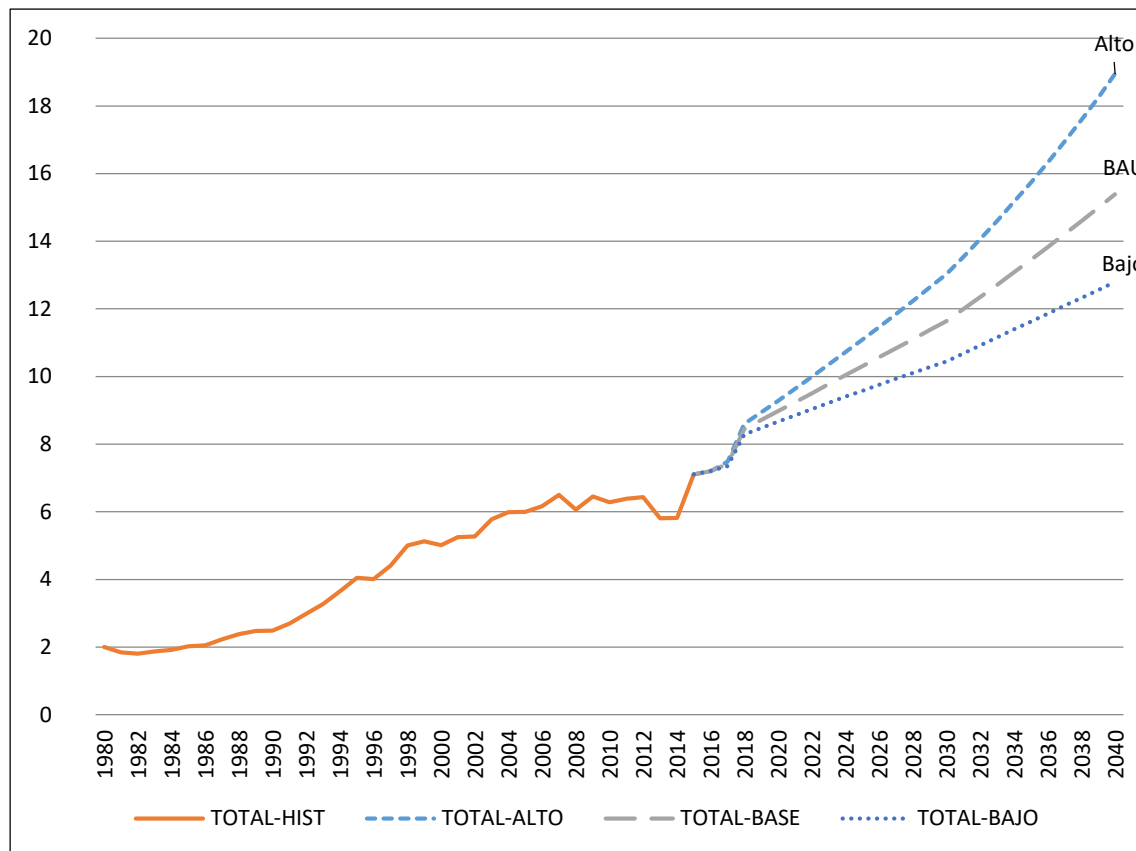


Figura 68. Emisión histórica y proyectada sector Energía (miles de Gg CO₂) 1980-2040 según escenarios del PIB
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA



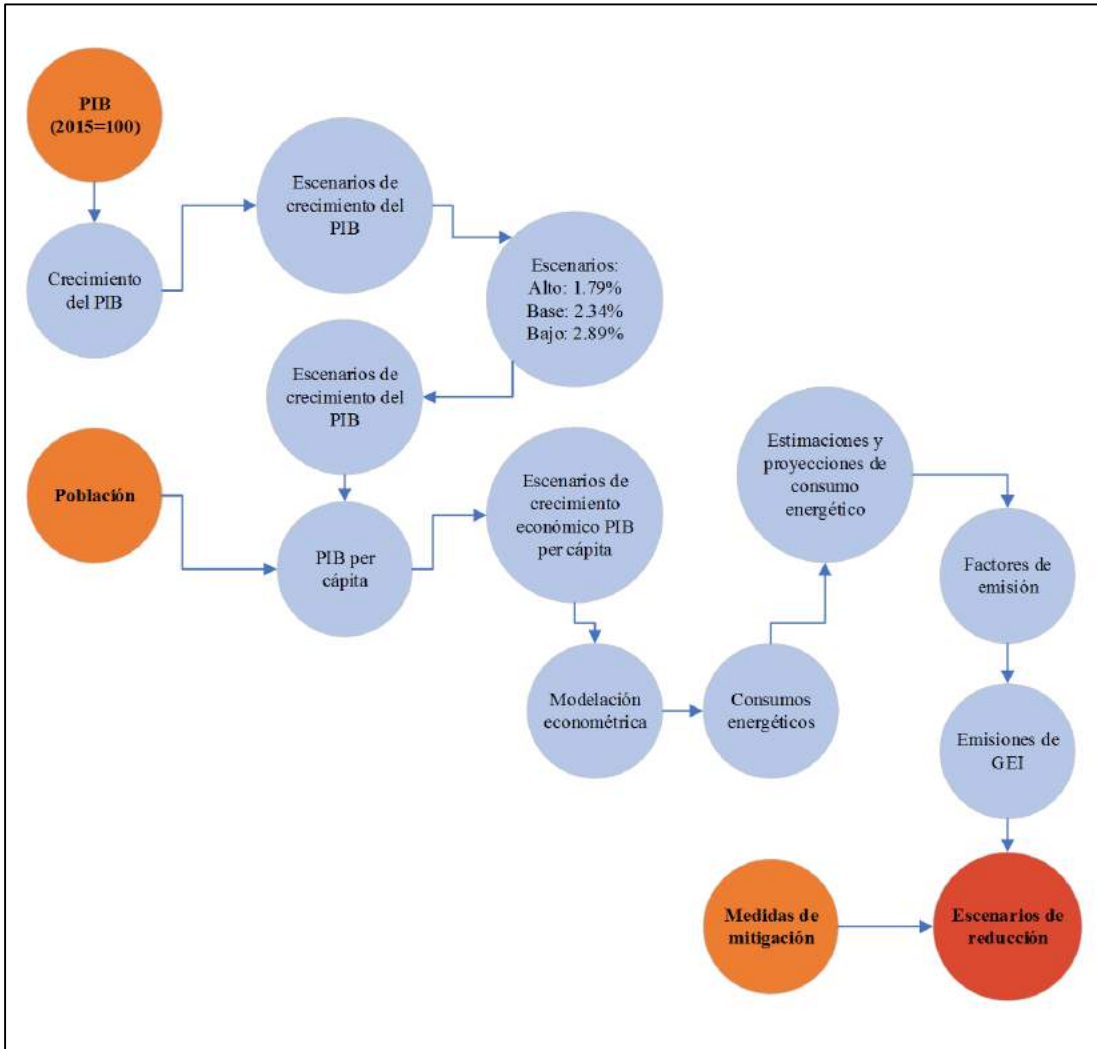


Figura 69. Resumen esquemático de escenarios económicos para la estimación de GEI

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

Política energética

Entre 1996 y 2008, período en el que se dio la reforma del sector eléctrico, que implicó la desarticulación de las empresas estatales y la privatización de la generación de energía, significó un retroceso en las fuentes de generación de energía, pues mientras en los años 80s El Salvador producía cerca de un 77 % de su energía eléctrica a partir de energías renovables convencionales, la hidroeléctrica y la geotérmica; en 2009, el 50 % se generaba a partir de proyectos térmicos. Además de los altos costos económicos -determinados por el mercado- que se generaron en este período, también se generaron costos ambientales.



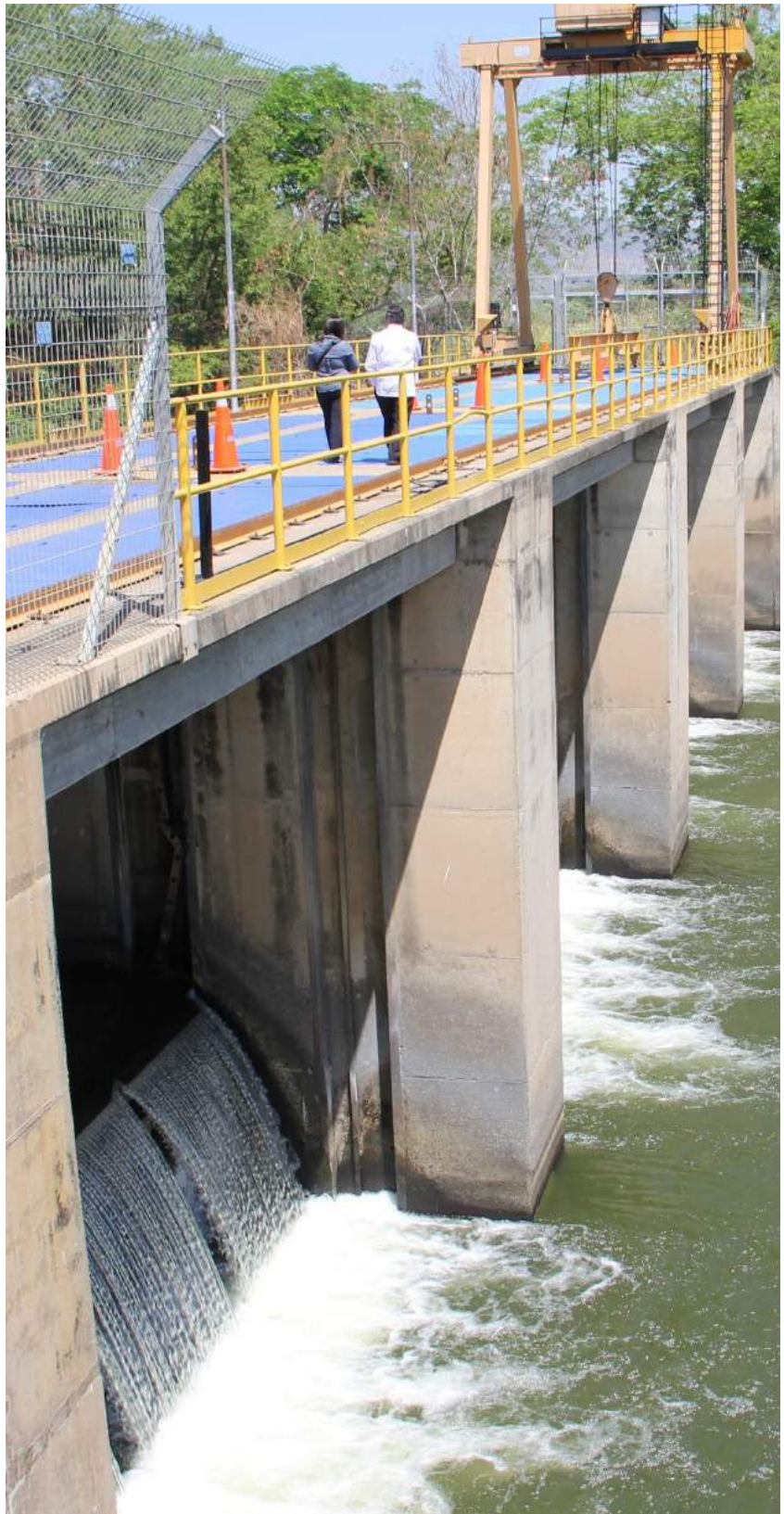


Figura 70. Arreglos institucionales y proyectos de energía adjudicados en la última década

Fuente: Recuperado de http://www.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2017/10/RDC_2017.pdf

A partir del 2009, con la entrada en operaciones del Consejo Nacional de Energía (CNE), se comenzó a recuperar la función rectora del Estado en el sector energético, haciendo las reformas institucionales necesarias para procurar la generación de energía a menor costo y reorientar las prioridades de la matriz energética, promoviendo las energías renovables.

En esta nueva situación se formula la Política Energética de El Salvador 2010-2024, que tiene como lineamientos estratégicos impulsar medidas de eficiencia a corto plazo y transformar la matriz energética hacia las energías renovables a largo plazo, minimizando la dependencia del petróleo y sus derivados. En el marco de la Política se inicia un proceso de cambios institucionales, que posibilita la transformación en la composición de la matriz energética.

En la Figura 70, se presentan los arreglos institucionales y los proyectos de energía que se han adjudicado para viabilizar y avanzar en los cambios del sector energético en la última década, con los consiguientes impactos positivos en la transformación de la matriz energética.

En cumplimiento a las INDC para el sector energía, El Salvador se propone para el 2025 una reducción del 46% de emisiones de GEI en la generación de energía, respecto a un crecimiento sin acciones concretas de mitigación para el mismo año. Asimismo se propone una meta de crecimiento de la

generación con energías renovables del 30 % respecto al total de energía generada en 2015. En el último quinquenio, las energías renovables han experimentado un avance significativo. La capacidad de energía instalada se incrementó en 393 MW, un 24.8 %, al pasar de los 1,587 MW en 2014 a los 1,980 MW en 2017. La expansión alcanzada se atribuye en su totalidad a la apuesta por cambiar la matriz energética a base de fuentes de energía renovable. En 2017, el 74 % de la energía, sin contar las importaciones, se obtuvo a través de fuentes renovables. Si se incluyen las importaciones, esa relación es del 56 %. Y ya en los primeros meses de 2018, aproximadamente el 83 % de la electricidad generada tiene su origen en fuentes renovables (Tabla 53).

Esta transformación no se debe a la desaparición de las centrales térmicas, sino al funcionamiento de un sistema de costes basado en la producción, que entró en vigor en 2011. Este sistema, además de evitar la especulación, la venta de la energía a cualquier precio, “ordena el ingreso” al Mercado Regulador del Sistema (MRS). Es decir, los primeros generadores en ofrecer su energía en el MRS son los que tienen precios más bajos, por lo que las térmicas, ante tecnologías más baratas, tenderán a ofertar menos en el mercado.

La reconversión de la matriz energética se lograría mediante los cuatro procesos de licitación para contratar suministro de energía a largo plazo, impulsados en los últimos años, en los que se han priorizado las energías

renovables. El más reciente, que comprende 170 megavatios (MW) de energía solar fotovoltaica y eólica, ha llegado a su última etapa con la firma de los contratos a largo plazo entre las empresas distribuidoras y las cinco generadoras que ganaron esta licitación.

Para 2025, el gas natural será la principal fuente de energía, aportando una generación de 2.272 MW, el 33,5 % del total, provenientes del proyecto con el que Energía del Pacífico -antes Quantum GLU- ganó la licitación de 355 MW. Las hidroeléctricas y la geotermia serán las otras dos fuentes principales de energía, seguidas de la solar fotovoltaica, la biomasa y la eólica.

Tabla 53 Generación eléctrica por recurso acumulada a junio del 2018

RECURSO	MWh	%
Búnker	12,927.80	16.02
Energía Geotérmica	24,709.45	30.62
Energía Hidroeléctrica	41,101.00	50.94
Solar Fotovoltaica	1,947.12	2.41

Fuente: Consejo Nacional de Energía (CNE). El Salvador

Transporte

La proyección de las emisiones de CO₂ por consumo de hidrocarburos en el sector transporte y las principales acciones de mitigación en el sector se puede ver en la Figura 71.

Emisiones de GEI del sector transporte al 2040

Como en el sector energía, las emisiones proyectadas del sector de transporte presentan una tendencia creciente, en línea con las series proyectadas del PIB para los diferentes escenarios (Figura 71).

Política Integrada de Movilidad y Logística

La Política Integrada de Movilidad y Logística para el Desarrollo Productivo y la Facilitación del Comercio fue establecida por el Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano (MOP), apoyado por el sistema de las Naciones Unidas para su formulación. Esta política pretende influir en las metas de infraestructuras que se plantean en el Plan Quinquenal de Desarrollo 2014-2019 y tiene como objetivo general la movilidad, la transformación productiva y la facilitación del comercio para acelerar el crecimiento y el desarrollo humano.

Sistema Integrado de Transporte del Área Metropolitana de San Salvador

El SITRAMSS es un proyecto desarrollado por el MOP, específicamente por el Viceministerio de Transporte, con el objetivo de mejorar la infraestructura y las condiciones del transporte público de pasajeros y el tránsito en general en

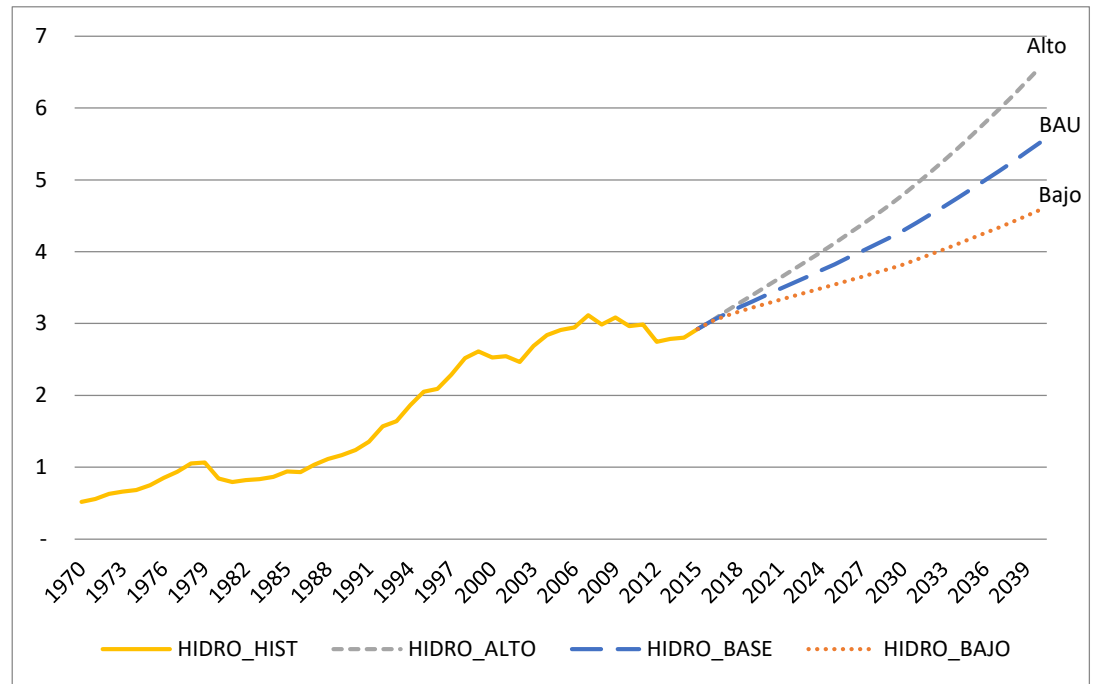


Figura 71. Emisión histórica y proyectada (miles de GgCO₂) por consumo total de hidrocarburos en el sector de transportes según escenarios del PIB, 1990-2040

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA

el AMSS, a fin de estructurar una ciudad competitiva, eficiente y equitativa, que ofrezca oportunidades de movilidad sostenible a la población de menores recursos y facilite el transporte hacia las oportunidades de trabajo y desarrollo económico y social

El proyecto en su conjunto consiste en un sistema integrado de transporte público de pasajeros priorizando su desplazamiento en

buses de alta capacidad a través de carriles exclusivos (*Bus Rapid Transit*, BRT). Además, las intervenciones físicas incluirían, entre otros, la adecuación de un carril segregado, la construcción de estaciones de abordaje y terminales de transferencia, mejoramiento de espacios públicos, adecuación de aceras.

El proyecto se habilitó en diciembre de 2013, actualmente se está consolidando la primera

etapa, donde se conecta la cuenca oriente del AMSS con la capital y se han realizado estudios para extender este sistema hasta el occidente del AMSS, es decir a Santa Tecla, La Libertad. Posteriormente se llevará hacia los puntos norte y sur del AMSS.

Actualmente se cuentan con 37 unidades, 21 padrones y 16 articulados, cuando el sistema esté completamente instalado tendrá 208 autobuses, 151 padrones y 57 articulados en el corredor oriente-poniente. En el período 2018-2025 se pondrá en marcha la segunda etapa o fase del SITRAMSS cubriendo su eje norte-sur, y desarrollará un componente masivo de sensibilización social que asegure el involucramiento ciudadano para que el mismo alcance su máximo potencial de reducción de emisiones.

Este proyecto contribuye directamente en la disminución de la contaminación atmosférica y las emisiones de CO₂ principalmente por la reducción de la cantidad de vehículos, como resultado de la racionalización de rutas y por la mejora en los tiempos.

Agricultura, Bosques y Usos del Suelo (AFOLU)

En el siguiente espacio, se da información sobre la proyección de las emisiones de CO₂ del sector AFOLU, la metodología utilizada para las proyecciones y las principales acciones de mitigación en el sector.

Emisiones de GEI del sector AFOLU al 2040

La Figura 72 presenta las emisiones proyectadas en el sector AFOLU hasta el año 2040.

Las estimaciones del sector AFOLU se realizan modelando las emisiones/absorciones de CO₂e (dióxido de carbono equivalente) a partir de las distintas fuentes de emisiones del sector (tierra, ganadería y fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra). Específicamente se estiman de manera tendencial, anual y a nivel I

(IPCC (2006)) para fines de pronóstico a largo plazo las siguientes emisiones:

- ✓ Las emisiones y absorciones de CO₂ que resultan de las variaciones de las reservas de carbono en la biomasa, materia orgánica muerta (MOM),

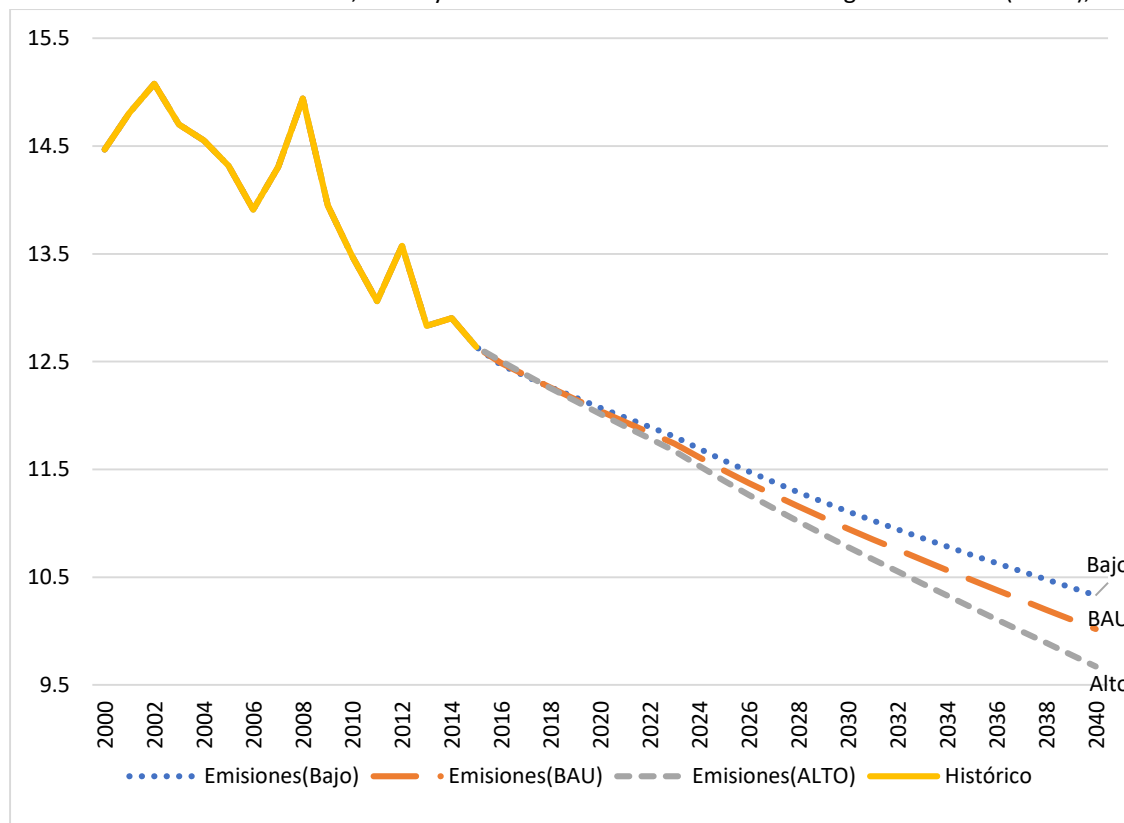


Figura 72. Emisión histórica y proyectada del sector AFOLU (miles de GgCO₂e) 2000-2040 según escenarios del PIB de ganadería y agricultura (USD\$ constantes de 1990)

Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA, 2017

materia orgánica del suelo (MOS) de suelos orgánicos y minerales, y productos de madera recolectada (PMR) para todas las tierras gestionadas.

- ✓ CO2 procedente de los suelos orgánicos cultivados.
- ✓ Emisiones de CH4 procedentes del cultivo del arroz.
- ✓ Emisiones de N2O de todos los suelos gestionados.
- ✓ Emisiones de CH4 que provienen de la fermentación entérica del ganado.
- ✓ Emisiones de CH4 y N2O procedentes de los sistemas de gestión del estiércol.

Política forestal

La *Política Forestal de El Salvador 2016-2036* pretende obtener un manejo forestal sostenible, la potenciación de los beneficios para los productores y productoras forestales como la conservación de suelos y fuentes de agua, y la reducción de riesgos en el área rural para aportar mayor seguridad alimentaria.

Los ocho ejes en los que se orienta la política son:

1. El ordenamiento de las tierras forestales, de manera que se definan y localicen las tierras que deben destinarse a proteger permanentemente el suelo y agua, a manejar los bosques; así como las tierras que deben ser recuperadas a través de

plantaciones forestales, sistemas agroforestales y la regeneración natural.

2. Promoción del manejo sostenible de los bosques productivos que propicien mejores condiciones de vida a los propietarios y propietarias de los ecosistemas, contribuyendo a la reducción de la pobreza y vulnerabilidad.
3. Restauración de los ecosistemas forestales, por medio de la reforestación, y sistemas agroforestales, incluyendo la valoración del recurso forestal para constituirlo en una alternativa económica competitiva con otros usos insostenibles de la tierra. Tiene como finalidad reducir el riesgo, la vulnerabilidad socioeconómica y ambiental, e *incrementar la capacidad de mitigación y adaptación al cambio climático del sector agropecuario.*
4. Reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos y ecosistemas del país, ante los impactos del cambio climático.
5. Implementar mecanismos de compensación para el reconocimiento de las externalidades positivas de los servicios ecosistémicos de la cobertura forestal.
6. Fortalecer la capacidad organizativa y de gestión del sector privado y de la sociedad civil, para lograr una gestión forestal participativa y democrática.
7. Promover la participación de instituciones, municipalidades y comunidades en las tareas de ordenamiento forestal.

8. Implementar una Administración Forestal integral, equitativa e incluyente que garantice una gestión forestal eficaz.

Considerando los nuevos escenarios presentados por la variabilidad climática, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) actualizó de forma participativa la Estrategia Forestal de El Salvador (EFSa), instrumento que define las acciones estratégicas que permiten la ejecución de las líneas de acción establecidas en la Política Forestal. A su vez, una de las acciones de esta estrategia consiste en la Promoción y seguimiento de la Estrategia del Manejo del Fuego 2016 -2025.

Estrategia del Sector Agropecuario, Forestal y Acuícola

La Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal y Acuícola presenta las siguientes iniciativas:

1. Promoción de asistencia técnica a los productores para el manejo sostenible de los recursos naturales.
2. Capacitar a los productores y productoras sobre *el manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos*, así como su aprovechamiento en los procesos productivos.
3. Fortalecer y promover la creación de mercados ecológicos en los territorios.
4. Poner a disposición de los productores y productoras la **tecnología e información**

necesaria para la mejor adaptación y *mitigación del cambio climático*.

5. Consolidar alianzas de cooperación con los principales actores que se ubican en los territorios de intervención de la Estrategia.
6. Generar y fortalecer los conocimientos en gestión ambiental a todos los niveles del Ministerio de Agricultura y Ganadería.
7. Promover y difundir buenas prácticas de producción, inocuidad y fitozoosanitarias en todos los rubros que conforman el sector agropecuario, acuícola, pesquero y forestal.

Programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP)

Este programa se ha desarrollado en los últimos 6 años, inició en el marco de la Política Nacional de Medio Ambiente (2012), con el objetivo de generar condiciones para la reducción de las vulnerabilidades climáticas y orientar acciones de mitigación basadas en adaptación. El programa plantea los siguientes componentes: Agricultura sostenible a nivel de paisajes; Restauración y conservación de ecosistemas críticos; desarrollo sinérgico de infraestructura gris y natural; y Fortalecimiento de la gobernanza y gestión local.

En su posterior desarrollo conceptual y en función de asegurar su aplicabilidad, el programa focaliza la intervención en cinco territorios (2016-2017): Apaneca-Illamatepec; Trifinio-Cerrón Grande; cordillera del Bálsamo;

Bajo Lempa; y Guascorán-golfo de Fonseca. Estos territorios abarcan 157 municipios en los que están situadas 122 Áreas Naturales Protegidas, que cubren una extensión de 86.624 hectáreas.

El *Plan de Acción de Restauración (2018-2022)* incorpora el mapa de oportunidades de restauración que identifica las áreas potenciales para la restauración del país; un análisis económico y financiero de las acciones de restauración o transiciones seleccionadas para evaluar la rentabilidad y los posibles mecanismos de financiamiento; la identificación

de áreas prioritarias de la restauración que permite orientar las acciones de restauración para el periodo del primer quinquenio de ejecución de la estrategia; y un análisis final de la problemática a resolver y los actores que deben ser considerados en la implementación del proyecto.

Esta iniciativa plantea un nuevo actuar a través de la implementación conjunta entre los ministerios y actores locales. Buscando, por medio de un análisis interdisciplinario, potenciar una mayor resiliencia institucional y local para adaptarse mejor al cambio climático. También

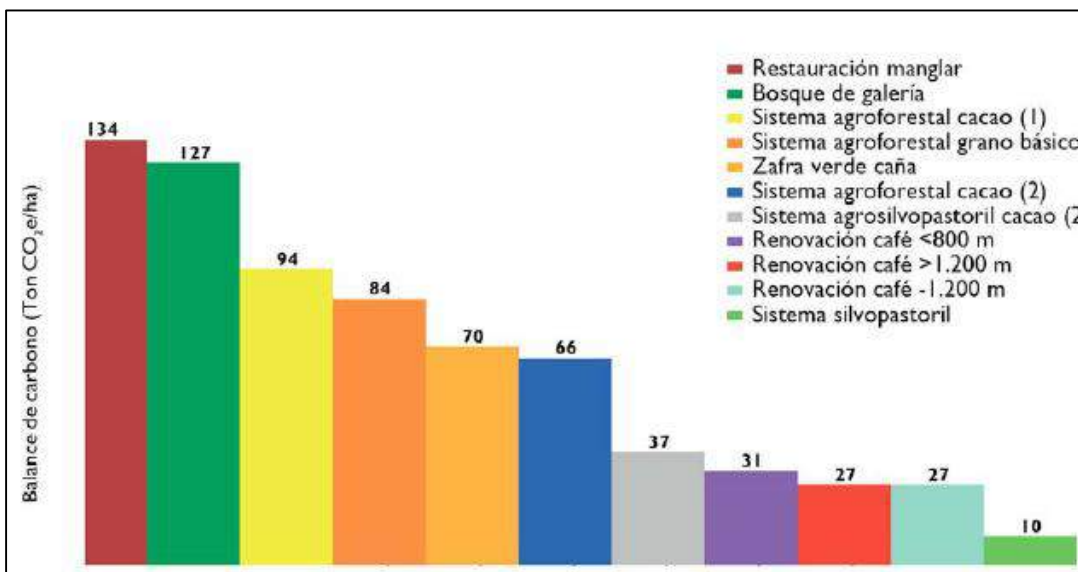


Figura 73. Balance de GEI de las acciones de restauración (TonCO₂e/ha)

Fuente: Prep 2017

proyecta mejorar la gestión financiera de recursos compartidos entre Ministerios, así como unificar criterios sobre los incentivos.

La restauración a gran escala planteada en este programa es fundamental, sobre todo porque las tres cuartas partes del suelo en el país es de uso agrícola, lo que demanda una transformación de la cultura agrícola (Figura 73).

Al 2017 El Salvador ha restaurado 126.482,60 hectáreas, localizadas en áreas naturales protegidas, manglares, bosques, humedales y agroecosistemas, lo que representa el 12.6% de cobertura del territorio. Con esto, el país avanza en la meta programada por el gobierno para el quinquenio (2014-2019) de restaurar 300 mil hectáreas en los sitios priorizados, que abarca 157 municipios (de 262), en los que están situadas 122 áreas naturales protegidas. La restauración de ecosistemas degradados es un esfuerzo de país, en el que han participado 79 municipalidades y organizaciones sociales y ambientales. El mapa virtual del avance en restauración puede verse aquí: <http://apps3.marn.gob.sv/geocumplimiento/restauracion/mapa.php>

Estrategia Nacional REDD+

Este programa tiene como objetivo global reducir y capturar las emisiones de GEI producidas en el área rural, y se enfoca en la adaptación mediante la restauración de

ecosistemas y paisajes a gran escala, consiguiendo mejoras en la mitigación por el aumento de las reservas de carbono en el territorio debido a la fijación de las emisiones de GEI en el suelo restaurado y en la vegetación. De esta manera, El Salvador se ha convertido en el primer país en el mundo en impulsar el enfoque de mitigación basado en la adaptación en el marco de REDD+, el cual tiene un sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) para los resultados de adaptación y mitigación y apoyar que el financiamiento esté basado en los resultados (MARN, 2017, Estrategia Nacional REDD+).

La finalidad de la Estrategia Nacional REDD+ es impulsar prácticas de cultivo basadas en la agroforestería y conservar y/o rehabilitar los ecosistemas forestales, tales como los bosques de galería, los bosques secundarios, los cafetales y otros ecosistemas forestales que protegen las áreas críticas. Por tanto, esta estrategia, además de capturar y almacenar reservas de carbono, obtiene servicios ecosistémicos restaurados que disminuyen la escorrentía, conservan los suelos, evitan la pérdida de nutrientes, generan resistencia a eventos climáticos extremos y mantienen los niveles de producción agrícola.

La Estrategia Nacional REDD+ es vital dado el proceso de degradación ambiental que ha sufrido el país históricamente, así como la afectación causada por el uso intensivo de agroquímicos y de otras prácticas no sostenibles.

La ejecución de la Estrategia Nacional REDD+, además, persigue el cumplimiento de los siguientes compromisos internacionales:

- *Plan Estratégico de Biodiversidad 2011-2020*
- Metas AICHI de la *Convención sobre la Diversidad Biológica* para 2020
 - ✓ Meta 7: Zonas destinadas a agricultura, acuicultura y silvicultura sean gestionadas de forma sostenible.
 - ✓ Meta 14: Los ecosistemas que proporcionan servicios esenciales se habrán restaurado y salvaguardado, incluidos los relacionados con el agua.
 - ✓ Meta 15: Incremento de la capacidad de recuperación de los ecosistemas mediante la conservación y la restauración, incluyendo al menos el 15 % de los ecosistemas degradados.

Residuos

En este apartado, se proporciona la proyección de las emisiones de CO₂ equivalente del sector de residuos y las principales acciones de mitigación en el sector.

Emisiones de GEI del sector de residuos al 2040

Como en el sector energía y transporte, las emisiones proyectadas del sector de residuos presentan una tendencia creciente (Figura 74), en línea con las series proyectadas del PIB para los diferentes escenarios.

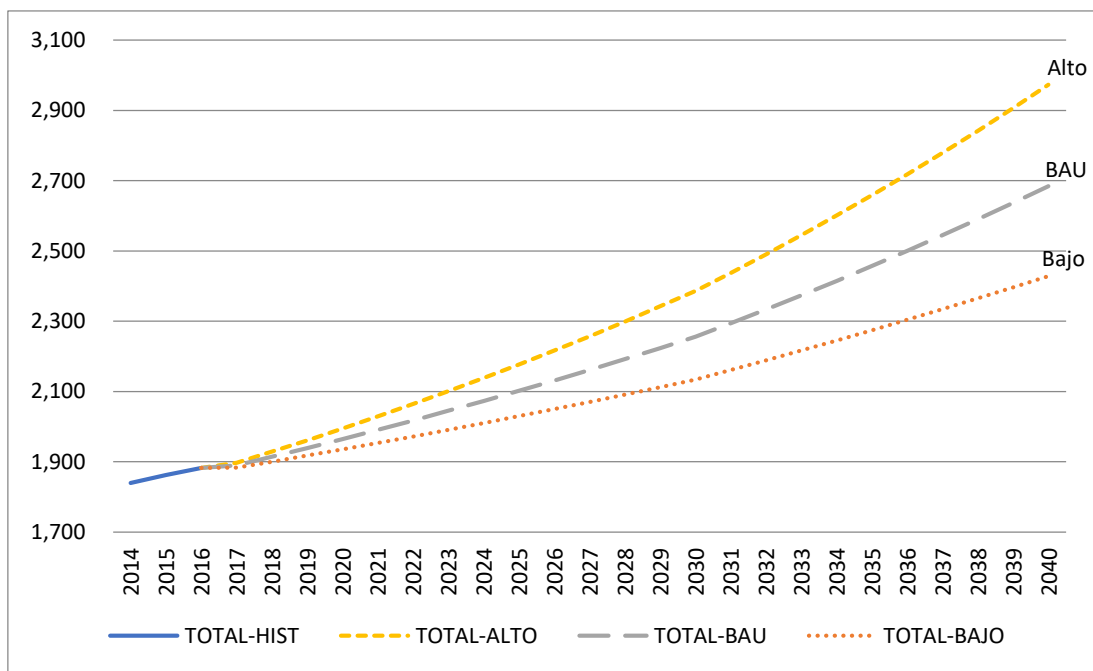


Figura 74. Emisiones históricas y proyectadas en Gg CO₂e totales del sector de residuos 2014-2040
Fuente: Elaboración del MARN para la TCNCC y el primer IBA, 2017

Programa Nacional Integral de los Desechos Sólidos

El Salvador tiene como instrumento legal para el adecuado tratamiento de los residuos sólidos del país, el artículo 52 de la Ley del Medio Ambiente. Este artículo otorga al MARN la responsabilidad de formular el Programa Nacional Integral de los Desechos Sólidos.

Los objetivos estratégicos de este programa son:

- ✓ 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 la calidad y la cobertura universal de los servicios de manejo de desechos sólidos de forma sostenible para prevenir la contaminación ambiental y proteger la salud de la población.
- ✓ Promover el manejo integral de los desechos sólidos poniendo en acción a las instituciones competentes, la responsabilidad empresarial, la participación ciudadana y el acceso a la información.

El Plan para el Mejoramiento del Manejo de Desechos Sólidos en El Salvador es el instrumento para dar cumplimiento al programa. La primera etapa consiste en ampliar la oferta de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, garantizando su sostenibilidad al conciliar los intereses económicos, sanitarios y ambientales.

5.2 Acciones de mitigación nacionalmente apropiadas

Las NAMAS son políticas, programas u otro tipo de acciones climáticas que los países en forma voluntaria desarrollan para reducir las emisiones de GEI de sus niveles tendenciales, o *business as usual*, y que, a su vez, contribuyen a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible de los países en las cuales se implementan.

Estos programas o acciones deben ser medibles, reportables y verificables, por lo que existe un proceso de planificación previo entre las distintas partes involucradas.

El Salvador ha presentado al NAMA Facility la iniciativa de eficiencia energética en edificios públicos y se encuentra en proceso de formular una NAMA relativa al sector de la caña de azúcar, tal como se describe a continuación:

Eficiencia energética en edificios públicos en El Salvador

En la *Política Energética Nacional 2010-2024*, el CNE ha establecido el ahorro y uso adecuado de los recursos energéticos como prioridad, con el objetivo de reducir la emisión de GEI. Para ello, el CNE junto con el PNUD creó el *Proyecto de Eficiencia Energética en Edificios Públicos (EEEP)* financiado por el GEF.

Esta Política incorpora un estimado de 6.542 edificios públicos, distribuidos entre 15 ramos de Gobierno y 136 instituciones, estableciendo los siguientes resultados bajo dos escenarios. Las acciones vienen determinadas por cambios tecnológicos en sistemas de aire acondicionado, iluminación y motores eléctricos ineficientes, que actualmente están instalados en edificios públicos. Más concretamente, las medidas que se implantarían con la puesta en marcha de esta NAMA se detallan a continuación (Tabla 54):

De acuerdo a las estimaciones para la formulación de la NAMA (2015), los edificios del

gobierno consumen cerca del 6,4 % de la demanda nacional, correspondiendo a 378 GWh/año.

La NAMA fue presentada en el 2016 por el CNE al NAMA FACILITY, como proyecto de NAMA "Eficiencia Energética en Edificios Públicos". En diciembre del mismo año, NAMA FACILITY

Estas es una NAMA en proceso de formulación.

El periodo de cosecha e industrialización o zafra de la caña en El Salvador se ubica entre los meses de noviembre a abril de cada año (MARN, 2013e). Dicha producción para el 2016 representó el 0,73 % del PIB y en término de exportaciones totales representa el 2,81 % para

Escenario 1	Escenario 2
<ul style="list-style-type: none"> • Cambio del 100 % de la iluminación (interior y exterior) • Reemplazo del 100 % de los equipos de climatización por unos más eficientes • Reemplazo del 100 % de motores de eficiencia estándar con motores de eficiencia mayor 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio del 20 % de la iluminación (interior y exterior) • Reemplazo del 20 % de los equipos de climatización por unos más eficientes

Tabla 54 Escenarios con las medidas para la reducción de GEI con la NAMA de eficiencia energética en edificios públicos

Fuente: CNE, NAMA

notificó que el proyecto había sido seleccionado para la siguiente etapa pero a finales de marzo del 2017, el CNE fue notificado que el proyecto de NAMA no fue seleccionado para beneficiarse del fondo. Actualmente, el proyecto se encuentra en fase de reformulación y búsqueda de financiamiento para poder implementarse y desarrollar las medidas propuestas (CNE, NAMA).

Reducción de emisiones en el sector de la caña de azúcar

el 2017 (BCR, 2017), constituyendo una importante agroindustria dentro de la economía salvadoreña.

En el 2016, este sector contaba con aproximadamente siete mil productores de caña de azúcar a lo largo del territorio salvadoreño, y seis ingenios: Compañía Azucarera Salvadoreña, S.A. de C.V., Ingenio El Ángel, S.A. de C.V., Ingenio Chaparrastique, S.A. de C.V., Ingenio La Cabaña, S.A. de C.V., Ingenio La Magdalena, S.A.

de C.V. e Ingenio Central Azucarero Jiboa, S.A. (CONSAA, 2016).

En el marco del diagnóstico para la elaboración de la *Política Nacional del Medio Ambiente 2012* y en el proceso posterior de seguimiento, se identifica la necesidad de erradicar algunas prácticas agrícolas negativas en el sector de la caña de azúcar.

Ante ello, los Ministerios con competencia en esta área, el MARN y el MAG, a través de

negociaciones con el sector y en observancia a la legislación existente, plantean cambios en todo el proceso de producción y procesamiento de la caña, que en general están orientados a: la protección de las zonas de amortiguamiento de las áreas protegidas y manglares, de los cauces de ríos y quebradas, la protección de los márgenes de los lagos y lagunas y el manejo adecuado de los desechos sólidos. Y en términos específicos de mitigación, se plantea lo siguiente:

- Adoptar medidas para la erradicación de la quema
- Evitar el uso de agroquímicos, a fin de reducir las emisiones de GEI
- Adoptar prácticas para el uso adecuado de los recursos hídricos, tomando en consideración los escenarios de cambio climático y la situación del recurso en la zona de cultivo, para adaptarse a los efectos de dicho fenómeno.





Capítulo 6

Otra información pertinente para el logro del objetivo de la Convención

En complemento a la información presentada en los capítulos anteriores, este capítulo presenta la información y herramientas implementadas y utilizadas por el país para comprender y monitorear el sistema climático, sus amenazas y sus impactos así como la información pública disponible.

6.1 Observación sistemática

Una 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 climática y de riesgos. El MARN 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 de la información.

Monitoreo

El Centro de Monitoreo Integrado de Amenazas Naturales funciona las 24 horas del día y los 365 días del año, realizando 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 socio-naturales 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, el país cuenta con más de 100 centros

de monitoreo municipales, que consisten de un equipo de visualización a través del cual se emite información sobre el desarrollo de eventos hidrometeorológicos y geológicos en tiempo real. También existen más de 600 observadores locales que brindan información confiable y oportuna al Sistema Nacional de Protección Civil, sectores productivos y población en general, para fines de alerta temprana, reducción de riesgo, planificación y protección.

Un componente clave para la vigilancia es la Red Nacional de Estaciones de monitoreo conformada por más de 250 estaciones ubicadas en todo el territorio nacional, equipadas con aparatos especializados en función del tipo de fenómeno monitoreado y que cuentan en su mayoría con transmisión telemétrica para disponer de datos e información en tiempo real.

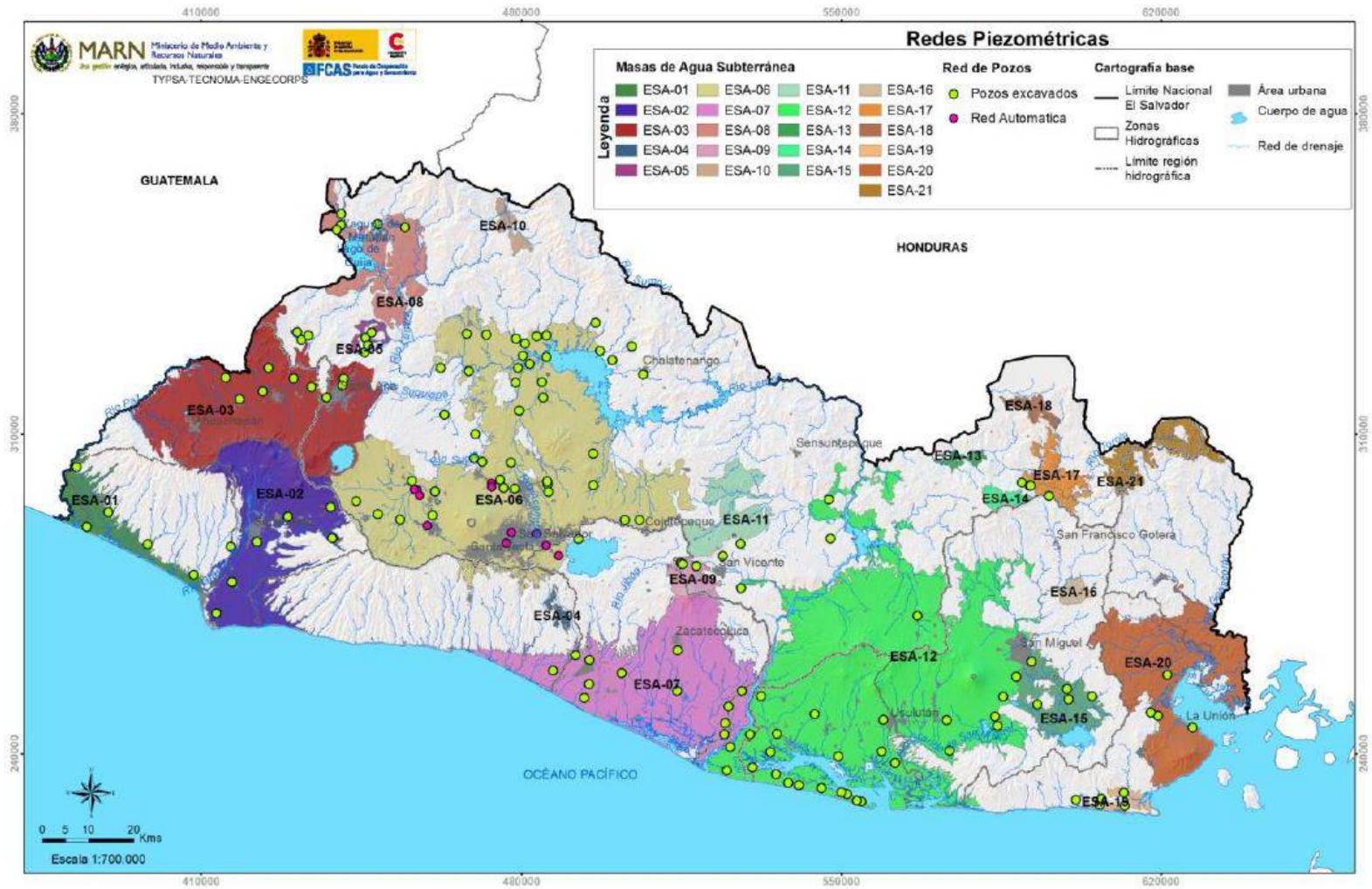


Figura 75. Red de monitoreo de agua subterránea de El Salvador
Fuente: Marn (2016)

La red de radares meteorológicos, conformada por ocho radares de banda X dispuestos en diferentes puntos del país, garantiza una cobertura nacional para el monitoreo de la intensidad de las lluvias.

La red sísmica nacional conformada por más de 90 estaciones sísmicas de período corto, banda ancha y acelerográficas, realiza el monitoreo sísmico y emite alertas tempranas ante un posible tsunami. Están ubicadas en todo el territorio con énfasis en la cordillera volcánica, zonas de enjambres y principales ciudades del país.

Las redes hidrometeorológica telemétrica y convencional empleadas en la vigilancia y medición de distintos parámetros meteorológicos, climáticos, niveles y caudales de ríos, están situadas en las distintas zonas climáticas y cuencas de los principales ríos del país.

La red de pozos de monitoreo en acuíferos prioritarios está conformada por pozos de monitoreo con registrador automático que registran y almacenan tres lecturas diarias de nivel piezométrico, y pozos de monitoreo convencional, pozos artesanales o excavados, que se utilizan para realizar mediciones dos veces al año durante la época seca y lluviosa. La distribución de la red de monitoreo de agua subterránea se muestra en la Figura 75.

La red de oleaje y corrientes y mareográficas se emplea para el monitoreo en tiempo real de lo que sucede frente a la costa salvadoreña. Están localizadas en los puertos de Acajutla, La Unión y La Libertad.

La red de calidad de aire realiza el monitoreo de la calidad del aire en el Área Metropolitana de San Salvador, en especial en 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.

La red de monitoreo volcánico se utiliza para realizar el monitoreo continuo a los Volcanes más activos: San Miguel (Chaparrastique), Santa Ana, Izalco, San Vicente y 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 PNGIRH.

El conjunto de herramientas e información que propone la primera versión del SIHI, están agrupados 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.

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.

Información geo ambiental

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 nacional, a una resolución de un metro: (a) un Modelo Digital de Elevación que representa el suelo desnudo sin la vegetación o construcciones y permite caracterizar las formas del relieve y los elementos presentes en el mismo, (b) un Modelo Digital de Superficie que mide todos los elementos que se encuentran por encima de la superficie del suelo, incluido este, respecto al nivel medio del mar, (c) un Modelo Normalizado de Superficie que mide la elevación de los elementos referidos al suelo, y se obtiene de sustraer del Modelo de Superficie, el Modelo Digital de Elevación de la superficie del terreno, (d) un Modelo de Sombra que proporciona una representación de sombras y niveles de radiación solar sobre el terreno, y (e) un Modelo de Pendientes para representar los cambios graduales o bruscos que se presentan de forma aleatoria sobre la superficie de la tierra. Se cuenta además, a una resolución de 40 centímetros, con imágenes de multiespectrales cuatro bandas (rojo, verde, azul e infrarrojo cercano).

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 están llevando a cabo trabajos para mejorar la cartografía de amenazas por fenómenos naturales.

Entre las aplicaciones que se están desarrollando cabe destacar 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 relacionan 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.

Asimismo, la información está siendo utilizada en el proceso de verificación del Mapa de Uso de Suelo bajo Clasificación IPCC, y se está trabajando en la identificación de cobertura arbórea, identificando patrones de diferentes coberturas.

También se han generado perfiles detallados a partir de 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.

En el área de Gestión de Riesgos, se ha actualizado el análisis hidráulico de eventos máximos en el Río Grande de San Miguel, se ha realizado la evaluación de los cambios morfológicos en el río Lempa, simulaciones de deslave en el Volcán de San Vicente y el Volcán de San Salvador, se ha actualizado el mapa de susceptibilidad a deslizamiento (5 metros)

y se está analizando el comportamiento sísmogénico de regiones inter-segmento en fallas activas de desgarre.

Se pretende seguir utilizando dichos insumos 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.

Teledetección

Se han desarrollado dos mapas nacionales de cobertura y uso de la tierra con base en imágenes de satélite RapidEye de 5 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 se está desarrollando, que se espera sea una herramienta efectiva para conocer los contenidos de carbono en los bosques y por depósito.

Por otra parte, se realiza 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 determinar 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 permanente de cambios de uso de suelo permitirá al MARN tomar las acciones pertinentes y a tiempo, ante las pérdidas de vegetación causadas por talas 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.

Se ha incrementado la capacidad de las instituciones del Estado, a través de plataformas de Sistemas de Información geográfica, que utilizan Sensores Remotos, para la captura y procesamiento de información obtenida por Drones.

6.2 Fortalecimiento de la disponibilidad pública de información

Contar con información confiable y oportuna es una condición fundamental para facilitar los consensos y compromisos requeridos para incrementar la escala y eficacia de las acciones frente a las amenazas del cambio climático en el corto, mediano y largo plazo.

En los últimos ocho años, el MARN ha realizado esfuerzos crecientes y progresivos para mejorar la amplitud, la confiabilidad, la oportunidad y la accesibilidad de la información sobre los temas ambientales en general, y sobre el cambio climático en particular, a través de una variedad de estudios técnicos y documentos de diagnóstico y de definición estratégica. La información generada ha sido un insumo clave para avanzar en la sensibilización social sobre los efectos del cambio climático y la incorporación transversal del tema en

la planificación y el diseño de políticas de prevención, mitigación y adaptación.

Para la generación de esa información, el MARN ha utilizado varios recursos informáticos y tecnológicos, incluyendo sistemas de información geográficos y cartografía satelital. La recopilación y sistematización de la información ha contribuido grandemente a incrementar el corpus del conocimiento sobre la realidad ambiental del país. En esta línea de esfuerzos destacan la construcción del Sistema de Información sobre Biodiversidad de

El Salvador, y las bases puestas por el PNGIRH para desarrollar un sistema robusto de información hídrica que permita evaluar de forma sistemática los recursos hídricos del país y apoyar la planificación a todas las escalas (nacional, por cuenca, región o zona).

El funcionamiento del Centro de Monitoreo de Amenazas Naturales, el más robusto en la región, destaca como un ejemplo exitoso del uso tecnológico avanzado de la información, que mediante instrumentación y protocolos de última

tecnología, permite el monitoreo sistemático de los procesos y fenómenos meteorológicos, hidrológicos, sismológicos, vulcanológicos, geológicos, oceanográficos, y de calidad del agua y del aire, generando información sobre el desarrollo de eventos hidrometeorológicos y geológicos en tiempo real, con fines de pronóstico, alerta temprana, planificación y protección.





Capítulo 7

Necesidades y apoyo recibido para la acción climática

El Salvador es un país vulnerable al cambio climático y se prevé que este fenómeno impactará de manera importante en los recursos y ecosistemas, particularmente en los recursos hídricos, la biodiversidad y el sector agrícola y ganadero. Además, se prevé que aumente la frecuencia e intensidad de los desastres por eventos hidrometeorológicos extremos, tales como sequías, lluvias extremas, inundaciones y otros. Si el país no se adapta a estas nuevas condiciones las pérdidas económicas y sociales podrían ser mayores a los impactos actuales, que ya significativos.

Las necesidades de financiamiento, construcción de capacidad y asistencia técnica, de transferencia de tecnología que se manifiestan en los distintos ámbitos de la acción climática (mitigación,

adaptación, reportes, inventario, negociación internacional) aumentan la vulnerabilidad del país, ya que constantemente se deben superar obstáculos y brechas en la elaboración e implementación de políticas de cambio climático, las que, en un país en desarrollo como El Salvador, compiten con otras prioridades nacionales, como la salud, la educación y el empleo.

7.1. Necesidades de financiamiento climático

Entre el 2015 y el 2017 se han generado importantes estudios, avanzado en la identificación de condiciones habilitantes y preparado planes nacionales que integran la gestión y estimación de costos para enfrentar la amenaza del cambio climático. Estos estudios son

insumos básicos, aunque aún insuficientes, para una determinación efectiva, exhaustiva y sistemática de las necesidades de financiamiento climático. En concreto, han significado un paso muy importante para el entendimiento e identificación de las deficiencias institucionales y de capacidades necesarias para una recolección sistemática de información, registro, consolidación y sistematización de las finanzas climáticas en El Salvador.

Algunos de esos estudios, en su mayoría los realizados con apoyo del Programa Preparatorio “Readiness” del Fondo Verde del Clima en curso de finalización al cierre de la preparación del IBA y la TCNCC, han explorado específicamente cuestiones sobre la institucionalidad y desarrollado propuestas para una arquitectura institucional

para la gestión de las finanzas para el cambio climático.

Uno de los estudios pioneros y más ilustrativos sobre el estatus y capacidades para la gestión de las finanzas del clima en el país es el “Análisis del Gasto Público e Institucional para el Clima” (CPEIR)⁵, que además de arrojar datos reveladores sobre la inversión pública destinada al cambio climático, también pone de manifiesto algunas debilidades técnicas institucionales para la adecuada identificación y el etiquetado de gasto público destinado a cambio climático.

Asimismo, una cuestión pendiente y fundamental para una gestión transparente de las finanzas climáticas es la adopción oficial de una definición apropiada de cambio climático. A reservas de solventar ese vacío, el recurso elegido por los responsables de la revisión y corrección del estudio CPEIR representa una solución preliminar apropiada. En ese estudio se establecieron dos criterios para identificar gasto e inversión en cambio climático, en primer lugar, aquellas líneas presupuestarias destinadas a financiar acciones o proyectos diseñados con finalidad directa y explícita de enfrentar el cambio climático (por ejemplo proyectos financiados por el Fondo Verde del Clima o el Fondo de Adaptación); y, en segundo, aquellas partidas presupuestarias, dentro de otros proyectos o acciones, destinadas específicamente a financiar un objetivo explícito y específico de cambio climático.

Obviamente, al no encontrar establecido ese criterio, ni una política clara para el etiquetado de ese gasto, el estudio CPEIR debió analizar rubro por rubro aquellos proyectos y partidas que cumplieran con aquellos criterios de relación con el clima, requiriendo gran inversión de tiempo y esfuerzo para su finalización.

Por otra parte, para la correcta valoración y entendimiento de las necesidades de financiamiento climático en el país, es imprescindible la consideración de dos aspectos determinantes de la realidad de El Salvador. Por un lado, la condición casi estructural de bajo crecimiento económico, descrita en el capítulo de circunstancias nacionales de la TCNCC con la consecuente limitación en las finanzas públicas para responder a necesidades y desafíos climáticos. Bajo crecimiento que, entre otros factores, también obedece a impactos climáticos, como puso de manifiesto un Informe de Misión del Fondo Monetario Internacional de marzo de 2013: “El Salvador es muy vulnerable a las catástrofes naturales. Se ha estimado que los costos directos e indirectos por pérdidas de infraestructura existente, cultivos, vivienda y otras pérdidas de ingresos ascendieron al 20 por ciento del PIB durante el período 2000-2012, frente a un promedio de tan solo 1½ por ciento en otros países de la región”. (El Salvador: Informe del Personal Técnico sobre la consulta del Artículo IV

de 2013; Informe del País del FMI no. 13/132; 29 de abril de 2013. Pag.39)

Mientras esta circunstancia económica no se supere, el principal esfuerzo de financiamiento climático debería realizarse con recursos de apoyo internacional no reembolsable, a fin de no poner mayores cargas sobre las posibilidades nacionales de erradicación de la pobreza y desarrollo sostenible.

Por consiguiente, el otro aspecto determinante de la realidad nacional a tener en cuenta es precisamente la alta vulnerabilidad y extrema sensibilidad del territorio salvadoreño y su economía frente a la amenaza del cambio climático, lo que implica ingentes necesidades de inversión en gestión de riesgos climáticos y en el cambio o transformación de actividades y prácticas económicas tradicionales orientadas a poner al país en una trayectoria de mayor resiliencia al cambio climático.

En ese marco, un parámetro importante para determinar la escala de las necesidades de financiamiento climático para el país se encuentra en los impactos y pérdidas ya experimentadas a causa de los efectos adversos del cambio climático. Aun teniendo en cuenta que el monto de esas cifras, para reflejar específicamente impactos de cambio climático, deben ser ajustadas a la baja (basados en estudios más elaborados de atribución), es claro que la presencia del

⁵ Climate Public Expenditure and Institutional Review

fenómeno ya juega un papel muy importante en el nivel de pérdidas y daños experimentados. Así se desprende del aumento de la frecuencia de los fenómenos, así como de su intensidad, rompiendo récords históricos de duración y distribución espacial y temporal. Cabe destacar que el tipo de alteraciones registrados en el régimen de lluvias sigue el patrón de alteraciones descrito en el Informe Especial del IPCC sobre eventos Extremos, divulgado en el 2012⁶.

En términos numéricos, las cifras arrojadas por el CPEIR evidencian que en el período 2011 a 2015, con gran diferencia el mayor esfuerzo para enfrentar el cambio climático ha provenido de las finanzas públicas nacionales, alcanzando un total para el período de USD\$ 1.169 millones, frente a USD\$ 54 millones procedentes de fondos en donación⁷. De los fondos nacionales, el 63 % se destinó a acciones y medidas de adaptación, 27 % a mitigación y el 9.5 % a responder a las pérdidas y daños ocasionados por eventos extremos.

Las cifras de pérdidas y daños sufridos por el país entre el 2009 y el 2015, sin embargo, rebasan con mucho el valor del gasto público destinado a responder a los impactos del cambio climático. Los Por otra parte, con financiamiento del Ministerio Federal de Alemania de Medio Ambiente,

⁶ IPCC, 2012: Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation.

⁷ El otro rubro importante de financiamiento climático comprometido o ejecutado entre 2014 y 2017 es el proveniente de inversiones privadas en la generación de electricidad con fuentes menos contaminantes (gas natural) o energías renovables no tradicionales (principalmente

tres eventos más destructivos en El Salvador a partir del 2009 fueron: la depresión tropical E-96 asociada con la tormenta Ida, la tormenta tropical Agatha de 2010 y la depresión tropical 12-E de 2011, que se formaron en el Pacífico y ocasionaron el fallecimiento de 244 personas, un total de 742.000 habitantes afectados y pérdidas superiores a USD\$ 1.300 millones equivalentes al 6 % del PIB (Marn, 2013a).

Entre 2012 y 2016, el país también experimentó fenómenos de sequía de intensidades entre moderada y fuerte⁸, incluyendo episodios que superaron los 30 días continuos sin lluvia. Con los daños ocasionados por estos fenómenos, el valor

de pérdidas sufridas por el país entre 2009 y 2016 supera los USD\$ 1.600 millones.

Otra importante fuente de información para la estimación de necesidades de financiamiento climático se encuentra en el documento “Plan El Salvador Sustentable”⁹, el cual hace una estimación de los costos de las acciones de mayor escala que el país debe realizar entre el 2018 y el 2030 para asegurar su sostenibilidad, con un eje de inversiones dedicado a la “Gestión integral del riesgo para la reducción de desastres y del cambio climático”.

Tabla 55 Resumen de la inversión total para la implementación del Plan El Salvador Sustentable

Ejes del Plan El Salvador Sustentable	Presupuesto estimado por eje (US\$ millones)	%	Período		
			2018-2020	2020-2025	2025-2030
Eje 1. Gestión integral del riesgo para la reducción de desastres y cambio climático	1,322.21	63.26 %	885.91	226.65	209.65
Eje 2. Generación de conocimiento y cultura de sustentabilidad	17.77	0.85 %	12.75	5.00	-
Eje 3. Fomento de la transformación productiva	338.97	16.22 %	146.46	193.28	-
Eje 4. Fortalecimiento de la institucionalidad pública	411.04	19.67 %	71.63	274.01	65.40
Subtotales por período			1,116.75	698.94	275.05
Costeo total del Plan (Millones US\$)	2,090	100 %			

Fuente: Plan El Salvador Sustentable, 2018

fotovoltaica), que de acuerdo a las estimaciones del CNE, para el 2019 alcanzarán casi US\$1,500 millones.

⁸ Se considera sequía moderada durante la época lluviosa, cuando en un territorio se registra de 5 a 10 días consecutivos sin lluvia; y sequía fuerte o severa cuando se tiene más de 15 días consecutivos sin lluvia.

⁹ http://dialogoelsalvador.com/dialogo_sv/admin/uploads/documentos/galerias/Oe82a-version-completa-plan-el-salvador-sustentable.pdf

Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB, por sus siglas en alemán), se desarrolló el “Programa de preparación para el acceso al Fondo Verde del Clima” en nueve países, incluyendo El Salvador. Uno de sus productos se enfocó en el apoyo al sector financiero (entidades financieras y micro-financieras) con el fin de identificar los mecanismos financieros que fomenten inversiones relacionadas con el clima (mitigación y adaptación).

En la investigación mencionada, “Identificación de mecanismos financieros para inversiones climáticamente sostenibles e inteligentes para El Salvador”¹⁰, aunque con un alcance muy general, se analizaron diversas circunstancias que enmarcan las necesidades financieras de cambio climático de sectores prioritarios, examinando algunas barreras para el desarrollo de esos mecanismos. Entre los obstáculos se identifica la necesidad de mayor conocimiento y dominio sobre la importancia de gestionar el riesgo climático y el financiamiento necesario para ello, tanto por parte de inversionistas como de entidades financieras que podrían canalizar fondos, lo que también se relaciona con la necesidad de mayor sensibilización para aumentar la demanda de este tipo de créditos y servicios asociados.

También es relevante destacar que dentro del primer Informe de Seguimiento del Plan Nacional de Cambio Climático (MARN, 2017), se registran

tanto avances significativos como restricciones financieras para que las entidades públicas con responsabilidad en desarrollar y fortalecer disposiciones e instrumentos para incluir cambio climático en su planificación presupuestaria e implementar las acciones correspondientes, cuenten con las capacidades y recursos necesarios para ello. Las mismas acciones priorizadas en los principales instrumentos de política y planificación con que ya cuenta el país, entre ellos el PNCC, las NDC y el Programa Nacional de Ecosistemas y Paisajes, han sido concebidas considerando los más importantes co-beneficios sociales y económicos, incluyendo las sinergias de adaptación y mitigación contempladas en la estrategia de “mitigación basada en adaptación” desarrollada en el PREP. De manera que las sinergias y efectividad del financiamiento climático que se empeñe en aquellas acciones conlleven el objetivo de maximizar resultados en el marco del desarrollo sostenible.

Un punto de partida para solventar esas deficiencias ha sido el desarrollo de un Inventario Nacional de Inversiones Críticas en Cambio Climático, contemplado en el Plan Nacional de Cambio Climático, cuya finalización se prevé para mediados del 2018. Estudio que desarrolla el análisis de esas necesidades financieras hasta el año 2030 para los sectores de infraestructura vial, y de agua potable y saneamiento, utilizando la metodología de análisis de flujos de Inversión y

financiamiento para el cambio climático, empleada en diversos estudios sobre la materia realizados bajo coordinación o patrocinio del PNUD.

Tanto este estudio, como el de Análisis de riesgo de infraestructura prioritaria¹¹, realizado con apoyo de CDKN, representan avances metodológicos importantes que contribuirán de manera más sistemática a comprender y evaluar las necesidades financieras relacionadas con el riesgo climático de bienes estratégicos para el desarrollo resiliente del país ante el cambio climático.

Pero es claro que aún resta un largo trecho por andar para que el país esté en condiciones de contar con información completa y precisa sobre necesidades de financiamiento climático. Una meta importante a alcanzar para avanzar en esa dirección es el esfuerzo de crear un registro consolidado de necesidades de financiamiento climático, estableciendo criterios estandarizados para ello, tal como está contemplado en la Acción 6 del Componente 8 del PNCC, incluyendo en ellos acciones clave identificadas en planes sectoriales y territoriales.

Un requisito esencial para el éxito de este esfuerzo es el desarrollo de una mejor y más completa gestión de la información sobre la vulnerabilidad y los riesgos climáticos en sectores y territorios clave, la contabilidad sistemática y normalizada de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como la evaluación económica y costo efectiva de toda

¹⁰ FS-UNEP Collaborating Centre, Marzo 2018

¹¹

<http://www.snet.gob.sv/Documentos/AnalisisDeRiesgoEnInfraestructuraPrioritariaSV2016.pdf>

acción que se estime prioritaria o estratégica por el Gabinete de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad o el ente que para la toma de esas decisiones nacionales quede establecido en la futura Ley Marco de Cambio Climático. Algunos pasos en esa dirección se prevén como resultado del estudio de la arquitectura institucional para el cambio climático antes mencionado. Pero todo ello debe enmarcarse en un esfuerzo nacional mayor y sistemático por el fortalecimiento institucional para la gestión de información estadística climática, ambiental y de riesgos, a todo nivel, que posibilite la identificación, priorización y actualización regular de las necesidades de financiamiento climático.

7.2. Apoyo recibido para la acción climática

El financiamiento internacional es uno de los instrumentos económico, financiero y técnico de amplio uso en el desarrollo de una Inversión en Infraestructura para la Mitigación (IMCC), en Infraestructura Adaptativa al Cambio Climático (IACC) y en Ecosistemas Estratégicos para la Adaptación al Cambio Climático (EEACC). Los financiamientos considerados como apoyo recibido son los de cooperación no reembolsable (donaciones), mientras que los préstamos para acción climática, que han de ser financiados con fondos nacionales, se consideran como financiamiento con recursos propios.

De acuerdo al Análisis del Gasto Público 2011-2015, contenido en el CPEIR (2018), el total del gasto climático que El Salvador tuvo en ese quinquenio fue de USD\$ 1.169,84 millones, representando en promedio el 4,34 % del gasto del gobierno central, (incluyendo a las empresas públicas) y el 1,1 % del PIB promedio del período. Las cifras permiten concluir que la cooperación no reembolsable para cambio climático es considerablemente menor si se compara con la inversión pública financiada con recursos propios. Esto demuestra el importante esfuerzo realizado por el país para responder a esta amenaza y la clara necesidad de aumentar la capacidad nacional de gestión de financiamiento climático internacional, dada su alta condición de vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, su ya elevado endeudamiento y las adversas circunstancias económicas y fiscales que han prevalecido en las últimas décadas.

Las fuentes de financiamiento del gasto total se distribuyen de la siguiente manera:

- a) El 45,75 % financiado con recursos propios, generados por las empresas públicas
- b) El 31,8 % financiado del fondo general
- c) El 15,75 % financiado con préstamos externos
- d) El 4,82 % se financió con donaciones

No obstante, como se aprecia en las cifras anteriores, el apoyo internacional en financiamiento climático recibido por El Salvador

ha estado muy por debajo de las necesidades, lo que ha obligado al país a recurrir a préstamos y aumentar su endeudamiento internacional para responder a los desafíos del cambio climático. Las cifras reflejadas por el informe ponen en evidencia que entre el 2011 y el 2015 las inversiones y gasto nacional en cambio climático alcanzaron un total de USD\$ 1.169 millones, equivalente al 1.1 % del PIB anual.

Al analizar los recursos financieros provenientes del exterior –tanto vía cooperación internacional como financiamiento externo– se observa que son considerablemente menores a los montos de la cartera nacional de inversión y gasto en acciones y financiamiento de proyectos asociados tanto a mitigación como a adaptación, de acuerdo a los datos reflejados en la Tabla 56 y 57 y las del estudio CEPEIR antes mencionado.

Tabla 56 Gasto total en cambio climático por ramo e institución durante 2011-2015

Ramo	Institución	Gasto Institucional 2011-2015 (Millones USD\$)	Gasto en Cambio Climático 2011-2015 (Millones USD\$)	Porcentaje con relación al Gasto Institucional
Obras Públicas, Transporte y Vivienda y Desarrollo Urbano	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados	769,22	223,49	29,05 %
	Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano	745,90	187,50	25,14 %
	Fondo de Conservación Vial	490,51	69,84	14,24 %
	Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma	407,96	6,08	1,49 %
Total Obras Públicas, Transporte y Vivienda y Desarrollo Urbano		2.413,59	486,91	20,17 %
Economía	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa	1.875,48	320,34	17,08 %
	Concejo Nacional de Energía	9,49	1,33	14,03 %
	Comisión Nacional de la Micro y Pequeña Empresa	24,41	0,16	0,67 %
Total Economía		1.909,38	321,83	16,86 %
Salud Pública	Salud Pública	2.619,56	152,10	5,81 %
Total Salud Pública		2.619,56	152,10	5,81 %
Agricultura y Ganadería	Agricultura y Ganadería	407,55	95,53	23,44 %
	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal	61,45	29,09	47,35 %
	Escuela Nacional de Agricultura	14,86	0,96	6,49 %
Total Agricultura y Ganadería		483,86	125,58	25,95 %
Medio Ambiente y Recursos Naturales	Medio Ambiente y Recursos Naturales	85,53	33,14	38,75 %
	Fondo Ambiental del Salvador	8,58	6,42	74,81 %
Total Medio Ambiente y Recursos Naturales		94,11	39,56	42,03 %
Presidencia de la República	Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local de El Salvador	495,07	29,05	5,87 %
Total Presidencia de la República		495,07	29,05	5,87 %
Hacienda	Hacienda	9.228,39	14,80	0,16 %
Total Hacienda		9.228,39	14,80	0,16 %
Total general		17.243,94	1.169,84	6,78 %

Fuente: CPEIR El Salvador, 2018, con datos del Ministerio de Hacienda



Tabla 57 Gasto público climático por categoría y año

Años	Gasto en Adaptación (Millones USD\$)	Adaptación Porcentaje	Gasto en Mitigación (Millones USD\$)	Mitigación Porcentaje	Gasto Perdidas y Daños (Millones USD\$)	Pérdidas y Daños Porcentaje
2011	186,02	68,36 %	54,52	20,04 %	31,56	11,60 %
2012	89,88	49,89 %	45,98	25,52 %	44,30	24,59 %
2013	204,16	66,39 %	85,68	27,86 %	17,69	5,75 %
2014	99,13	58,94 %	58,40	34,72 %	10,66	6,34 %
2015	161,19	66,64 %	72,74	30,07 %	7,95	3,28 %
Total general	740,38	63,29 %	317,32	27,12 %	112,16	9,59 %

Fuente: CPEIR, El Salvador 2018.

La mayoría de los gastos por categoría climática se orientan a la adaptación, con un 63,29 % del total. Esta categoría se ha convertido en la prioridad del país, si bien solo muestra una leve tendencia de crecimiento, su inversión está enfocada hacia la

preparación del país para enfrentar posibles impactos del cambio climático. El gasto en adaptación fue ejecutado principalmente por las instituciones pertenecientes a la rama de obras públicas, transporte y vivienda y desarrollo urbano

con USD\$ 426,96 millones, seguido por las entidades de la rama de agricultura y ganadería con USD\$ 123,97 millones.



Bibliografía

Abajo, B.; Acero, J.; Cuellar, N.; Fernández, M.; Handal, C.; Kandel, S.; Herrera, E.; Membreño, A.; Quiñónez, N. (2017) Proyecto: Planificación para el incremento de la temperatura debido al cambio climático en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS). Informe: Análisis de vulnerabilidad socioeconómica frente al aumento de temperaturas en los municipios del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS).

Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), 2017. Boletín Estadístico 2015-Nº 37 disponible en <http://www.anda.gob.sv/wp-content/uploads/2016/09/BoletinEstadistico2015.pdf>.

Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), 2017. Boletines Estadísticos – Cantidad de agua residual industrial 2003- 2015.

AES Nejapa, 2017. Informe de Operación Anual de la central eléctrica AES Nejapa Gas, año base 2014.

AES Nejapa, 2017. Recuperación de metano (2013-2016).

Aguilar, E., et al. (2005), Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003, *J. Geophys. Res.*, 110, D23107, doi: 10.1029/2005JD006119.

Aguilar, Y., y Tobar-Rivas, J., Quiñones-Basagoitia, Julio. y Rivas-Pacheco, T., (2007). Vulnerabilidad y Adaptación al cambio climático de los pobladores rurales de la planicie costera central de El Salvador. Investigación Interdisciplinaria realizada por MARN-SNET y apoyada por el PNUD-GEF. El Salvador Doi:

Aguilar, Y., y Tobar-Rivas, J., Quiñones-Basagoitia, Julio. y Rivas-Pacheco, T., (2007). Vulnerabilidad y Adaptación al cambio climático de los pobladores rurales de la planicie costera central de El Salvador. Investigación Interdisciplinaria realizada por MARN-SNET y apoyada por el PNUD-GEF. El Salvador:

http://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/PNUD_Vulnerabilidad_y_adaptacion_al_C.C_de_los_pobladores_rurales_de_la_planicie_costera_central_de_El_Salvador.pdf

ANDA (2016). Memoria de Labores 2015 (Memoria anual), Memoria de Labores. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados - ANDA, San Salvador.

Anglian Water Services Ltd, 2009. Guidance on the use of sustainable drainage systems (SUDS) and an overview of the adoption policy introduced by anglianwater.

Banco Central de Reserva (BCR) de El Salvador, 2017. Consumo aparente de cemento disponible en <http://www.bcr.gob.sv/bcrsite/?cdr=32&lang=es>

Banco Central de Reserva (BCR) de El Salvador, 2017. Producto Interior Bruto (PIB) - Serie temporal de 1990 a 2016 disponible en <http://www.bcr.gob.sv/bcrsite/?cdr=32&lang=es>.

Banco Central de Reserva. Producto Interior Bruto por rama de actividad económica a precios constantes de 1990 en millones de dólares para el año 2016.

- Banco Mundial (2009). Programa Hidrológico Internacional PHI UNESCO. Unión Europea-Programa Regional para la Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental.
- Banco Mundial (2012). “Evaluación de las tierras de El Salvador”, Informe 82312-SV, Washington, D.C.: Banco Mundial, Junio de 2012. IPCC Technical Paper VI - June 2008
- Banco Mundial. Crecimiento del PIB en términos de porcentaje anual. Enlace web:
<https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=SV>
- Banco Mundial; CIAT; CATIE. 2014. Agricultura climáticamente inteligente en El Salvador. Serie de perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para América Latina. Washington, D.C.: Grupo del Banco Mundial.
- Becker, B., C. Buontempo, A. Muñoz (2013). Drivers of weather and climate risk in El Salvador. Technical Report. UK MetOffice–Hadley Centre. 40 pp. Disponible en http://www.cmc.org.ve/ole2/documentos/ElSalvador_CentralAmerica_climatedrivers.pdf
- Bouroncle, C., Laderach, P., Rodríguez, B., Medellín, C., Fung, E., 2015. La agricultura de El Salvador y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para adaptación? CGIAR Res. Program Clim. Change Agric. Fod Secur. CCAFS.
- Caballero, K. (2014). Escenarios Climáticos en El Salvador. Documento de “La Economía del Cambio Climático en El Salvador”. CEPAL.
- Cabrera, O. y P. Amaya. (2012). Vulnerabilidad Socioeconómica ante el Cambio Climático en El Salvador. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural- (RIMISP).
- Calderón, S., 2014. Cambio Climático en Zonas Urbanas: Caso de Estudio Área Metropolitana de San Salvador.
- CCAFS América Latina, MAG, CAC, CIAT (2014). Estado del Arte en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria en El Salvador.
- CENTA. (2017). Plan Agropecuario: “Incremento de la Capacidad de Recuperación de los Medios de Vida de los Pequeños Productores frente a la Sequía en Municipios del Corredor Seco, Región Oriental”.
- CEPAL (2003). Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres. Santiago de Chile.
- CEPAL (2010). El Salvador: Efectos del cambio climático sobre la agricultura.
- CEPAL (2010a). El Salvador: Impacto socioeconómico, ambiental y de riesgo por la baja presión asociada a la tormenta tropical Ida en noviembre de 2009. México, D.F.: CEPAL, 28 de Febrero de 2010.
- CEPAL (2010b). Evaluación de daños y pérdidas en El Salvador ocasionados por la tormenta tropical Agatha. Resumen Preliminar. San Salvador, Junio de 2010.
- CEPAL (2010c). La economía del cambio climático en Centroamérica. Síntesis 2010. México, D.F.: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Noviembre de 2010.
- CEPAL (2011). Economía del Cambio Climático en Centroamérica.
- CEPAL (2011a). La economía del cambio climático en Centroamérica. Reporte Técnico 2011. México, D.F.: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Julio de 2011.
- CEPAL (2011b). Resumen regional del impacto de la depresión tropical 12-E en Centroamérica. Cuantificación de daños y pérdidas sufridos por los países de la región en el mes de octubre de 2011. México D.F., Noviembre de 2011.
- CEPAL (2012), Impactos potenciales en los patrones intraanuales y espaciales del clima, Serie Técnica 2012, México, D.F.: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Septiembre de 2012.
- CEPAL (2012a), La economía del cambio climático en Centroamérica. Síntesis 2012. México, D.F.: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Octubre de 2012.

- CEPAL (2012b), La economía del cambio climático en Centroamérica. Evidencia de las enfermedades sensibles al clima. Serie Técnica 2012. México, D.F.: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Octubre de 2012.
- CEPAL (2014), La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEPAL (2015). La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEPAL (2017). Desastres, crecimiento económico y respuesta fiscal en los países de América Latina y el Caribe, 1972-2010, revista CEPAL.
- Chou et al. (2014). Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. American Journal of Climate Change, 2014, 3, 512-525.
- CMNUCC, 2006. Directrices actualizadas de la Convención Marco para la presentación de informes sobre los inventarios anuales, tras la incorporación prevista en la decisión 14/CP.11.
- CMNUCC, 2011. Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 16º período de sesiones, celebrado en Cancún del 29 de noviembre al 10 de diciembre de 2010 (COP16, SB 33 (Cancún, December 2010)).
- CMNUCC, 2012. Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 17º período de sesiones, celebrado en Durban del 28 de noviembre al 11 de diciembre de 2011 (COP17, SB 35 (Durban, December 2011) y Annex III of decision 2/CP.17).
- CMNUCC, 2016. Manual de Usuario para las Directrices sobre Comunicaciones Nacionales de las Partes No Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático” disponible en http://unfccc.int/resource/userman_nc_sp.pdf.
- COAMSS - OPAMSS, 2013. Generalidades del AMSS. ¿Quiénes Somos.
- CONASAV (2015). Riesgo por Fenómenos de Origen Natural en El Salvador. San Salvador: Comisión Nacional de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad.
- CONASAV (2018). Plan El Salvador Sustentable.
- Consejo de Salud Ocupacional (CSO) de Costa Rica. 2015. DECRETO Nº 39147 S-TSS Reglamento para la prevención y protección de las personas trabajadoras expuestas a estrés térmico por calor.
- Consejo Nacional de la Energía 2017. Balance energético de El Salvador 2010, 2011, 2012 y 2013 disponibles en <http://estadisticas.cne.gob.sv/boletines-estadisticos89/balances-energeticos789/>.
- Consejo Nacional de la Energía 2017. Balance energético de El Salvador 2014 y 2015.
- Consejo Nacional de la Energía. NAMA. Rendición de Cuentas. 2017. Enlace Web: http://www.cne.gob.sv/wp-content/uploads/2017/10/RDC_2017.pdf
- Consejo Salvadoreño del Café, Departamento de estudios económicos y estadísticas cafeteleras, 2017. Balance cafetalero nacional (2012-2016) disponible en <http://www.csc.gob.sv/estadisticas/>.
- Custodio, E., 2010. Estimation of aquifer recharge by means of atmospheric chloride deposition balance in the soil. Contrib. Sci. 81–97. <https://doi.org/10.2436/20.7010.01.86>
- DACGER. 2013. Proyecto GENSAI-JICA Equipo de Cooperación Técnica para el Proyecto de Desarrollo de Capacidades de la DACGER-MOP “Análisis de Período de Retorno para Lluvia de Dos Días en El Salvador-Septiembre 2013”
- Debortoli, N.S., Camarinha, P.I.M., Marengo, J.A., Rodriguez, R.R. (2017). An index of Brazil’s vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. Nat Hazards (2017) 86:557–582.
- Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC), 2017. Población

- Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC), 2017. Tipo de deposición de agua, boletines estadísticos 2005 – 2016
- EHPM (2008-2016). Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples. San Salvador. Dirección General Estadística y Censos Digestyc.
- EHPM (2017). Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples. San Salvador. Dirección General Estadística y Censos Digestyc.
- EMEP/EEA, 2016. Air pollutant emission inventory guidebook – 2016.
- ENCC, 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Energía del Pacífico, S.A. de C.V. (2017). Proyecto. Recuperado de <http://www.energiadelpacifico.com/proyecto.html#generalidades>
- Evaluación de Riesgo por Tsunami en la Costa de El Salvador. Fase II: Vulnerabilidad y Riesgo. Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria) y Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN). 2012.
- FAO, 2012. Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano (Países CA-4), Primera Edición. ed. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Honduras.
- Fernández-Lavado, Carles. 2010. Caracterización de la inundabilidad en el AMSS (El Salvador, CA). Programa IPGARAMSS.
- FESAL (2008). Encuesta Nacional de Salud Familiar 2008. San Salvador: Asociación Demográfica Salvadoreña.
- Field, C.B. et al. (2014): Technical summary. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local. (2014). Estrategia de Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático para un Desarrollo Local Sostenible FISDL. Gobierno de El Salvador.
- Fuentes, A.B. (2012). Sistematización de Estudios de Vulnerabilidad al Cambio Climático en El Salvador.
- GAR-2015. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres (GAR) 2015.
- Gavidia, F. (2001). Diagnóstico del estado actual del conocimiento y propuesta de una estrategia para la creación de capacidades sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en El Salvador. Proyecto GEF/ELS/97/G32. Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, Fase II. Mayo 2001.
- Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 35-94.
- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (2017). Memoria: Bonn Challenge Latinoamérica 2017. Recuperado desde http://reddlandscape.org/wp-content/uploads/2017/10/Bonn-Challenge-Lat-2017_sp.pdf/.
- GFDRR (2010). Annual Report 2010: Integrating disaster risk reduction and climate adaptation into the fight against poverty. Washington DC: Global Facility for Disaster Reduction and Recovery.
- Giorgi, F. and Mearns, L. (2001). Calculation of Average, Uncertainty Range, and Reliability of Regional Climate Changes from AOGCM Simulations via the “Reliability Ensemble Averaging” (REA) Method. American Meteorological Society Vol. 15. 1141-1158.

Gobierno de la República de El Salvador. (2010). Programa Nacional para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos. Plan para el Mejoramiento del Manejo de Desechos Sólidos en El Salvador.

Gobierno de la República de El Salvador. (2015). Política Nacional de Vivienda y Habitat de El Salvador. Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano.

Gobierno de la República de El Salvador. (2017). El Salvador Logístico: Política Integrada de Movilidad y Logística para el Desarrollo Productivo y la Facilitación del Comercio.

GOES (2014), Plan Quinquenal de Desarrollo 2014-2019. San Salvador: Gobierno de El Salvador.

Graham, A., Day, J., Bray, B., Mackenzie, S., 2012. Sustainable drainage systems. Maximising the potential for people and wildlife. A guide for local authorities and developers. The Royal Society for the Protection of Birds (RSPB) y Wildfowl & Wetlands Trust (WWT), United Kingdom.

Grande Ayala, Carlos & Escalante, Arturo. (2014). Análisis de la cobertura vegetal del Área Metropolitana de San Salvador y determinación de Índices de cobertura vegetal del municipio de Antiguo Cuscatlán

Guillén Bolaños, T., Máñez Costa, M., Nehren, U. (2016): Development of a prioritization tool for climate change adaptation measures in the forestry sector – A Nicaraguan case study. Report 28. Climate Service Center Germany, Hamburg.

Haggarty, R. A. (1988). El Salvador: A Country Study. Washington: GPO for the Library of Congress. Estados Unidos.

Hernández, M., Odianose, S., Fouvet, C. and Firth, J. (2017). Supply Chain Climate Change Risk Assessment. Acclimatise. Newark, UK.

HOLCIM 2017, Co-procesamiento de desechos 2010-2014.

Illman, S., Wilson, S., 2017. Guidance on the construction of SuDS.

INERV- Informe Nacional del Estado de los Riesgos y Vulnerabilidades. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Intergovernmental Panel of Climate Change – IPCC (2013). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático” [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.), 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaption: special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, NY.

Inventario de Gases de Efecto Invernadero - Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra, El Salvador. Elaborado por CATIE para el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017.

Inventario El Salvador, criterio 2009. Inventario de emisiones de contaminantes criterio del aire. República de El Salvador. Acuerdo de cooperación USAID-CCAD. Autor: Jorge Herrera Murillo.

IPCC (2004), Glosario de términos utilizados en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Recuperado de: <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>.

IPCC (2007), Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC, 1996. Directrices IPCC revisadas para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

- IPCC, 2000. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- IPCC, 2006. Directrices IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- IPCC, 2012. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (4AR).
- MAG (2015), Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola. San Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- MAG (2016), Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad para la Alimentación y la Agricultura. San Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Magaña, V., J. Amador, S. Medina (1999). The Midsummer Drought over Mexico and Central America. *American Meteorological Society*, 12. 1577-1588. Doi: [http://dx.doi.org/10.1175/15200442\(1999\)012%3C1577:TMDOMA%3E2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/15200442(1999)012%3C1577:TMDOMA%3E2.0.CO;2).
- Magaña, V., y M. Yanai., (1995) Mixed Rossby-Gravity waves triggered by lateral forcing. *Journal of Atmospheric Science*, 52, 1473-1486. Estados Unidos.
- MAG-UES (2010), Mapa de uso de suelo de El Salvador. San Salvador: Ministerio de Agricultura y Ganadería/Universidad de El Salvador.
- Mallari, A.E.C. (2016). Climate Change Vulnerability Assessment in the Agriculture Sector: Typhoon Santi Experience. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 216, 440 – 451.
- MARN & CDKN, 2017. Informe Técnico: Revisión y propuestas de actuación para afrontar el incremento de temperatura en AMSS”.
- MARN (2006). Estadística de Registros. Sismología. Enlace web: <http://www.snet.gob.sv/ver/sismologia/registro/estadisticas/>.
- MARN (2009). Informe Preliminar de evaluación de daños ambientales provocados por la Tormenta del 7 y 8 de noviembre de 2009.
- MARN (2011a). Mapa de los Ecosistemas de El Salvador Actualización 2011. Estudio de “Racionalización y Priorización del Sistema de Áreas Naturales Protegidas de El Salvador”, San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Febrero 2011.
- MARN (2011b), IV Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2012), Catálogo de Zonas Críticas Prioritarias en Humedales Ramsar. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2012), Política Nacional del Medio Ambiente. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2012). Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP). El Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012.
- MARN (2012a), Análisis de la Producción Azucarera en El Salvador y sus vínculos con procesos y de cambio de uso de suelo, la deforestación y la degradación de ecosistemas forestales. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2012b), Política Nacional del Medio Ambiente. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2013), Catálogo de Mapas de Zonas Críticas Prioritarias en Humedales Ramsar de El Salvador. San Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2013), Estrategia Nacional de Biodiversidad. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Mayo de 2013.
- MARN (2013), Estrategia Nacional de Cambio Climático. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Mayo de 2013.


- MARN (2013), Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Junio de 2013.
- MARN (2013), Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Junio de 2013.
- MARN (2013), Síntesis de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT) y Plan de Acción para la transferencia de tecnologías priorizadas en adaptación al cambio climático, San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Febrero de 2013.
- MARN (2013). 2a Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (Comunicación Nacional). Gobierno de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- MARN (2013a), Síntesis de la Evaluación de Necesidades Tecnológicas (ENT) y Plan de Acción para la transferencia de tecnologías priorizadas en adaptación al cambio climático, San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Febrero de 2013.
- MARN (2013b), Estrategia Nacional de Cambio Climático. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Mayo de 2013.
- MARN (2013c), Estrategia Nacional de Biodiversidad. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Mayo de 2013.
- MARN (2013d), Estrategia Nacional de Saneamiento Ambiental. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Junio de 2013.
- MARN (2013e), Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Junio de 2013.
- MARN (2014), Seguridad Hídrica en El Salvador Avances y Desafíos. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2014). Fauna y Flora en el Golfo de Fonseca. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2014). Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2015), Contribución prevista y determinada a nivel nacional de El Salvador. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, noviembre de 2015.
- MARN (2015), Listado de especies de flora y fauna exótica invasoras en el país. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2015), Plan Nacional de Cambio Climático de El Salvador. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Junio de 2015.
- MARN (2015), Zonificación Ambiental relacionada con la evaluación de la sensibilidad territorial al riesgo en la carretera Panorámica y su área de influencia. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2015), Zonificación Ambiental y Usos de Suelo de la Franja Costero Marina. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2015), Zonificación Ambiental y Usos de Suelo de la Subregión Metropolitana de San Salvador (SRMSS). San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2015), Zonificación ambiental y usos del suelo para el Volcán de San Salvador y zonas aledañas. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2015), Zonificación ambiental y usos del suelo para la Cordillera del Bálsamo y zonas aledañas. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2015a), Contribución prevista y determinada a nivel nacional de El Salvador. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Noviembre de 2015.

- MARN (2015b), Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador con énfasis en Zonas Prioritarias. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- MARN (2016), Diagnóstico de Biodiversidad de El Salvador. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2016), Diagnóstico de Ordenamiento Ambiental para CONASAV. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2016), Diagnóstico de Saneamiento Ambiental para CONASAV. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2016), Mapa de Uso de Suelo. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN (2016). Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador, con énfasis en Zonas Prioritarias (Versión Preliminar). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, San Salvador, El Salvador.
- MARN (2017), Seguimiento del Plan Nacional de Cambio Climático de El Salvador.
- MARN (2017). Diagnóstico de las circunstancias nacionales y su vinculación con el cambio climático en El Salvador.
- MARN (2017) Escenarios de Clima para El Salvador.
- MARN (2017), Informe Nacional del Estado de Riesgos y Vulnerabilidades.
- MARN (2017), Informe Nacional del Estado del Medio Ambiente.
- MARN, GIZ, UICN, Mapa de cobertura y uso del suelo (1:2500) con base en imágenes Rapid Eye de 2011. Junio, 2016.
- MARN-DGOA, Informes de Calidad de Aguas de los Ríos de El Salvador. Años 2010, 2011. San Salvador.
- MARN-DGOA (2015). Informe sobre sequía hidrológica mayo-agosto 2015. San Salvador: Dirección General del Observatorio Ambiental - Gerencia de Hidrología.
- MARN-DGOA (2016). Condiciones hidrológicas mensuales. Año hidrológico 2015 – 2016. Dirección del Observatorio Ambiental-Gerencia de Hidrología.
- MARN-DGOA (2016). Cuatro años continuos de sequía en El Salvador: 2012 – 2015, San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General del Observatorio Ambiental. Enero de 2016.
- MARN-DGOA (2017). Condiciones hidrológicas mensuales Año hidrológico 2016-2017. Informe preliminar. Dirección del Observatorio Ambiental-Gerencia de Hidrología.
- MARN-SNET (2002), Análisis del comportamiento hídrico en El Salvador, posibles causas e implicaciones. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Servicio Nacional de Estudios Territoriales.
- MARN-SNET (2007), Diagnóstico nacional de la calidad de las aguas superficiales. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Servicio Nacional de Estudios Territoriales.
- Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)). A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 109-230.
- Milton Carpio, 2017. Comunicación personal sobre la producción de cal.
- MINEC (2011), Servicios de consultoría para la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) del sector minero metálico de El Salvador. Informe final. San Salvador: Ministerio de Economía, 30 de septiembre de 2011.
- MINEC-UNFPA-CELADE (2014). El Salvador: Estimaciones y Proyecciones de Población Nacional 2005-2050, San Salvador: Ministerio de Economía. Julio de 2014.

- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2015). Estrategia de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal y Acuícola.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2016). Plan Estratégico Institucional 2014-2019, “Agricultura para el buen Vivir”.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2017a). Plan Nacional de Cambio Climático y Gestión de Riesgos Agroclimáticos para el Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2013d). Estrategia Nacional de Cambio Climático.
- Ministerio de Economía (MINEC), 2017. Consumos no energéticos (2011-2016).
- Ministerio de Economía (MINEC), 2017. Importaciones de HFCs (2013-2015).
- Ministerio de Economía, Dirección Reguladora de Hidrocarburos y Minas (DRHM), 2017. Calidad de gasolinas y diésel de importaciones marítimas 2014 para consultores. Contenidos de azufre de gasolinas y gasóleos 2014.
- Ministerio de Economía, Dirección Reguladora de Hidrocarburos y Minas (DRHM), 2017. Norma salvadoreña. Especificaciones de calidad del combustible industrial nº 6 (Bunker C), NSO 75.04.07:97.
- Ministerio de Economía, Dirección Reguladora de Hidrocarburos y Minas (DRHM), 2017. RTCA de productos del petróleo - RTCA 75.01.12:04, RTCA 75.01.13:04, RTCA 75.01.14:04.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2013. Segunda Comunicación Nacional de El Salvador ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017. Cobertura de rellenos sanitarios para los años 1998, 2001 y 2009.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017. Composición Desechos Sólidos Municipales 2016.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017. Consolidado Desechos Sólidos (2011 -2016).
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017. Diagnóstico de composteras 2016.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017. Producción de azúcar para los años 2014-2015.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017. Producción de cemento de Holcim para los años 2012-2016.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017. Reciclaje de papel procesado en empresas locales 2014.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), 2017. Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos Municipales.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Programa Nacional REDD+ El Salvador. Enlace Web: <http://www.marn.gob.sv/programa-nacional-redd-el-salvador/>.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador – MARN (2013). 2a. Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Gobierno de El Salvador, América Central.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). Estrategia Nacional de Recursos.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015b). Plan Nacional de Cambio Climático de El Salvador.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). Hacia la Restauración y Reforestación de Ecosistemas y Paisajes. Recuperado

- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). Plan de Acción de restauración de ecosistemas y paisajes de El Salvador con enfoque de mitigación basada en adaptación. Proyecto 2018 – 2022.
- Ministerio del Medio Ambiente, 2012. “Inventario de emisiones de Contaminantes criterio del aire de El Salvador: 2009”.
- MOPTVDU (2011). Informe de daños a la infraestructura pública, vulnerabilidades y costos por la Depresión Tropical 12E.
- NACIONES UNIDAS, 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).
- Nello, T. & Fonseca, J. (2017). Informe de análisis de mecanismos de financiamiento y monitoreo para la restauración de paisajes productivos en El Salvador. San José, Costa Rica: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). San José, Costa Rica.
- OPAMSS (2016). Expansión Urbana – Consumo de Suelo en el AMSS. 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
- OPAMSS. 2007. Mapa y Estudio de Recarga Acuífera del Área Metropolitana de San Salvador, Zona Prioritaria No 1: Faldas del Volcán de San Salvador – Cuenca del Río Acelhuate.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012). Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano.
- Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof y Coautores (2007). Resumen Técnico. Cambio Climático 2007: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Aportes del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Peraza, S., C. Wesseling, A. Aragon, R. Leiva, R.A. García-Trabanino, C. Torres, K. Jakobsson, C.G. Elinder, and C. Hogstedt, 2012: Decreased kidney function among agricultural workers in El Salvador. *American Journal of Kidney Diseases*, 59(4), 531-540.
- Pérez, J., Cherrington, E. y Hernández, B. (2015). Los Impactos Potenciales del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de América Central y el Caribe. Proyecto Seguridad Hídrica y Cambio Climático en la Región de América Central y el Caribe (2012-2015). Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo de Canadá (IDRC) y Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC). Ciudad de Panamá.
- PNCC, 2017. Plan Nacional de Cambio Climático de El Salvador. Segunda edición. Gobierno de El Salvador.
- Política Forestal de El Salvador 2016-2036. Diciembre 2016. Ministro de Agricultura y Ganadería Orestes Fredesman Ortez y Viceministro de Agricultura y Ganadería Hugo Alexander Flores.
- PRISMA. (2015). Mitigación basada en Adaptación: Enfrentando el cambio climático en El Salvador y Centroamérica. PRISMA, San Salvador, El Salvador.
- PRISMA. 2017. Tendencias de abastecimiento de agua en el AMSS y desafíos de restauración ambiental en El Salvador.
- 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.
- Raes, L., Nello, T., Nájera, M., Chacón, O., Meza Prado, K., & Sanchún, A. (2017). Informe final: “Análisis económico de categorías de intervención para la restauración de paisajes productivos en El Salvador”. San José, Costa Rica: UICN.
- Rodríguez, J., 2013. Metodología para la generación de inventario de drenaje pluvial en redes urbanas con distribución desconocida.

- S.E. GILL, J.F. HANDLEY, A.R. ENNOS and S. PAULEIT. 2007. Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. BUILT ENVIRONMENT VOL 33 NO 1 (CLIMATE CHANGE AND CITIES)
- Scanlon, B.R., Healy, R.W., Cook, P.G., 2002. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. Hydrogeol. J. 10, 18–39.
- Secretaría Técnica y de Planificación. (2014). Plan Quinquenal de Desarrollo 2014-2019. El Salvador
- Sermeño. (2009). Análisis de la cobertura forestal de El Salvador mediante imágenes Corine Land Cover.
- Sistema Integrado de Comercio Exterior (SICEX), 2017. Importación de dolomita cruda (2004,2013-2015).
- Sistema Integrado de Comercio Exterior (SICEX), 2017. Importaciones/exportaciones de clínker (2000-2016).
- SNET, 2010. Umbrales de intensidad de lluvia para la generación de un sistema de alerta temprana contra inundaciones en el AMSS, Servicio Hidrológico Nacional. Servicio Nacional de Estudios Territoriales, San Salvador, El Salvador.
- SoCalGas. (2018). Beneficios de los vehículos de gas natural.
- Stocker et al. (2013): Technical summary. In Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Doschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley, Eds. Cambridge University Press, 33-115.
- STPP, MINEC-DIGESTYC, 2015. Medición multidimensional de la pobreza. Secretaría Técnica y de Planificación de la Presidencia y Ministerio de Economía, a través de la Dirección General de Estadísticas y Censos, San Salvador, El Salvador.
- Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET) 2017. Boletines de Estadísticas Eléctricas disponibles en <https://www.siget.gob.sv/temas/electricidad/documentos/estadisticas>
- Taylor, Karl E., Ronald J. Stouffer, Gerald A. Meehl., (2012). An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. Bull. Amer. Meteor. Soc., 93, 485–498. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>.
- Tebaldi, C. and Knutti R. (2007). The use of the multi-model ensemble in probabilistic climate projections. Phil. Trans. R. Soc. A (2007) 365, 2053–2075 doi:10.1098/rsta.2007.207.
- UNU-EHS (2016). World Risk Report. United Nations University-Institute for Environment and Human Security.
- USEPA, 2017. Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories.
- Viceministerio de Transporte (VMT), 2017. Estructura del parque vehicular de gasolina de 2017.
- VMVDU (2015), Formulación del documento de estructuración del sistema de ciudades del Corredor Costero Marino (CCM). San Salvador: Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano.



Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Kilómetro 5 ½, carretera a Santa Tecla, calle y colonia Las Mercedes, edificio MARN, instalaciones del ISTA, contiguo al parque de pelota Saturnino Bengoa. 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](https://www.youtube.com/MARNsv)