

## ARTÍCULO DE REVISIÓN

### Avances y desafíos de la agenda de cambio climático en la Zona Costero-Marina de El Salvador

Chicas-Batres<sup>1,2</sup> FA, J. Segovia<sup>1,2</sup>, JA. González-Leiva<sup>1,2</sup>, L. García<sup>3</sup>.

- 1 Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador, Final Avenida Mártires y Héroes del 30 de Julio, San Salvador, El Salvador.
- 2 Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador, Final Avenida Mártires y Héroes del 30 de Julio, San Salvador, El Salvador.
- 3 Gerencia de Meteorología, Dirección General del Observatorio Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador.

**Abstract: Avances y desafíos de la agenda de cambio climático en El Salvador.** Central America is one of the most vulnerable regions to the adverse effects of climate change, due to the rise of frequency and intensity that hydro-meteorological phenomena have occurred in recent years. In El Salvador 484 people died and 800,000 more were affected because these extreme events and economic losses reached up to 6.711 million dollars. According to the climate projections over the next 50 years in the territory, is expected that extreme events such as droughts and rainfall will intensify. Within the last 30 years, July of 2014 is considered the one with less rainfall. Meanwhile, Tropical Depression 12E in 2011 provoked an outstanding rainfall average of 1,137 mm, affecting more than 500,000 people; most of them live in the coastal zone. The death of 34 people and living economic losses of 840.4 million was recorded, equivalent to 4% of GDP. El Salvador has policies, national plans and strategies aimed to reducing vulnerability, promoting adaptation to these changes and more effective risk management. This paper compiles the impacts of climate variability in El Salvador and the efforts of the State on adaptation to improve environmental and social resilience.

**Key words:** cambio climático, franja Costero Marina, adaptación basada en ecosistemas, manglares, arrecifes, El Salvador.

#### INTRODUCCIÓN

El informe de 2013 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), indica que muchos cambios observados en el sistema climático del planeta no han tenido precedentes en los últimos decenios o milenios. Las evidencias científicas demuestran que desde 1850 se han emitido en el planeta 1.1 billones de toneladas de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), de las cuales el 72% es producido por los países desarrollados (Houghton et al. 2001), siendo China, E.E.U.U, India, Rusia y Japón, los responsables del 50% de las emisiones a nivel mundial (Raupach et al. 2007). La alta concentración de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero (GEI), han alterado muchos procesos naturales del planeta y provocado aumentos de temperatura de la superficie terrestre y oceánica, ambas con un incremento promedio de 0,85 °C, además los mantos de hielo de Groenlandia, Antártida y de otras regiones del mundo continúan reduciéndose

en extensión, y desde mediados del siglo XIX el ritmo de elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores. Los modelos predictivos del clima indican que de no cambiar la tendencia en las emisiones de GEI, en 2100 la temperatura de la tierra incrementará de 1.7 a 4.9 °C (Wigley y Raper 2001, Medina-Ramón y Schwartz 2007).

El istmo centroamericano es una estrecha franja de tierra fuertemente influenciada por dos océanos, la cual es afectada frecuentemente por sequías, huracanes, ciclones y el fenómeno de El Niño. En esas condiciones el cambio climático magnifica sus vulnerabilidades socioeconómicas, afectando negativamente su evolución económica, principalmente en los factores dependientes del clima que son decisivos en la producción agrícola y generación hidroeléctrica. Entre 1930 y 2011 se han registrado 291 eventos extremos mayores asociados a fenómenos climáticos. Las proyecciones del clima de la

región muestran escenarios con incrementos de temperatura de 2.5 a 4.2 y disminución de la precipitación de entre 3% y 35%, en consecuencia se tendrá menor disponibilidad de agua y mayor estrés hídrico con incremento del índice de aridez que afectará la productividad agrícola. Por otra parte, para variar se verán perturbados los ecosistemas de manglar y arrecifes coralinos, cuyas consecuencias se verán reflejadas en pérdidas de biodiversidad, salinización de acuíferos costeros, erosión de playas y sedimentación de estuarios (CCAD-SICA 2010, CEPAL/CCAD/SICA/UKAID/DANIDA 2011, CEPAL 2012, ).

El Salvador tiene una superficie continental de 21,040.79 km<sup>2</sup>. En 2013 la población alcanzó 6, 290,420 habitantes, con una densidad de población de 299 habitantes/km<sup>2</sup>, y la relación suelo/población de 0.33 ha/habitante (DIGESTYC 2013, PNUD 2014). Casi todo el territorio ha sufrido drásticos cambios en el uso del suelo producto de la sustitución de cobertura boscosa original por actividades agrícolas y ganaderas, condición que ha incrementado la vulnerabilidad frente a los efectos adversos del cambio climático. Debido a la severa degradación ambiental que padece, el país ocupa el lugar 12 en el Índice de Riesgo Climático (IRC) obtenido para el período 1996-2013 (Kreft et al. 2015).

Como respuesta, El Salvador ha elaborado la Política y la Estrategia Nacional de Medio Ambiente, que integra los Planes Nacionales de cambio climático, Saneamiento Ambiental, Biodiversidad y Recursos Hídricos, siendo el desarrollo y fomento de la investigación científica un eje de acción fundamental (MARN 2012). En este sentido, la Universidad de El Salvador genera información científica y coordina acciones de educación y desarrollo local, para apoyar al estado salvadoreño en los esfuerzos de aumentar la resiliencia social y ambiental, con el objeto de reducir la vulnerabilidad asociada al cambio climático.

## DESARROLLO

### Características de la zona Costero-Marina de El Salvador

La zona costera representa entre 10% y 15% del territorio y comprende una franja extendida desde la frontera con Guatemala hasta el Golfo de Fonseca, cuya anchura varía entre 8 y 20 km. posee un área continental de 7,186 km<sup>2</sup>, la cual representa el 34% del territorio nacional. La línea de costa es de 321 km, y una Zona Económica Exclusiva comprende 99.752 km<sup>2</sup> (STP-GOES 2013) y la Plataforma Continental es de 29.000 km<sup>2</sup>, esto hace que el área marina de El Salvador sea 5 veces mayor que el área continental. Según Gierloff-Emden (1976), el paisaje costero salvadoreño se divide en seis secciones:

**1- Planicie costera del Occidente.** Se extiende desde el estuario del Río Paz en el Departamento de Ahuachapán, hasta punta Remedios en el Departamento de Sonsonate. Esta zona se caracteriza por presentar playas arenosas intercaladas por estuarios y lagunas costeras. En Punta Remedios se desarrollan comunidades de arrecife rocoso y parches de coral.

**2- Costa acantilada asociada a la Cordillera del Bálsamo.** Se extiende entre Punta Remedios hasta el Puerto de La Libertad, Departamento de La Libertad. Se caracteriza por farallones, terrazas y ensenadas formadas por estrías de la sierra. La batimetría tiene un cambio abrupto en los primeros 50 m de profundidad, donde se encuentran paredes verticales de sustrato rocoso.

**3- Planicie costera Central.** Se extiende entre el Puerto de La Libertad y playa El Espino, Departamento de Usulután. Esta zona se caracteriza por presentar playas extensas y lagunas costeras, con una barrera de arena de 25 a 50 km.

**4- Costa acantilada asociada a la Sierra de Jucuarán.** Se extiende desde la playa Espino y la playa el Cuco Departamento de San Miguel. El sitio se caracteriza por presentar farallones y terrazas rocosas. Estas últimas penetran en el mar.

**5- Planicie costera Oriental.** Entre playa El Cuco, Departamento de San Miguel y Punta Amapala, Departamento de La Unión, esta zona se caracteriza por poseer extensas playas, estuarios y pequeñas ensenadas.

**6- Costa del Golfo de Fonseca.** Situada entre Punta Amapala y el estuario del Río Goascorán del Departamento de La Unión. Se caracteriza por contener ensenadas, la bahía de La Unión, el estuario del Río Goascorán e islas costeras de origen volcánico.

### **Ecosistemas costeros y marinos**

Los ecosistemas representativos de la zona costera de El Salvador son los estuarios, lagunas costeras, bosques de manglar, playas arenosas y rocosas, arrecifes rocosos con especies formadoras de arrecife de coral. Todos ellos estabilizan la línea de costa y tienen importantes funciones ecológicas al servir de hábitat de especies y mantienen una alta biodiversidad que alcanza al menos 1.448 especies. Los grupos con mayor riqueza son: crustáceos con 173 especies, moluscos con 454 especies y vertebrados con 821 especies (MARN 2011). Por otro lado, proporcionan medios de vida e ingresos a las comunidades costeras. La comprensión de la dinámica y funcionalidad de los ecosistemas costeros aporta información clave para la cuantificación de los impactos del cambio climático. Las modificaciones en la estructura y composición química, física y biológica y la alteración o ruptura de la conectividad, disminuyen la resiliencia y hace a los ecosistemas más vulnerables al impacto de fenómenos oceanográficos con la consecuente pérdida de biodiversidad.

Dos de estos ecosistemas participan en la dinámica costera y son sumamente frágiles ante los efectos del cambio climático. El más conspicuo es el bosque de manglar, el cual actúa como sumidero de CO<sub>2</sub>, contribuye a la regulación del clima y protege y estabiliza la línea costera. Además proporciona oportunidades de realizar turismo, pesca artesanal y acuicultura. En El Salvador estos bosques tienen una cobertura estimada en 40.000 ha

(MAG 2012). Las mayores extensiones se encuentran en Bahía de Jiquilisco (E), Estero de Jaltepeque (D), Bahía de La Unión (F) y Barra de Santiago (A). También se tienen parches dispersos en bocana San Juan, Metalío, Barra Salada, Barra Ciega, San Diego, El Esterón y El Icacal (Figura 1). La Bahía de Jiquilisco y Bahía de La Unión son ecosistemas que sustentan la mayor producción pesquera del Pacífico norte de Centroamérica (MARN 2012). La producción pesquera nacional en el año 2012 alcanzó 36,127 tm<sup>3</sup> con un valor de \$70.6 millones, el 81% de ese valor correspondió a la pesca marina y 2% a la acuicultura marina (MARN 2013). Este sector genera al menos 40.000 empleos directos, además de dinamizar el turismo y la gastronomía en hoteles y restaurantes.

El estudio de los arrecifes en el Pacífico Oriental Tropical (PTO) ha tomado auge en los últimos 20 años, debido a su importancia biogeográfica, historia geológica, distribución y diversidad, al mismo tiempo de ser ecosistema indicador de cambio climático por los eventos de blanqueado de coral relacionados al cambio de temperatura superficial del mar, provocado por el fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS). El Salvador se encuentra como punto medio dentro de la denominada “Brecha de la fauna del Pacífico Centroamericano” (Pacific Central American Faunal Gap). Por ello, los estudios sobre la temática son de mucha importancia ecológica y evolutiva. El Área Marina Protegida Los Cóbano alberga el único arrecife de coral de El Salvador. Este es de tipo costero y se encuentra estructurado por una comunidad coralina dominada por *Porites lobata* y una cobertura muerta de *Pocillopora* (Segovia y Navarrete 2007). En el país, los arrecifes de mayor distribución son rocosos, someras y presentan zoantidos en aguas poco profundas y abundantes taxones de octocorales hasta 40 m de profundidad (Figura 1) (Segovia 2012).

Los ecosistemas de arrecife están siendo monitoreados por el Programa de arrecifes rocosos y de coral, que lleva a cabo el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de El Salvador (ICMARES). Este programa tiene tres años y entre los princi-

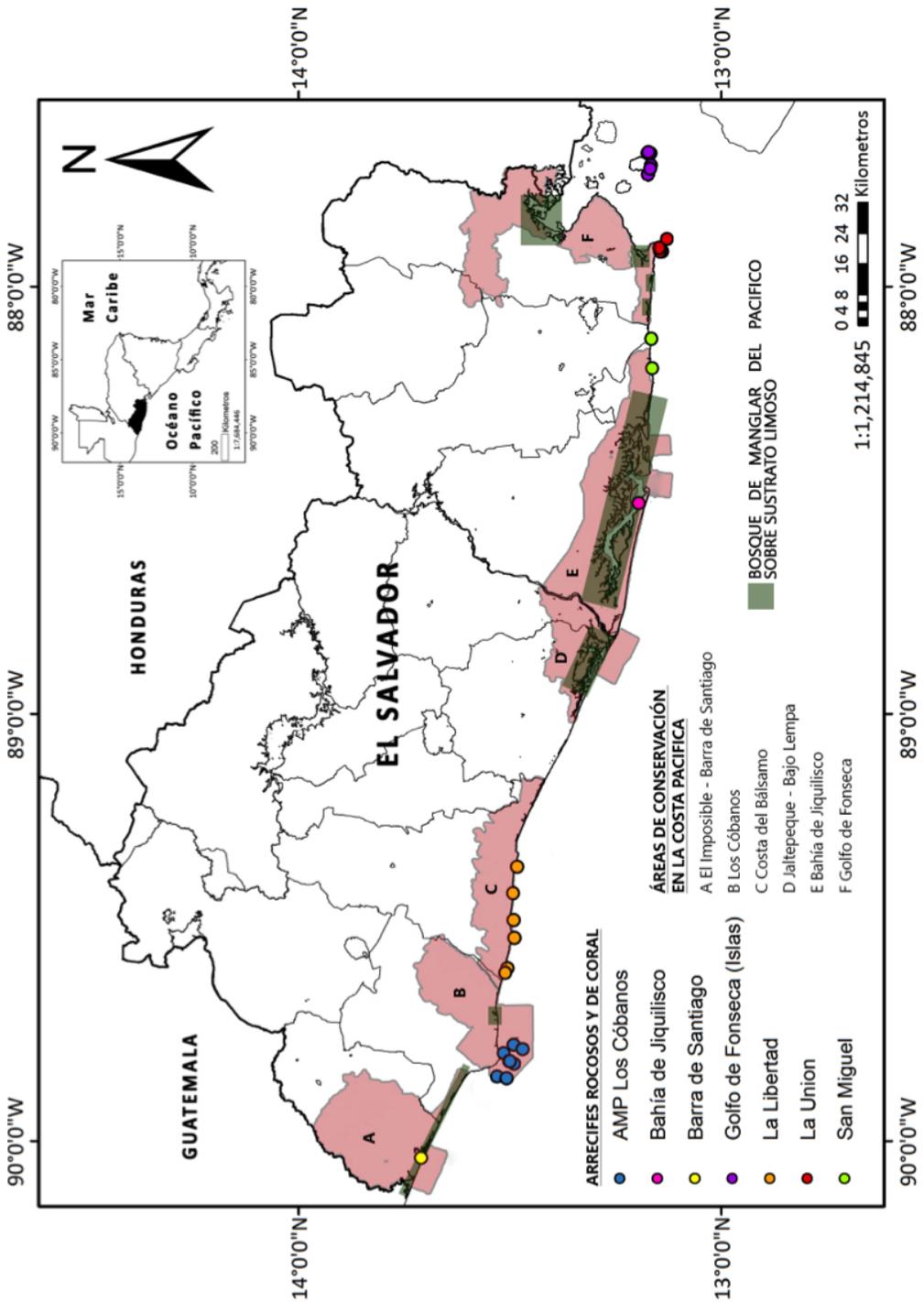


Figura 1. Áreas de conservación de la costa pacífica de El Salvador con los ecosistemas de Manglar y Arrecifes rocosos y de coral. Elaborado por Segovia 2014 (basado en MARN 2011, Segovia 2012).

pales resultados que ha registrado están dos eventos de blanqueamiento de coral de considerable intensidad, los cuales han sido simultáneos a la alta temperatura causada por el fenómeno El Niño. El primer evento de blanqueamiento, entre julio a noviembre de 2014, registró blanqueado de hasta 80% de la superficie de las colonias, y una pérdida de cobertura de 10% (Segovia 2014a, 2014b). El segundo aún se encuentra en proceso. Sin embargo, comenzó en abril de 2015 y se cuenta con datos de hasta 100% de blanqueamiento

en la superficie de la colonia, y de una pérdida de cobertura bastante alta (*Com. Pers.* Johanna Segovia).

Además, entre otros resultados se han obtenido información sobre las variables que describen la estructura del arrecife rocoso costero, las cuales fueron profundidad y temperatura, y en su componente biológico, cobertura de algas rojas, verdes y zoófitos. Al arrecife de coral correspondieron rugosidad, salinidad y cobertura de arena, y en su componente biológico cobertura de coral *Porites*

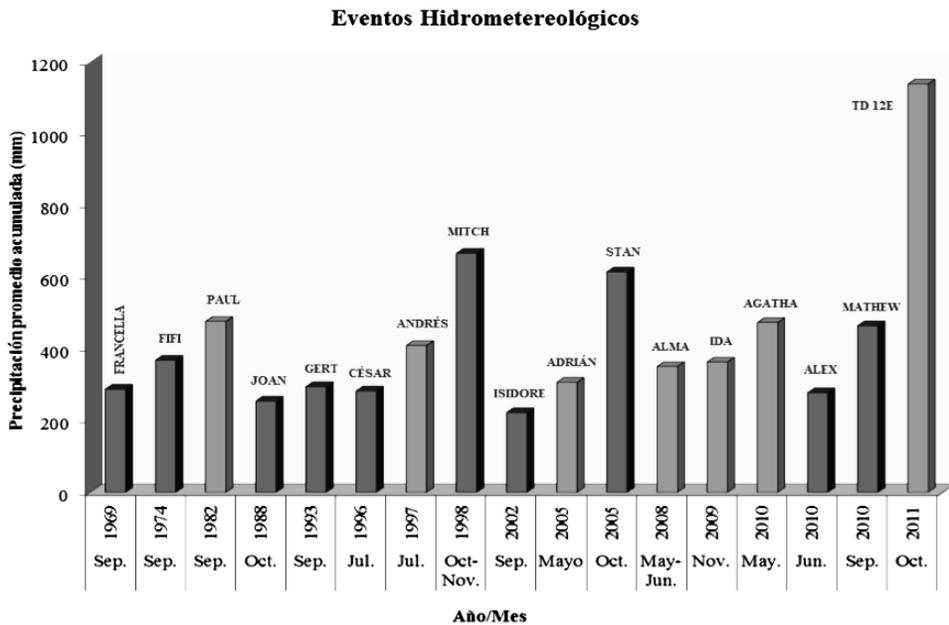


Figura 2. Presencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos (Ciclones Tropicales y Sistemas de baja Presión) en El Salvador, durante 1969 y 2011. Fuente: MARN 2012.

*lobata* y algas pardas. Los resultados ayudan a comprender las variables importantes en la estructura espacial del ecosistema, y a describir el dinamismo temporal. Por ejemplo, entre febrero y abril se ha observado dominancia de algas *Sargasum* y *Padina*; mientras que en junio eleva su cobertura el alga invasora *Acanthophora spicifera*. Este conocimiento científico sobre el ecosistema permite en un futuro contar con insumos para la planificación marina de las actividades y desarrollo previstos para las zonas aledañas a los arrecifes (Segovia 2015).

### Vulnerabilidad ambiental de El Salvador

El Salvador ha sufrido drásticos cambios en el uso del suelo producto del modelo agroexportador iniciado en el siglo XVII, que provocó la tala de grandes extensiones de vegetación original principalmente en la planicie costera, para cultivos de algodón y caña de azúcar. Estas últimas demandan suelos de alta calidad agrícola y confinaron la agricultura de granos básicos a tierras de pendientes altas (Browning 1975). En consecuencia, se tiene un paisaje muy

CUADRO 1

Impactos en la salud humana, infraestructura y economía de El Salvador, por eventos climáticos extremos. Fuente CEPAL-CCAD-UKAID-DANIDA 2011.

Daños	Huracán Mitch 1998	Tormenta Ida 2009	Tormenta Agatha 2010	Baja Presión 12E 2011
Fallecidos	240	198	12	34
Afectados (personas)	84,000	122,000	120,000	500,000
Albergados (personas)	55,000	4,200	14,800	56,000
Nivel máximo de agua acumulada	861 mm	483 mm	672 mm	1,513 mm
Promedio nacional de agua acumulada	472 mm	248 mm	274 mm	747 mm
Daños y pérdidas estimadas en Millones \$ y (% PIB)	388.1 (2.3)	314.8 (1.44)	112.1 (0.5)	840.4 (4)
Pérdidas (Millones \$) en agricultura	112	27.5	11.4	105.3
Territorio afectado	Oriente del país (40%)	Zona Central (San Vicente y La Paz)	Zona Oriental Costera	181 municipios (70% país)
Puentes	10 destruidos 68 afectados	55 dañados, 24 colapsados	25 dañados	8 colapsados, 26 dañados
N° viviendas dañadas o en riesgo	10,372	2,350	8,272	8,118
Daños en carreteras	60% de red vial	132 carreteras	61 carreteras	40% red vial
Número de escuelas dañadas	405	111	378	947
N° establecimientos de salud dañados	20	28	20	19 hospitales, 238 unidades de salud

fragmentado con pobre cobertura vegetal, con poca retención de agua e incremento de la escorrentía superficial, provocando la erosión de suelos, sedimentación, eutrofización y azolvamiento de los cuerpos de agua (MARN 2012). En algunos sitios de la zona costera, la falta de cobertura vegetal, el vaciamiento de acuíferos y la disminución del drenaje terrestre provoca intrusión salina. Este panorama vuelve muy vulnerable a El Salvador ante el cambio climático, así como lo muestra el registro de 42 fenómenos naturales sucedidos en los últimos 40 años que provocaron pérdidas económicas de 6.711 millones de dólares (CEPAL 2010, GOES-CEPAL 2011, BID 2012). Este fenómeno parece incrementarse con el cambio climático, ya que durante el período de 1960 a 1980 se registró entre uno y dos eventos hidrometeorológicos (Figura 2), mientras que en la década de los años noventa esta tendencia se incrementó hasta llegar a registrar cinco eventos.

En 1998 el huracán Mitch, provocó la muerte de 240 personas y afectó a más de

84.000 personas, además ocasionó pérdidas estimadas en 388 millones de dólares equivalentes a 2.3% del PIB (Cuadro 1). En la década del 2000 se presentaron ocho eventos climáticos entre los que sobresale la tormenta Ida que afectó a más de 122,000 personas y provocó la muerte de otras 198, con una pérdida de 314 millones de dólares equivalentes a 1.44% del PIB (Cuadro 1). El último evento extremo en el país fue la Depresión Tropical 12E en 2011, que produjo precipitaciones históricas de 1,137 mm y afectaciones a más de 500,000 personas; la mayoría de las cuales viven en la zona costera. Se registró la muerte de 34 personas y una pérdida de 840.4 millones de dólares (CEPAL-GOES 2011), equivalente al 4% del PIB (Cuadro 1).

Al analizar el aumento de los impactos de eventos naturales, la variabilidad climática y las actividades humanas, se tiene que el 88.7% del territorio nacional es considerado como área de riesgo, el 95.4% de la población habita en lugares de riesgo y el 96.4% del PIB está

CUADRO 2

Estructura de la Estrategia Nacional de Biodiversidad y de Cambio Climático de El Salvador. Fuente: MARN 20123a.

Estrategias	Temas críticos	Eje 1	Eje 2	Eje 3
<b>BIODIVERSIDAD</b>	Sensibilización	Integración estratégica de la biodiversidad en la economía. <b>Líneas prioritarias</b> Agricultura: café, cacao, frutales, granos básicos y ganadería. Pesca y acuicultura Turismo	Restauración y conservación inclusiva de ecosistemas críticos. <b>Líneas prioritarias</b> Manglares y ecosistemas de playa Ríos y humedales, Bosque de galería y otros Ecosistemas boscosos	Biodiversidad para la gente. <b>Líneas prioritarias</b> Rescate de prácticas tradicionales de conservación de los recursos genéticos Derecho de aprovechamiento de los recursos biológicos Opciones económicas locales
	Educación y formación			
	Investigación			
	Tecnología			
	Financiamiento			
<b>CAMBIO CLIMÁTICO</b>	Sensibilización	Mecanismos para enfrentar pérdidas y daños recurrentes por eventos extremos	Adaptación al Cambio Climático	Mitigación del cambio Climático con co-beneficios
	Educación y formación			
	Investigación			
	Tecnología			
	Financiamiento			
<b>REQUERIMIENTOS INSTITUCIONALES</b>	Coordinación interinstitucional			
	Fortalecimiento institucional			
	Monitoreo e información			
	Gobernanza local y modelos de gestión			
	Legislación, normativa y regulación			

vinculado a áreas de riesgo (UNDAC 2010). En esas condiciones disminuye la capacidad del país para desarrollar una economía sólida, por la continua inversión de recursos del estado para hacer frente a la restauración de viviendas e infraestructura, recuperación de cultivos y asistencia humanitaria (MARN 2012).

### Escenarios Climáticos

El Salvador, en el marco del desarrollo de la Segunda comunicación nacional de cambio climático (MARN 2013a), elaboró “Escenarios Climáticos”, con las características siguientes:

- Climatología de 1961 a 1990, la cual sirve como línea base.
- Resolución de 10 km X 10 km
- Familias A2 y B1
- Modelos: ECHAM 5, GFDLR 30, CM 2.0 y HADGEM 1

En este trabajo es importante destacar que según la climatología del país, la temperatura promedio en El Salvador aumentó 1.3 °C con relación a la temperatura promedio de la década de los cincuenta del siglo pasado, y que el mayor aumento se dio a partir de los años noventa del presente siglo. Así, la temperatura promedio pasó de 24.2 °C en el periodo 1950-1959 a 25.5 °C en el de 2000-2006, un incremento de 1.2 °C. Por otra parte, la precipitación acumulada anual registrada en el país, ha tenido una alta variabilidad oscilando entre un mínimo de 1,274 mm y un máximo de 2,310 mm entre los años 1950 y 2006. Según los escenarios climáticos se han registrado para la zona norte del país cambios en los patrones de precipitación. En el mes de mayo se pierde hasta un 35% de la precipitación; siendo los departamentos de Chalatenango, Santa Ana, Sonsonate, Cabañas, Morazán, San Salvador, San Vicente,

San Miguel y La Unión los más afectados con la pérdida de entre 10% y el 35% de la precipitación media para el mismo mes.

Por otra parte, se observa un incremento de la temperatura media mensual para los escenarios A2 y B2, según la segunda comunicación de cambio climático para El Salvador, la cual oscila entre 0.77°C y 0.63°C, siendo el mes de abril donde se reporta el mayor incremento con 0.83°C en el escenario A2 y 0.63°C para el escenario B1. Bajo el escenario anterior, el País se encontraría bajo altas temperaturas desde el mes de enero, con un crecimiento de forma lineal, hasta el mes de Abril, además, la temperatura del trimestre julio-septiembre se incrementará. Al entrar en más detalle, dejando la escala temporal por la espacial, en el escenario A2 podemos encontrar que en el mes de Abril hay diferencias de hasta 4°C, principalmente en las zonas montañosas del país, lo mismos sectores se ven afectados con el escenario B2. Asimismo se hace una simulación sobre el clima del futuro en el Golfo de Fonseca (El Salvador, Honduras y Nicaragua), asociados con los efectos adversos provocados por el cambio climático a nivel local. El trabajo se realizó a través de modelo climático CMIP5 el cual fue aprobado por el IPCC para evaluar el clima futuro. Este permite evidenciar cambios climáticos locales y sus impactos en la agricultura (maíz, frijol, ajonjolí, sandía, etc.), pesca y camaronicultura. De acuerdo con el estudio hacia el año 2100 se prevé una leve ampliación del período canicular de tres a cuatro días, aumento de temperaturas en las aguas marinas y olas de calor, lo que podría afectar la pesca de la zona.

Por otra parte, la Dirección General del Observatorio Ambiental (MARN) desde el año 2012 ha potenciado los sistemas de monitoreo y pronóstico para alerta temprana de amenazas naturales durante las 24 horas del día, monitoreando también las alertas por tres sequías continuas, evento que rompió record en Julio del 2014, considerado el más seco en más de 30 años.

## **Gobernanza de la Agenda de Cambio Climático en El Salvador**

La Política Nacional del Medio Ambiente tiene como objetivo revertir y reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático, aborda los siguientes problemas específicos: (1) Degradación de ecosistemas de gran valor, (2) Insalubridad ambiental generalizada, (3) Crítico estado del recurso hídrico, (4) Desordenada ocupación del territorio, (5) Escasa cultura de responsabilidad y cumplimiento ambiental y (6) Amenaza climática creciente. Para ello propone las siguientes líneas de acción: a). Restauración de ecosistemas y paisajes degradados, b). Saneamiento ambiental integral, c). Gestión integrada del recurso hídrico, d). Integración de la dimensión ambiental en el ordenamiento territorial, e). Responsabilidad y cumplimiento ambiental y f). Adaptación al cambio climático y reducción de riesgos.

El Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente (SINAMA) es el mecanismo de coordinación de la gestión ambiental pública a nivel ministerial, autónomo y municipal. El SINAMA cuenta con el comité de cambio climático compuesto por los Ministerios de Medio Ambiente (MARN), Obras Públicas (MOP), Agricultura y Ganadería (MAG) y Ministerio de Hacienda; cada uno de ellos ha creado dentro de su organización la Unidad de cambio climático (MARN 2012). La Estrategia Nacional de Medio Ambiente se compone de la estrategia nacional de biodiversidad, estrategia nacional de recursos hídricos, estrategia nacional de saneamiento y estrategia nacional de cambio climático (Cuadro 2), este último ofrece orientaciones específicas para la participación más amplia de la sociedad civil, de las estrategias y planes sectoriales específicos del cambio climático; sus metas y compromisos forman parte del primer plan nacional de cambio climático. La Estrategia se ha estructurado alrededor de tres ejes fundamentales, cinco temas críticos y cinco requerimientos institucionales básicos (Cuadro 2) que necesita el país (MARN 2013).

A nivel sectorial se han impulsado importantes iniciativas sobre cambio climático

en materia de ecosistemas, agricultura y energía, tales como:

**1- El Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP).** Es un “programa bandera” para enfrentar de forma planificada el deterioro de los ecosistemas y la pérdida de los servicios ecosistémicos clave. Los componentes son la agricultura resiliente al clima y amigable con la biodiversidad, el desarrollo sinérgico de la infraestructura física y la infraestructura natural, y la restauración y conservación inclusiva de ecosistemas críticos. Una de las principales iniciativas a promover es el Programa Nacional REDD+, con un enfoque de Mitigación basada en la Adaptación, dirigido prioritariamente a restaurar el paisaje rural a gran escala para reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático. El Programa impulsará prácticas de cultivo basadas en agroforestería, que además de incrementar las reservas de carbono, restauren los servicios ecosistémicos y disminuyan la escorrentía, para evitar la pérdida de nutrientes y generen mayor resiliencia. Estas medidas se acompañarán de actividades de conservación y/o rehabilitación de ecosistemas forestales dedicados a la protección de áreas críticas, además de la gestión y uso sostenible de actividades derivadas de la pesca y el turismo. En este programa se cuenta con el apoyo de cooperantes internacionales que han financiado los siguientes proyectos:

- Proyecto Consolidación y Administración de Áreas Protegidas (PACAP), financiado por el Banco Mundial por un monto de cinco millones de dólares (2007-2011), en donde la mayoría de actividades se desarrollaron en el ANP y Reserva de la Biosfera Bahía de Jiquilisco. El objetivo fue proponer medidas y acciones para una mejor gestión de las Áreas Protegidas de Bahía de Jiquilisco, Usulután y del Complejo San Diego-La Barra, Santa Ana.
- Proyecto de restauración de ecosistemas en Bosque El Imposible y Barra de Santia-

go con el apoyo de la cooperación alemana en El Salvador (GIZ), por un monto de dos millones de dólares. El proyecto busca coordinar acciones de restauración de dichos ecosistemas, con el fin de conservar y proteger la biodiversidad de la zona.

- Proyecto PNUD-GEF: biodiversidad, pesca y turismo, dirigido a la zona costero-marina del país, por un monto de 2.3 millones de dólares.

- Apoyo al Ministerio de Obras Públicas para el desarrollo de proyectos en el área de adaptación urbana al cambio climático, por un monto de ocho millones de euros y un préstamo de 30 millones de euros, con fondos del gobierno de Alemania.

- Cooperación para el programa de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP) en la zona de manglares de la microrregión Ahuachapán Sur, por un monto de dos millones de dólares con fondos del gobierno de Alemania.

- Apoyo al MARN y a ANDA a través de proyectos enfocados al fortalecimiento de la gestión del agua y del saneamiento, por un monto de 70 millones de euros, fondos de la cooperación de España.

- Proyecto de fortalecimiento de la resiliencia de grupos humanos vulnerables ante el cambio climático y esfuerzos de mitigación a través de eficiencia energética en edificios públicos, por un monto de 2.5 millones de euros, fondos de la cooperación de España.

- Proyectos para la gestión de riesgos y gestión ambiental resiliente, con un monto de 6.5 millones de euros, fondos de la cooperación de Italia.

- Aunado a otras iniciativas de cooperación, como es el caso de la Unión Europea (UE), que en la Conferencia de París (COP21.) en diciembre de 2015, solicitará intensificar la cooperación financiera a las partes, para la lucha contra el cambio climático en la región, con especial atención para El Salvador.

## **2- La Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y**

**Acuícola.** La estrategia tiene como finalidad contribuir con medidas de adaptación de los impactos al cambio climático en el sector agropecuario, forestal, pesquero y acuícola, bajo el enfoque de manejo sostenible de cuencas, esta iniciativa cuenta con seis ejes estratégicos (MAG 2015), siendo estos:

1. Fortalecimiento de capacidades
2. Innovación y transferencia tecnológica
3. Cooperación interinstitucional
4. Fortalecimiento institucional
5. Comunicación
6. Participación ciudadana

En primera instancia, la estrategia será implementada en las zonas con alta vulnerabilidad ambiental del país como la cuenca hidrográfica del río Lempa, por ser un sitio importante y estratégico del país.

### **3- El Plan Maestro para el Desarrollo de la Energía Renovable en El Salvador.**

Adicionalmente a estos proyectos el estado cuenta con una Dirección de Observatorio Ambiental, que en los últimos años posee cuatro bases e instalaciones del sistema de Transmisión- Recepción Satelital GEONETCAST en los Departamentos de San Salvador, Acajutla, San Miguel y La Unión. Este sistema permite recibir boletines, mapas, imágenes de alertas desde el Servicio Meteorológico de los Estados Unidos, del Centro de Huracanes y del Centro de Monitoreo de tsunamis de Hawai. Con el financiamiento de USAID, NOAA y OMM, el personal del Centro de Monitoreo se capacitaron en los temas de Climatología y Meteorología Tropical, Radar banda X, Sistemas EMWIN y Geonetcast y modelos numéricos meteorológicos.

Algunos proyectos han permitido fortalecer a estos Departamentos con la adquisición de nuevos equipos de medición climática como redes de estaciones meteorológicas, pluviométricas, calidad de aire, oceanográfica. La instalación de dos estaciones de corrientes marinas y oleaje direccional (AWAC) con transmisión en tiempo real en los puertos de Acajutla y La

Unión, para medición de mareas, oleaje y corrientes, con un monto total invertido \$440,700.00. Adicionalmente, se instaló una red de 8 radares meteorológicos de área local para el monitoreo de lluvias terminando el de Ciudad Victoria, Departamento de Cabañas, con una inversión de \$148,261.70.

En la actualidad es posible alertar oportunamente a la población ante la presencia de lluvias, vaguadas, depresiones tropicales o vientos nortes que afectan al territorio salvadoreño. Además se realizan predicciones estacionales de 3 a 4 meses de antelación, como la presencia de El Niño, el inicio de la temporada de lluvia, presencia de canículas, información que es de mucha utilidad para sectores agropecuario, pesquero, salud, energético e hídrico entre otros. Los informes de vigilancia son divulgados a la población periódicamente a través de diversos medios: radio, prensa, televisión, web, twitter, teléfono y fax.

### **Políticas públicas como ejes transversales del cambio climático en El Salvador**

En los últimos años, El Salvador ha realizado diferentes esfuerzos para incorporar el tema de cambio climático en las políticas públicas (Cuellar 2013). Aunque esta iniciativa refleja una voluntad política importante, la mayoría de ellos aún están en proceso de diseño, difusión e implementación. Estas políticas se han enmarcado en cuatro grupos: políticas de desarrollo, ambientales y territoriales; políticas de gestión y reducción de riesgos; políticas de fomento productivo; y políticas de adaptación y mitigación al cambio climático (Cuellar 2013). Entre algunas de estas políticas se pueden mencionar:

- Política Nacional del Medio Ambiente
- Política para el Ordenamiento del Uso de los Recursos Costero-Marinos
- Ley y Política de Ordenamiento y Desarrollo Territorial
- Política Energética
- Ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres

- Programa Nacional de Reducción de Riesgos
- Plan de Educación Frente al Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgos 2012-2022
- Estrategia del Ministerio de Obras Públicas ante el Cambio Climático
- Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes (PREP)
- Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal, Acuícola y Pesquero
- Comité Interinstitucional para el Financiamiento del Cambio Climático (CIFCC)

### **Mesa de Cambio Climático de El Salvador**

La mesa de cambio climático de El Salvador es un espacio constituido por organizaciones de la sociedad civil, pueblos indígenas, movimientos sociales y cooperativos, universidades y centros de investigación, para facilitar, desde la óptica sociopolítica, el intercambio, debate y articulación de conocimientos, posiciones y propuestas en el tema de cambio climático entre diversos actores y sectores sociales. Esto con el fin de construir diálogos y fomentar acciones efectivas de incidencia y de intervención. La Mesa se centra en el tema de cambio climático con el enfoque de la madre tierra, derechos humanos de los pueblos indígenas, equidad de género e intra e intergeneracional, para asegurar la articulación entre los compromisos de estado y los derechos individuales y colectivos de la sociedad. La Mesa tiene como líneas de acción a) Fortalecimiento de la Mesa de cambio climático, b) Vigilancia de la gestión gubernamental y privada en materia de cambio climático, c) Sensibilización pública sobre la amenaza, impactos y retos del cambio climático, d) Incidencia política considerando el enfoque de derechos de la madre tierra, derechos humanos y de los pueblos indígenas en materia de cambio climático, e) Comunicación, sistematización y gestión del conocimiento.

### **Comunicaciones Nacionales**

El Salvador como país no-anexo uno de la Convención de Naciones Unidas sobre cambio climático (CMNUCC), presentó ante esa instancia la primera y segunda comunicación nacional de cambio climático correspondientes a 2000 y 2013. Las comunicaciones nacionales, además de informar sobre las emisiones de GEI y el estado de vulnerabilidad del país, permite orientar estudios puntuales para conocer el estado de vulnerabilidad en zonas y sectores específicos y desarrollar proyectos de adaptación y mitigación del cambio climático (MARN 2000, 2013b). En ambos comunicados se insiste en la necesidad de impulsar acciones tempranas que contribuyan con el objetivo de la convención, enfocados en hacer arreglos institucionales para las acciones ante el cambio climático, siendo estas:

- Fortalecimiento institucional para aplicar de forma efectiva las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Coordinación inter-sectorial e inter-institucional efectiva que haga viable la aplicación de estrategias nacionales, programas y proyectos de adaptación.
- Vinculación permanente con las Universidades y Centros de Investigación nacionales, para desarrollar programas de investigación, en vinculación con la comunidad científica internacional.
- Enlace con los niveles locales para el intercambio de información y promoción de proyectos y acciones de mitigación y adaptación ante el cambio climático.
- Gobernanza local y modelos de gestión para la toma de decisiones estratégicas en los planes de adaptación, y modelos de organización y gestión local para el monitoreo de riesgos y alerta temprana.

El Monitoreo, Reporte y Verificación

(MRV), es un mecanismo que demanda compromisos del país ante la CMNUCC, enfocados en:

1. La actualización cada dos años del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI).
2. Establecimiento de un Sistema de (MRV) para acceder al financiamiento climático basado en resultados.
3. Cumplimiento de compromisos legales vinculantes en materia de mitigación a partir del año 2020 una vez que se haya concluido la negociación y entre en vigencia un nuevo instrumento bajo la convención.

### **Gestión de Finanzas del Clima**

La entidad encargada de administrar el financiamiento del clima en El Salvador será la Secretaría Técnica del Financiamiento Externo del Ministerio de Relaciones Exteriores (CETEFE). Dicha secretaría se encuentra en proceso de acreditación ante el Fondo Verde del Clima y será el instrumento financiero principal para la implementación de la Ley y la Política Nacional de Medio Ambiente. El Ministerio de Hacienda ha creado la Unidad de Cambio Climático para incorporar esa temática en las finanzas públicas y facilitar mecanismos de captación, registro y destino de fondos, con el fin de asegurar el blindaje de presupuestos para el clima mediante seguros, reservas, y otras modalidades. El BID apoya este esfuerzo y junto con CEPAL impulsan la mejora de capacidades de gestión del financiamiento para el clima.

### **Educación ante el Cambio Climático**

En el año 2011 la Asamblea Legislativa introdujo la temática de cambio climático en la Ley General de Educación de El Salvador, con el propósito de incorporar la enseñanza sobre adaptación y mitigación del cambio climático y la gestión integral del riesgo, tanto en el sistema de educación básica como en la investigación en el sistema de educación superior. También se cuenta con el Plan de Educación

ante el Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgos, estructurado por el Ministerio de Educación (MINED 2012) de forma participativa, con la asistencia técnica del MARN, cuya ejecución está programada de 2012 a 2022 y contempla ocho ejes estratégicos en temas de cambio climático y gestión integral de riesgos:

- Enriquecer los currículos de los programas de ciencias en todos los niveles educativos y carreras.
- Divulgar acciones, proporcionar información y desarrollar procesos de proyección social para sensibilizar a la comunidad educativa.
- Formación y desarrollo de capacidades de docentes en todos los niveles del sistema educativo
- Crear la estructura organizativa a nivel local e institucional para la implementación del Plan
- Reducir la vulnerabilidad de la infraestructura ante cambio climático.
- Investigación sobre cambio climático y gestión integral de riesgos.
- Desarrollar programa de monitoreo y evaluación
- Financiamiento sostenible para la implementación del Plan.

En este contexto, se ha formulado el proyecto “Reduciendo las Vulnerabilidades de la Comunidad Educativa, por medio de procesos de Educación y Participación Ciudadana en la Gestión Integral de Riesgos a Desastres y Cambio Climático”. Este como objetivo formar al personal docente de los centros escolares y comunidades vulnerables del país, para fortalecer la capacidad instalada y los contenidos curriculares a través de Diplomados.

El Ministerio de Relaciones Exteriores de El Salvador a través de la oficina de Gestión de Financiamiento Climático, en coordinación con el Instituto Especializado de Educación Superior para la Formación Diplomática, (IEESFORD) han desarrollado el Diplomado en Financiamiento Climático, dirigido a fun-

cionarios de entidades públicas, académicos y ONG, para la construcción de capacidades para el cambio climático.

Por su parte la Universidad de El Salvador ejecuta el Programa Universitario para la Reducción del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático-PRIDCA, en coordinación con el CSUCA y la Cooperación Suiza (COSUDE) En este marco se implementa el Diplomado en Gestión Integral de Riesgo de Desastres y Adaptación al cambio climático.

En el 2014 se realizó el “1er Congreso Nacional de Cambio Climático, ampliando y fortaleciendo las acciones climáticas desde la académica”, convocando a expertos internacionales y nacionales que trabajan en temas de cambio climático y medio ambiente. Esto como resultado la conformación del Comité Académico Científico de evaluación del cambio climático de cambio climático, conformado por seis universidades, cuya finalidad es coordinar asesorar y desarrollar capacidades locales y acciones que son competencia de la academia. El congreso será replicado cada dos años para dar seguimiento a los temas relacionados con el cambio climático.

Por su parte, la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador por medio del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMARES), imparte el diplomado en Biodiversidad y turismo sostenible, con enfoque de adaptación al cambio climático, a la fecha se han formado dos promociones y en su ejecución se contó con el apoyo financiero del PNUD-GEF-MARN, quienes proporcionaron becas a todos los participantes, la mayoría de ellos microempresarios que trabajan en emprendimientos turísticos de la zona costera.

Asimismo, el ICMARES es parte de iniciativas de investigación científica en conjunto con universidades de la región para abordar los problemas de la zona marino-costera siendo el cambio climático un eje transversal muy importante, estas iniciativas son:

1. **Miembro de la red “Acción de integración regional para la adaptación basada en ecosistemas en el Caribe: red CYT-**

**ED CARIBeros.SOS”**, cuyo objetivo es: fomentar la mejoría de las condiciones de salud y resiliencia de los ecosistemas marinos y costeros de la región iberoamericana, a través del establecimiento de medidas para la rehabilitación de arrecifes coralinos y manglares y la realización de evaluaciones de escenarios e impactos del cambio climático en la biodiversidad marina y costera del Caribe y Centroamérica, especialmente en las zonas vulnerable a los factores asociados al cambio climático.

2. **Miembro del “Observatorio Cousteau para las costas y mares de Centroamérica”**, cuyo objetivo es la de proveer información para la toma de decisiones en materia de políticas públicas, con base en los resultados científicos, que ayude a la planificación del desarrollo sustentable de las costas y del mar.

3. Desarrollo del programa **“Biodiversidad y ecosistemas”**, cuyo objetivo es realizar evaluaciones ecológicas de la biodiversidad y ecosistemas marino-costeros de El Salvador, dentro del programa se está desarrollando el proyecto **“Monitoreo de arrecifes rocosos con crecimiento coralino de El Salvador”**. Dicho estudio permite evaluar los impactos asociados al cambio climático en los corales, como blanqueamiento de corales y aumento de la temperatura del mar, entre otros.

En este mismo contexto, la Organización del sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano, de la Secretaría de Integración Centroamericana (OSPESCA-SICA), publica mensualmente el boletín digital “Climapesca”, iniciativa que busca mantener informada a la sociedad sobre temas de pesca y cambio climático.

Las acciones pendientes para fortalecer las capacidades de El Salvador frente al cambio climático son: 1). la integración de equipos multidisciplinarios de investigación de la academia y otras organizaciones del estado y la sociedad civil, que trabajen en el impulso

de los programas, estrategias y planes de país sobre la mitigación, adaptación, y economía del cambio climático, 2) monitoreo del clima y 3) monitoreo, reporte y verificación. Se debe promover y ejecutar medidas de mejoría de las condiciones de salud y resiliencia de los ecosistemas de manglar y arrecife del país, a través de la implementación de la metodología de Adaptación Basada en Ecosistemas, que es promovido por la RED CITED, grupo CARibero.SOS El Salvador.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BID. 2012. El Salvador. Programa integral de sostenibilidad fiscal y adaptación al cambio climático para El Salvador. Propuesta de Préstamo. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington DC.
- Browning D. 1975. El Salvador. La Tierra y el Hombre. Dirección de publicaciones e impresos, CONCULTURA, Ministerio de Educación. San Salvador, El Salvador.
- CCAD-SICA. 2010. Estrategia Regional de Cambio Climático. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), Sistema de la Integración Centroamericana (SICA).
- CEPAL. 2012. La economía del cambio climático en Centroamérica: síntesis 2012. UKID, CEPAL, DANIDA. Ciudad de México, México.
- CEPAL. 2010. Evaluación de daños y pérdidas en El Salvador ocasionados por la tormenta tropical ÁGATHA. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- CEPAL-GOES. 2011. Informe preliminar: Evaluación de daños y pérdidas en El Salvador OCASIONADOS POR LA DEPRESIÓN TROPICAL 12E, Octubre 2011. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- CEPAL/CCAD/SICA/UKAID/DANIDA. 2011. La economía del cambio climático en Centroamérica. Reporte técnico. Organización de la Naciones Unidas. CEPAL, Ciudad de México, México.
- CNE 2012. Plan Maestro para el Desarrollo de la Energía Renovable en El Salvador. CNE, San Salvador, El Salvador.
- CNE. 2009. Política Energética Nacional. Consejo Nacional de Energía. San Salvador, El Salvador.
- Cuellar N, F. Luna, O. Díaz, S. Kandel. 2013. Cambio climático y desarrollo en El Salvador, respuestas de políticas y desafíos para la gestión territorial. PRISMA. San Salvador, El Salvador.
- DIGESTYC. 2013. Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples 2013. Dirección General de Estadísticas Censos (DIGESTYC).
- Gierloff-Emden HG. 1976. La Costa de El Salvador. Monografía Morfológica Oceanográfica. Ministerio de Educación, Dirección de Publicaciones. San Salvador, El Salvador.
- GOES-CEPAL. 2011. Ley y Política de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. Gobierno de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Houghton JT, Y. Ding, DJ. Griggs, M. Noguer, PJ. Van der Linden, X. Dai, K. Maskell, CA. Johnson. 2001. Climate change 2001: The scientific basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press.
- Kreft S, D. Eckstein, L. Junghans, C. Kerestan and U. Hagen. 2015. Global Climate Risk Index 2015, Who suffers most from extreme weather events?, weather-related loss events in 2013 and 1994 to 2013. Ger-

- man Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ).
- MAG. 2015. Estrategia Ambiental de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del Sector Agropecuario, Forestal, Pesquero y Acuícola. Ministerio de Agricultura. La Libertad, El Salvador.
- MAG. 2012. Cobertura forestal de la República de El Salvador, C.A. Año 2010. Dirección general de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego, División de Cambio Climático, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- MARN. 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN. 2013a. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- MARN. 2012. Política Nacional de Medio Ambiente. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador, El Salvador.
- MARN 2011. Biodiversidad Marino Costera de El Salvador: Análisis de Vacíos y Estrategias para su Conservación. The Nature Conservancy (TNC).
- MARN. 2000. Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador, El Salvador.
- Medina-Ramón M, J. Schwartz. 2007. Temperature, temperature extremes, and mortality: a study of acclimatisation and effect modification in 50 US cities. *Occup. Environ. Med.* 64: 827-833.
- MINED. 2012. Plan de Educación ante el Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgos. Ministerio de Educación. San Salvador, El Salvador.
- PNUD. 2014. Informe sobre Desarrollo Humano 2014, resumen. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Raupach MR, G. Marland, P. Ciais, C. Le Quére, JG. Canadell, G. Klepper. 2007. Global and regional drivers of accelerating CO2 emissions. *PNAS*, 4:10288-10293.
- Segovia J. 2015. Distribución de las comunidades bénticas de los Arrecifes Rocosos y de Coral de El Salvador. Modalidad de Cartel. X Congreso de Ciencias del Mar. MarCuba, 2015: Integración de las Ciencias para la Gestión de los Recursos Marinos. La Habana, Cuba
- Segovia J. 2014a. Vulnerabilidad de los Corales del ANP Los Cóbano ante el Cambio Climático. Modalidad de Cartel. Primer Congreso de Cambio Climático, El Salvador 2014: Ampliando y Fortaleciendo las Acciones Climáticas desde la Academia. El Salvador, San Salvador.
- Segovia J. 2014b. Vulnerabilidad de los Corales del ANP Los Cóbano ante el Cambio Climático. Resumen de Ponencia. Primer Congreso de Cambio Climático, El Salvador 2014: Ampliando y Fortaleciendo las Acciones Climáticas desde la Academia. El Salvador, San Salvador.
- Segovia J. 2012. Comunidades de Octocorales (Cnidaria: Octocorallia) en El Salvador, América Central. Sistema de Estudios de Posgrado, Tesis para optar al grado de Magister Scientiae en Biología, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.
- Segovia J, Navarrete M. 2007. Biodiversidad a nivel de ecosistema en parches de corales hermatípicos (*Porites lobata*, *Pocillopora* sp.) en la playa Los Cóbano, Sonsonate. Tesis de Grado, Escuela de Biología, Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador. p. 48.

STP-GOES. 2013. Estrategia de Desarrollo Integral y Sostenible de la Franja Costero-Marina de El Salvador. Secretaria Técnica de la Presidencia (STP), Gobierno de El Salvador (GOES).  
Territoriales.

UNDAC. 2010. Evaluación de la capacidad nacional de respuesta a emergencias. Naciones Unidas de Evaluación y Coordinación de Desastres (UNDAC).

Wigley TM, SC. Raper, 2001. Interpretation of high projections for global-mean warming. *Science* 2001; 293:451-4.