

Impacto del cambio climático sobre la sostenibilidad del recurso hídrico en el departamento de Santa Ana

Mario José Lucero Culi

Docente-Investigador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura
 Universidad Católica de El Salvador, El Salvador
 Email: mario.lucero@catolica.edu.sv

Recepción: 2013-12-21

Aceptación: 2014-01-21

Resumen

En esta investigación se establecen patrones de tendencia a fin identificar el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos en el departamento de Santa Ana, con el propósito de sugerir medidas de adaptación al mismo, a través del análisis de variables meteorológicas como precipitación y temperatura. Los datos históricos de las variables estudiadas se obtuvieron del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)¹, dependencia del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. La información se analizó mediante el programa *Statgraphics*, utilizando la estadística descriptiva de cada variable y por estaciones meteorológicas. A partir de este estudio se puede inferir probables impactos sobre el recurso hídrico, por medio del ciclo hidrológico del cual las precipitaciones forman parte.

Los resultados obtenidos demuestran que en cuanto a tendencias de temperatura no existe un incremento de la misma. Si el análisis se realiza solo considerando la estación lluviosa de Santa Ana entre los años 1980 y 2011, se muestra un incremento de 0.05 °C. En cuanto a precipitaciones, estas aumentaron 25.7 mm. Los datos no denotan un incremento sustancial en cuanto a ambas variables, pero si demuestran una inconsecuencia fuerte con eventos históricos como la tormenta 12-E en 2011.

Palabras clave: Cambio climático, recurso hídrico, temperatura, precipitación, desarrollo sostenible

Abstract

In this research are established tendency patterns in order to identify the impact of the climate change on the water resources in the department of Santa Ana, aiming to suggest actions for adapting to it, through of analysis of meteorological variables such as precipitations and temperature. Historical data of the studied variables were obtained from the National Service of Territorial Studies (NSTS)¹, dependency of the Ministry of Natural Environment and Natural Resources of El Salvador. Data was analyzed with the program *Statgraphics*, using the descriptive statistic of every variable and by meteorological stations. From this study we can infer likely impacts on water resources, through the hydric cycle of which precipitations are part.

The obtained results show that, regarding temperature tendencies, there is not an increase. If the analysis is made considering only the raining season in Santa Ana between 1980 and 2011, it is shown an increase of 0.05 °C. In reference of precipitations, they increase 25.7mm. Data doesn't show a substantial increment concerning the two variables, but it shows a strong inconsistency with historical events as 12-E storm in 2011.

Key words: Climate change, water resources, temperature, precipitation, sustainability development

¹ De aquí en adelante el autor se referirá a esta institución mediante sus siglas.

From this moment on, the author will make reference to this institution by its abbreviation.

1. Introducción

El cambio climático es un fenómeno que afecta el mundo ocasionando diversas problemáticas, tales como inundaciones, pérdidas de cultivos, períodos de sequías, aumento o disminución de lluvias, etc. Este término a menudo se utiliza de manera intercambiable con el concepto de calentamiento global, pero de acuerdo a la *National Academy of Sciences*, es preferible utilizar el nombre de cambio climático en comparación al de calentamiento global, ya que este último transmite la idea de que hay otros fenómenos involucrados, además del implícito cambio en la subida de la temperatura.

El fenómeno de cambio climático hace referencia a cualquier cambio significativo en la medición del clima -como temperatura, precipitación o viento-, que dura por un período prolongado de tiempo (décadas o más).

Al hacer una tipificación, este fenómeno puede deberse a:

- Factores naturales, tales como cambios en la intensidad del sol o los cambios lentos en la órbita de la Tierra alrededor del sol;
- Procesos naturales en el sistema climático (por ejemplo, cambios en la circulación oceánica);
- Actividades humanas que modifican la composición de la atmósfera (por ejem-

plo, mediante la quema de combustibles fósiles); y la superficie de la tierra (por ejemplo, la deforestación, la reforestación, la urbanización, la desertificación, etc.).

Los efectos del cambio climático se expresan en diversos ámbitos de un Estado o Nación como la disponibilidad de agua, factores de salud pública, biodiversidad, impactos en el sector energético, generación de escenarios de clima para temperatura y precipitación.

Esta situación afecta la temperatura de la superficie del mar, además de impactar sobre el ciclo hidrológico, volviéndolo más intenso. Esto pronostica que el número de tormentas severas aumente, pero que también se produzcan períodos de sequía más extremos y prolongados. Al afectarse el ciclo hidrológico el impacto recae directamente en la agricultura y, por ende, en la seguridad alimentaria de la población, debido a las pérdidas de cultivos por sequías o por inundaciones.

Por esta razón es importante conocer como el cambio climático está afectando el ciclo hidrológico del agua en El Salvador, y como la contaminación de los recursos hídricos contribuye a que el impacto sea mayor.

2. Desarrollo

2.1 Introducción del Material

Los insumos utilizados fueron los arrojados por las estaciones meteorológicas del SNET,

por lo que no se necesitó ningún material especial para la investigación, salvo los datos históricos promedio mensuales de precipitación y temperatura de la ciudad de Santa Ana, del departamento del mismo nombre.

2.2 Diseño Metodológico

El tipo de investigación fue cuantitativa – descriptiva consistió en analizar estadísticamente los datos de las variables de temperatura y precipitación mediante el programa *Statgraphics*.

El diseño metodológico de la misma se desarrolló de la siguiente forma:

- Recopilación de datos históricos de precipitación y temperatura, así como información geográfica del departamento de Santa Ana.
- Análisis de cada una de las variables contempladas en la investigación, a fin de establecer correlaciones con fenómenos actuales.
- Evidenciar los impactos directos del cambio climático sobre los componentes principales del ciclo hidrológico.
- Generación de propuestas para disminuir los impactos generados sobre los recursos hídricos.

La población seleccionada para el estudio fue el departamento de Santa Ana, conside-

rando las estaciones: Planes de Montecristo, Güija y Santa Ana (El Plamar – UNICAES). La muestra de análisis comprendió los años entre 1980 al 2011, dado que la definición de clima utilizada dentro del estudio considera un período de treinta años – como mínimo – para que este sea definido como tal.

2.3 Técnicas e Instrumentos

- Recopilación de datos: Se realizó mediante la compra de información al SNET, a fin de conocer los valores históricos desarrollados sobre las variables de estudio.
- Recopilación bibliográfica: Fue fundamental para conocer a profundidad los aspectos técnicos del fenómeno estudiado y para conocer los impactos que este genera.
- Análisis Estadístico con *Statgraphics*: Este consistió en procesar los datos con dicho programa para realizar el análisis estadístico.

2.4 Procedimiento

- Etapa 1: Recopilación de información bibliográfica concerniente al cambio climático para conocer su impacto sobre el ciclo hidrológico.
- Etapa 2: Resumen de datos históricos de precipitación, temperaturas, mareas; así como información geográfica de El Sal-

vador. Datos hidrográficos del país tales como mapas de cuencas, regiones hidrográficas y otros datos de relevancia para la investigación.

- Etapa 3: Análisis de cada una de las variables para establecer correlaciones con fenómenos actuales.
- Etapa 4: Comprobación del impacto directo del cambio climático sobre los componentes principales del ciclo hidrológico

y generación de propuestas para disminuir sus impactos sobre los recursos hídricos.

2.5 Datos de variables meteorológicas

A fin de establecer los efectos del cambio climático sobre el recurso hídrico es necesario analizar las variables de temperatura y precipitación. El análisis de los efectos del cambio climático se realizó conforme a los datos proporcionados por el SNET (ver Tabla 1).

Figura 1. Datos de variables meteorológicas en el departamento de Santa Ana

Nombre de estación	Güija	Santa Ana	Planes de Montecristo
Latitud norte	14° 14.0'	13° 58.6'	14° 23.9'
Latitud oeste	89° 28.0'	89° 34.2'	89°21.6'
Elevación	485 msnm	725 msnm	1851 msnm
Índice	a – 15	a – 12	a – 31

Fuente: Elaboración propia

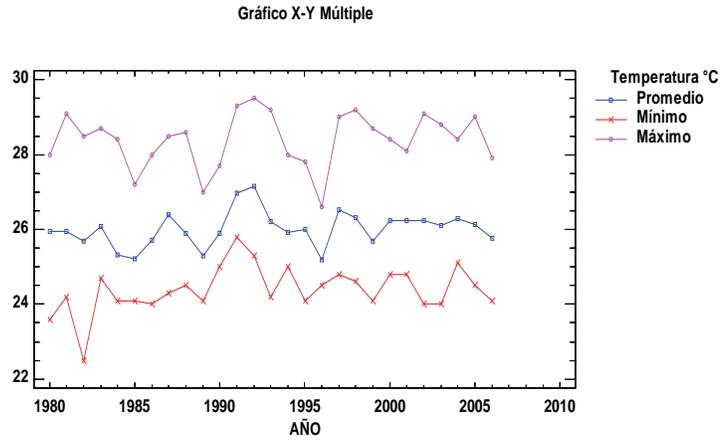
2.6 Análisis integrado de resultados estadísticos

Al realizar el análisis estadístico de los datos de temperatura y precipitación de las estaciones meteorológicas, se observa que la variabilidad existente plantea dificultades en el establecimiento de tendencias para realizar proyecciones a futuro.

En los gráficos de comportamiento anual de la temperatura (figura 2, 3 y 4) se observa

que hubo años en los cuales la temperatura promedio aumentó. Así también la variación existente entre el promedio de temperatura del año 1980 y 2011 mostró descensos en la estaciones Güija y Planes de Montecristo. Al contrario, la estación meteorológica existente en Santa Ana tuvo un aumento de 0.6°C. Analizando esta diferencia se puede inferir que el factor que contribuye a este proceso es el deterioro del medio ambiente en la ciudad de Santa Ana.

Figura 2. Comportamiento de temperatura promedio anual, mínima y máxima

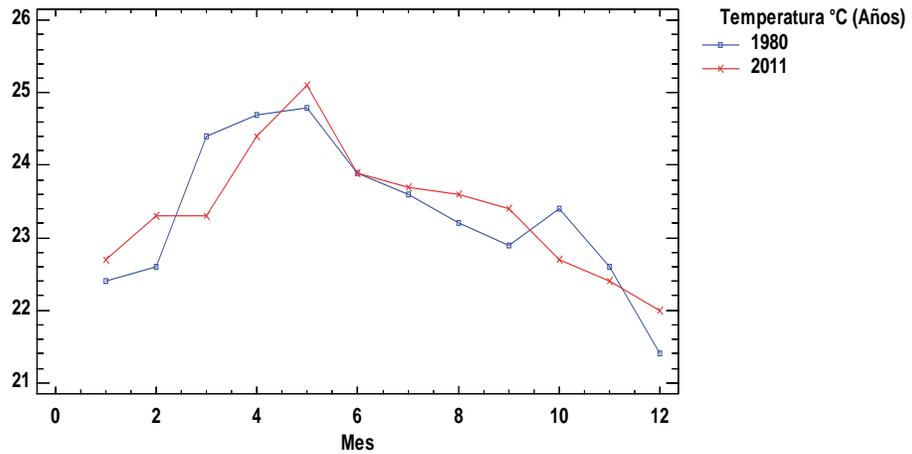


Estación Güija (°C) 1980 – 2011

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Comportamiento de temperatura por mes

Comportamiento de Temperatura por mes. Año 1980 y 2011

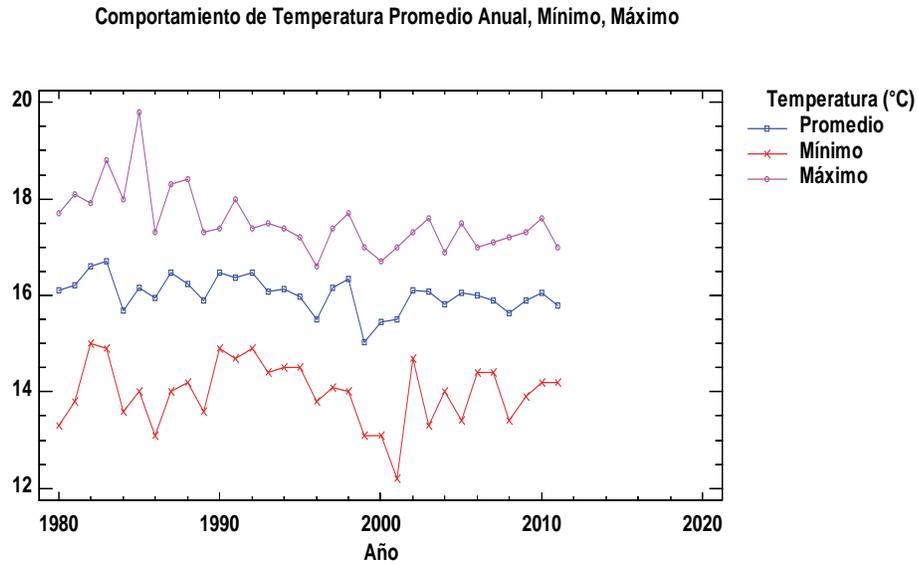


Estación El Palmar-UNICAES. (°C). Año 1980 y 2011

Notación: Mes 1: Enero – Mes 12: Diciembre

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Comportamiento de temperatura promedio por cada año



Estación Planes de Montecristo. (°C) 1980 – 2011

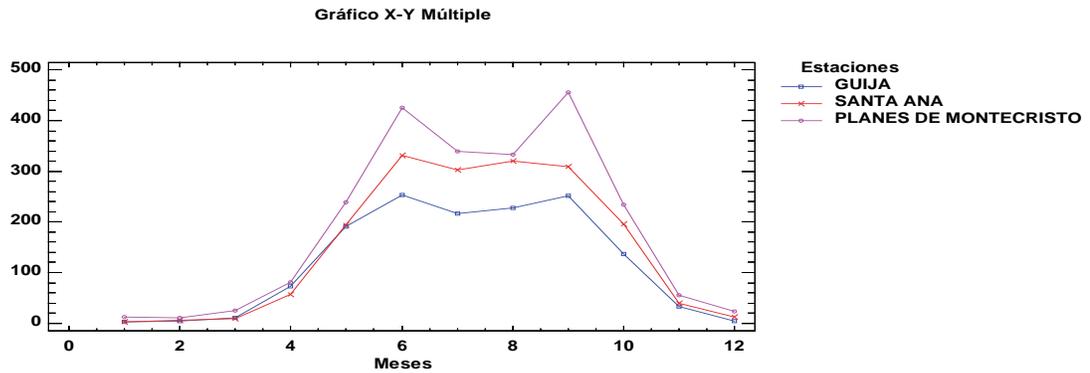
Fuente: Elaboración propia

Existen fenómenos que contribuyen a la incertidumbre de las proyecciones futuras de las principales variables climatológicas (temperatura y precipitación), tales como el fenómeno de la Niña y el Niño.

En cuanto a las precipitaciones, el análisis estadístico de los datos muestra que su variabi-

lidad en el período de 30 años fue considerable. Esto demuestra que las lluvias se han incrementado levemente; sin embargo, en el período estudiado se tuvieron eventos puntuales como huracanes y tormentas tropicales que elevaron los niveles de precipitación. Un ejemplo de ello fue la tormenta tropical 12-E en octubre de 2011.

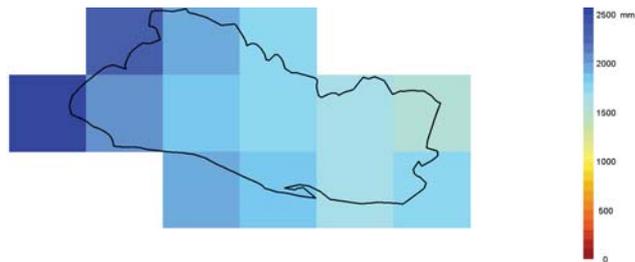
Figura 5. Comparación de promedios mensuales de precipitaciones de estaciones Guija, Santa Ana y Planes de Montecristo



Precipitación (mm)

Fuente: Elaboración propia con datos del SNET

Figura 6. Promedio de precipitaciones anual 1951 - 2002

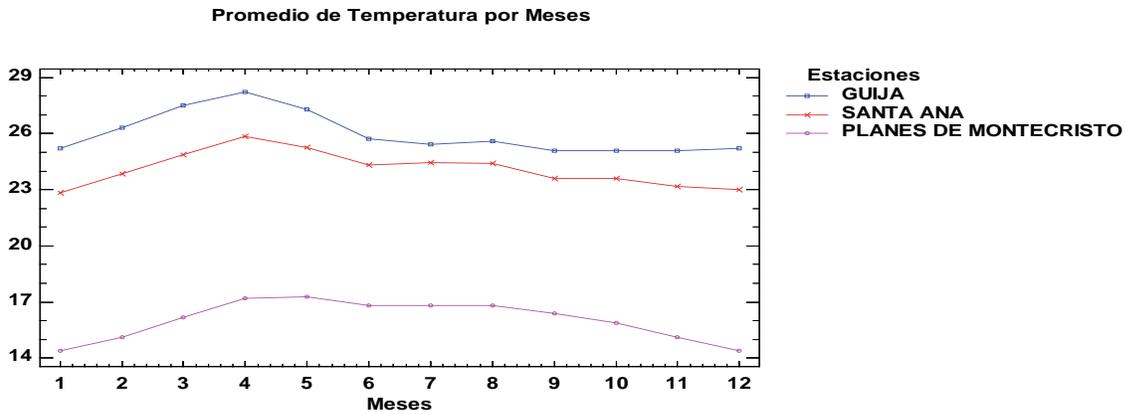


Fuente: Mapa proporcionado por ClimateWizard © Universidad de Washington and the Nature Conservancy, 2009²

En la figura 5 se observa que la tendencia de las precipitaciones durante las tres estaciones fue hacia la alza. Esto se complementa con la información presentada en la figura 6.

² Creado por Chris Zganjar, The University of Washington: Evan Girvetz y The University of Southern Mississippi: George Raber

Figura 7. Comparación de promedios de temperatura por meses en las estaciones Güija, Santa Ana y Planes de Montecristo



Meses: enero a diciembre

Fuente: Elaboración propia con datos del SNET

Los comportamientos de temperatura de las estaciones estudiadas se observan en la figura 7. Al comparar los datos del promedio anual, estos rondaron los 25°C para la estación Santa Ana; pero para la estación Güija, la misma se mantuvo arriba de 25°C y para la estación Planes de Montecristo osciló entre los 15°C.

De acuerdo a los datos obtenidos de temperatura, esta se mantuvo para el departamento de Santa Ana alrededor de los 25°C. Esto es confirmado por el sitio web: www.climatewizar.org, creado por *The Nature Conservancy* (2009). Los datos con respecto al promedio de temperatura anual se muestra la figura 8.

Figura 8. Promedio de temperatura anual 1951 - 2002



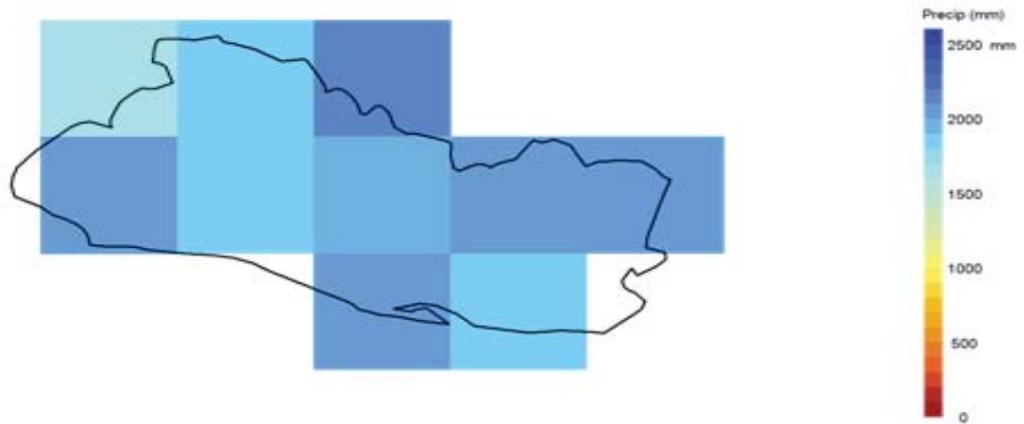
Fuente: Mapa proporcionado por ClimateWizard © Universidad de Washington and the Nature Conservancy, 2009

2.6.1 Proyecciones estadísticas

Las proyecciones en cuanto a precipitación y temperatura para El Salvador, durante un

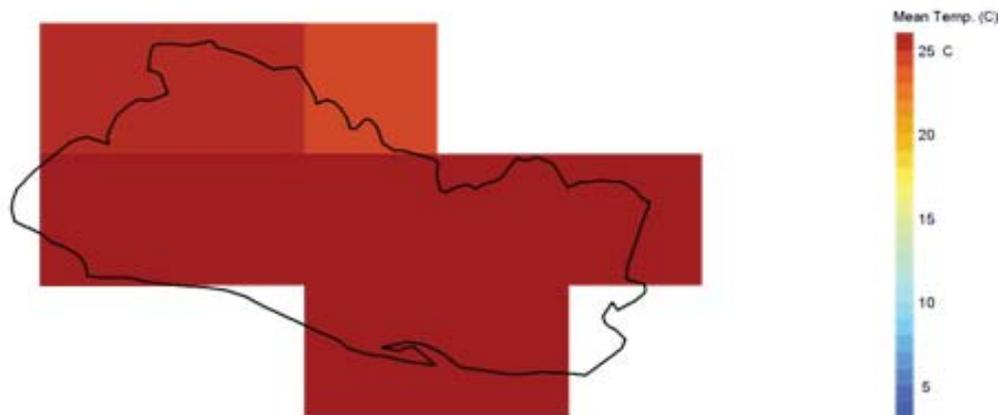
nuevo periodo de treinta años, se muestran en las figuras 9 y 10, respectivamente.

Figura 9. Proyecciones de media de precipitaciones 2040-2069



Fuente: Mapa proporcionado por ClimateWizard © Universidad de Washington and the Nature Conservancy, 2009

Figura 10. Proyecciones de media de temperatura 2040-2069



Fuente: Mapa producido por ClimateWizard © Universidad de Washington and the Nature Conservancy, 2009.

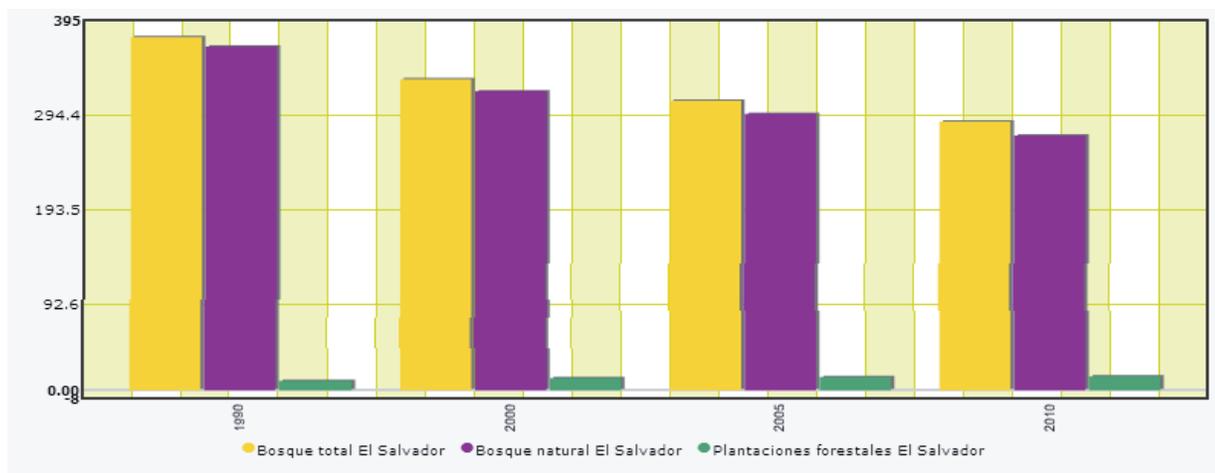
2.6.2 Efectos del cambio climático en los recursos hídricos

Los impactos de este fenómeno sobre tan valiosos recursos se dan, principalmente, en la afectación directa sobre las precipitaciones. El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés)³ plantea tres diferentes escenarios para las precipitaciones: a. Disminución de precipitaciones en un 10%; b. Disminución de precipitaciones

en un 5% y c. Aumento de las precipitaciones por huracanes en la región en un 50%. Esto aunado al elevado porcentaje de deforestación del país, pero específicamente del departamento de Santa Ana.

Estadísticas de la CEPAL (1990) muestran un notable descenso en el área boscosa y su distribución porcentual en el país: De 18.2% se redujo hasta un 13.9% en el 2010 (Ver figura 11 y figura 12)⁴.

Figura 11. Superficie Boscosa de El Salvador (Miles de ha)⁵

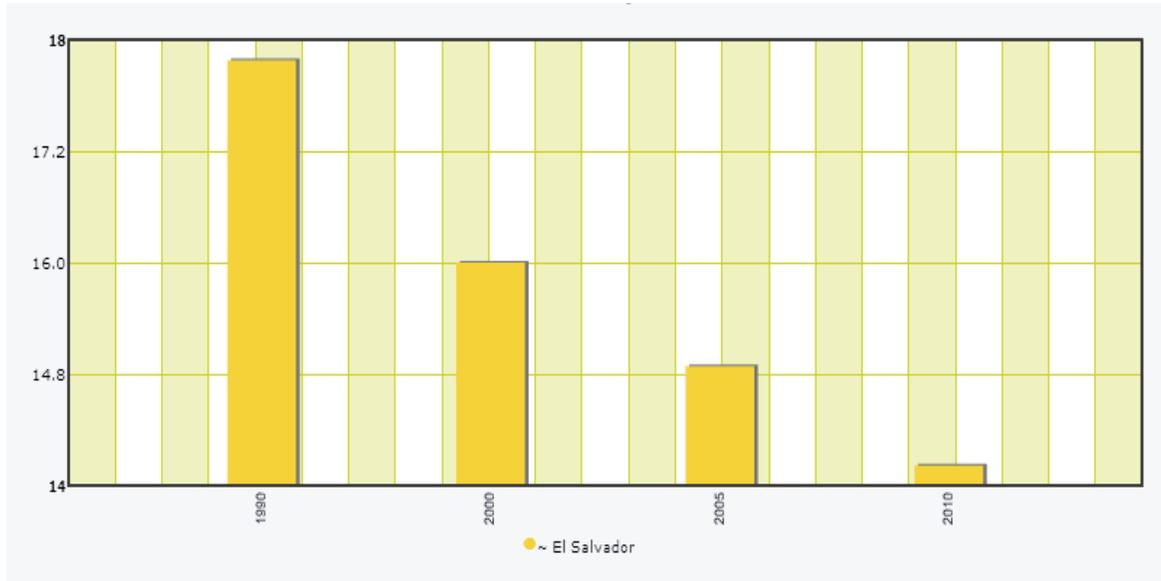


Fuente: CEPALSTAT. Base de Datos

³ El autor se referirá a esta entidad más adelante a través de sus siglas.

⁴ CEPAL, (2006).

⁵ CEPALSTAT. (2006)

Figura 12. Porcentaje de la superficie cubierta por bosques⁶

Fuente: CEPALSTAT. Base de Datos

Otro aspecto que afecta el recurso hídrico de todo El Salvador, de acuerdo al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, es la contaminación de los mismos. En su Informe de calidad del agua de los ríos de El Salvador para el año 2011, esta entidad plantea que el 12% del agua del país presenta una buena calidad; un 50% refleja una calidad regular, el 31% certifica el agua como de mala calidad y el 7% categoriza al agua como de pésima calidad⁷.

A manera de proyección personal, si en El Salvador en general, pero notablemente en el departamento de Santa Ana se continúa con esos niveles de deforestación, el poco porcen-

taje de bosques se reducirá grandemente; por su parte, la escorrentía superficial aumentará y la infiltración al subsuelo será más difícil.

3. Conclusiones

El comportamiento de las precipitaciones estudiadas mostró variaciones sobre los patrones normales de precipitación, ocasionando la modificación del ciclo hidrológico de la ciudad de Santa Ana. En algunos años, dependiendo del sitio de estudio, la temperatura incrementó. Por ejemplo, en la estación Santa Ana se produjo una variación a la alza de 0.6°C, durante los años 1980 a 2011. Caso contrario las estaciones Güija y Planes de Montecristo en donde se registró un descenso.

⁶ CEPALSTAT. (2006)

⁷ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2012).

Al analizar esta diferencia se puede inferir que el factor asociado que contribuyó a este proceso fue el deterioro del medio ambiente en el contexto ciudadano. Esto se evidencia al comparar los datos de temperatura promedio anuales: 25°C para la estación Santa Ana, arriba de 25°C para la estación Guija y temperaturas de 15°C para la estación Planes de Montecristo.

En cuanto a las precipitaciones, el análisis estadístico de los datos muestra que su variabilidad en el período de treinta años fue considerable, a tal grado que las precipitaciones se incrementaron levemente. Sin embargo, en el lapso de tiempo estudiado, existieron eventos como huracanes y tormentas tropicales que elevaron los niveles de precipitación. Por tanto, la se puede augurar –de forma aventurada- que la tendencia de las precipitaciones en las tres estaciones incrementará.

La variabilidad climática dificulta establecer proyecciones certeras acerca del comportamiento de la temperatura y las precipitaciones, esto debido a la poca existencia de datos y los fenómenos como el Niño y la Niña que causan una inestabilidad considerable en las lluvias. De acuerdo al análisis de los índices climatológicos, no se evidencia impacto a gran escala sobre los recursos hídricos debido al cambio climático en el departamento. Pero a futuro –partiendo de las proyecciones del IPCC y otras organizaciones- existirá una

disminución de las mismas. Ante esta realidad, la ejecución de medidas de adaptación es necesaria para contrarrestar los posibles escenarios a los que se enfrentará el país.

Por ello se deben generar medidas que contribuyan a mitigar y equilibrar los efectos de la variabilidad climática. Algunas medidas de Adaptación sobre el Recursos Hídricos sugeridas son:

- Realizar una gestión integral de las cuencas y regiones hidrográficas de El Salvador, que permitan reducir los impactos ocasionados por el cambio climático y por el hombre, con el objetivo de asegurar el recurso a futuro.
- Contrarrestar los procesos de reducción del área boscosa del departamento de Santa Ana, a fin de proteger los recursos subterráneos del departamento.
- Disminuir las emisiones de gases efecto invernadero a nivel regional para contribuir a la estabilización climática.
- Proteger los recursos de agua subterráneos de los diferentes acuíferos existentes en el departamento y en el país, a fin de garantizar a futuro la disponibilidad del recurso.
- Desarrollar políticas de prevención ante la contaminación de los recursos hídricos para propiciar su recuperación.

Actualmente el mayor impacto sobre los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, lo causa la contaminación con aguas residuales de diversos orígenes⁸, así como la deforestación creciente de las áreas boscosas del país. La modificación del ciclo hidrológico, específicamente en cuanto a las precipitaciones, afecta sustancialmente la sostenibilidad de los recursos hídricos, lo

cual se ve agravado por la contaminación de las fuentes superficiales.

El agua es necesaria para todos, dadas las diversas actividades en las que se utiliza y, sobre todo, por su influencia en la calidad de vida de las personas. En el caso de El Salvador, la sostenibilidad del recurso hídrico es incierta si no se generan medidas de adaptación y recuperación de las fuentes de agua.

4. Referencias bibliográficas

Bates, B. C., Kundzewics, Z. W., Wu, S., & Palutikof, J. P. (2008). *El Cambio Climático y el Agua*. Recuperado el 12 de Agosto de 2012, de Documento Técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC.: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/_climate_change_and_water_spanish.htm

CEPAL. (2006). *Proporción de la superficie cubierta por bosques*. Recuperado el 12 de diciembre de 2012, de CEPALSTAT: <http://websie.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegradaFlashProc.asp#>

CEPAL. (2006). *Superficie Boscosa de El Salvador*. Recuperado el 13 de diciembre de 2012, de CEPALSTAT: <http://websie.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegradaFlashProc.asp#>

Houghton, J. T., Meira, L. G., Griggs, D. J., & Maskell, K. (1997). *Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC*. Recuperado el 12 de Agosto de 2012, de Documento Técnico IPCC: <https://docs.google.com/file/d/0B1gFp6Ioo3akdG5nSnE2NHNNd0U/edit>

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Informe de la Calidad de Agua de los Ríos de El Salvador. Año 2011*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2013, de http://www.marn.gob.sv/phocadownload/Informe_Calidad_de_Agua%202011.pdf

National Aeronautics and Space Administration. (s.f.). *Global Climate Change*. Recuperado el 14 de diciembre de 2012, de <http://climate.nasa.gov>

⁸ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador.

United States Environmental Protection Agency. (s.f.). *Climate change*. Recuperado el 15 de agosto de 2012, de <http://www.epa.gov/climatechange/science/>

Universidad de Washington, & The Nature Conservancy. (2009). *Proyecciones de media de precipitaciones 2040 - 2069*. Recuperado el 13 de diciembre de 2012, de ClimateWizard: http://climatewizard.s3.amazonaws.com/global_country_2040_2069/El%20Salvador/pptPct/ensemble_a2/map_mean_ensemble_50_AR4_Global_50k_a2_pptPct_14_2040_2069.png

Universidad de Washington, & The Nature Conservancy. (2009). *Promedio de precipitaciones anual 1951 - 2002*. Recuperado el 13 de diciembre de 2012, de Climate Wizard: http://climatewizard.s3.amazonaws.com/global_country_1951_2002/El%20Salvador/pptPct/historical/map_mean_cru50k_pptPct_14_1951_2002.png

Universidad de Washington, & The Natural Conservancy. (2009). *Promedio de Temperatura Anual 1951 - 2002*. Recuperado el 13 de diciembre de 2012, de ClimateWizard: http://climatewizard.s3.amazonaws.com/global_country_1951_2002/El%20Salvador/tmean/historical/map_mean_cru50k_tmean_14_1951_2002.png

Watson, R. T., Zinyowera, M. C., & Moss, R. H. (1996). *Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático*. Recuperado el 12 de Agosto de 2012, de Documento Tecnico I IPCC: <https://docs.google.com/open?id=0B1gFp6Ioo3akZ2szYV9wMUI4M2c>