



LA GESTIÓN CLIMÁTICA EN JALISCO

EDITOR:

Valentina Davydova Belitskaya



CUCBA

LA GESTIÓN CLIMÁTICA EN JALISCO

LA GESTIÓN CLIMÁTICA EN JALISCO

Editor: Valentina Davydova Belitskaya



Centro Universitario de Ciencias
Biológicas y Agropecuarias
Universidad de Guadalajara

La Gestión Climática En Jalisco

Dirección editorial:

Valentina Davydova Belitskaya

Comité editorial:

Skiba Yuri N. (CCA-UNAM, México), **De la Mora Orozco, Celia** (INIFAP, México),

Quintanilla Montoya, Ana Luz (Universidad de Colima)

Autores:

Daniel Alamilla Chan

Blanca Alicia Bojórquez Martínez

Valentina Davydova Belitskaya

Arturo Figueroa Montaño

Giovanni Emmanuel García Romero

Cecilia Garibay López

Juan Alberto Gran Castro

Gabriela Hernández Pérez

Daniel Armando Herrera Bojórquez

Javier Omar Martínez Abarca

Álvaro Monroy Morales

Martha Georgina Orozco Medina

Laura Patricia Ortiz Monroy

Silvia Lizette Ramos de Robles

Abril Asminda Rivera Valerio

José Ariel Ruíz Corral

Directorio

Universidad de Guadalajara

Dr. Ricardo Villanueva Lomelí

Rector General

Dr. Héctor Raúl Solís Gadea

Vicerrector

Mtro. Guillermo Arturo Gómez Mata

Secretario General

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Dr. Carlos Beas Zárate

Rector del CUCBA

Dr. Ramón Rodríguez González

Secretario Académico

Mtra. María del Pilar Aguirre Thomas

Secretario Administrativo

Dra. Graciela Gudiño Cabrera

Directora de la División de Ciencias Biológicas y Ambientales

Mtro. Miguel E. Magaña Virgen

Jefe del Departamento de Ciencias Ambientales

Dra. Martha Georgina Orozco Medina

Directora del Instituto de Medio Ambiente y Comunidades

Humanas

Diseño de portada y diagramación:

Javier Salazar / Prometeo Editores

D.R. © 2020 Universidad de Guadalajara D.R. © 2020 Edición. Guadalajara, Jalisco, México. ISBN. 978-607-547-981-1
Número de ejemplares: 500 ejemplares Edición: Prometeo Editores S.A. de C.V. C. Libertad 1457 Col. Americana C.P.
44160 Guadalajara, Jalisco, México Tels: 3826 2726, 3826 2782 Todos los derechos reservados. A parte de los usos
legales relacionados con la investigación, el estudio privado, la crítica o la reseña, esta publicación no puede ser
reproducida ni en su totalidad o parcialidad, en español o cualquier otro idioma, ni registrada en, transmitida por,
un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico fotoquímico,
electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia, o cualquier otro, inventado o por inventar, sin permiso expre-
so, precio y por escrito del autor. Impreso y hecho en México / *Printed and made in Mexico.*

DR Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Departamento de Ciencias Ambientales,

Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas.

Camino Ramón Padilla Sánchez 2100, Nextipac, Zapopan, Jalisco. CP. 45136.

Contenido

Introducción	9
Capítulo I. Historia del clima en Jalisco.....	17
Resumen	17
I.1 Introducción	17
I.2 Antecedentes históricos del clima en Jalisco.....	18
I.3 Estadísticas básicas de Jalisco.....	21
I.4 Uso del suelo y vegetación	23
I.5 Hidrología.....	25
I.6 Desarrollo poblacional y crecimiento urbano.....	26
I.8 Reflexiones finales.....	28
I.9 Referencias bibliográficas	29
Capítulo II. Clima, cambio climático y sus perspectivas en Jalisco.....	33
Resumen	33
II.1 Introducción	34
II.2 Clima.....	35
II.4 Precipitación	42
II.5 Proyecciones climáticas de temperatura.....	43
II.6 Proyecciones climáticas de precipitación.....	47
II.7 Reflexiones finales	48
II.8 Referencias bibliográficas.....	49
Capítulo III. Cambio climático y gestión de recursos hídricos.....	53
Resumen	53
III.1 Efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos.....	54
III.2 Cambio climático y gestión hídrica de Jalisco.....	62
III.3 Reflexiones finales.....	71
III.4 Referencias bibliográficas	74
Capítulo IV. Cambio climático y su impacto en el sector agrícola de Jalisco	77
Resumen	77
IV.1 Introducción	78
IV.2 Cambios en el agroclima y efectos bióticos.....	83
IV.3 Efecto del cambio climático sobre las áreas potenciales de cultivos	89
IV.4 Referencias bibliográficas.....	91

Capítulo V. Clima y los bosques de Jalisco	93
Resumen	93
V.1 Introducción	93
V.2 Descripción del área de estudio.....	94
V.3 El ciclo de carbono y los bosques	97
V.4 Impactos ambientales del calentamiento global en los bosques de Jalisco	100
V.5 Incendios forestales.....	101
V.6 Plagas forestales.....	102
V.7 Migración de especies	102
V.8 Bosques urbanos y cambio climático	102
V.9 Reflexiones finales	103
V.10 Referencias bibliográficas.....	103
Capítulo VI. Vulnerabilidad Social y Cambio Climático	107
Resumen	107
VI.1 Introducción	107
VI.2 Desarrollo.....	109
VI.3 Factores culturales y comunitarios asociados al cambio climático	111
VI.4 Factores geográfico-productivos y ambientales vinculados con el cambio climático	112
VI.5 Propuesta	116
VI.6 Reflexiones finales.....	119
VI.7 Referencias bibliográficas	120
Capítulo VII. Clima y sociedad: aspectos socioculturales para la comprensión y el diseño de acciones climáticas	123
Resumen	123
VII.1 Aspectos sociales y comportamiento humano ante el cambio climático	124
VII.2 Estudio de aspectos socioculturales asociados al cambio climático: un análisis desde la Salud Ambiental	126
VII.3 Estudios sobre cambio climático y aspectos sociales en Jalisco	132
VII.4 Orientaciones teórico-metodológicas para promover la adaptación al cambio climático	134
VII.5 Referencias bibliográficas	136

Capítulo VIII. Parques urbanos y sus vínculos con el cambio climático.....	139
Resumen	139
VIII.1 Introducción	139
VIII.2 Desarrollo.....	141
VIII.3 Los parques, espacios de naturaleza urbana	146
VIII.3 Propuesta	149
VIII.4 Reflexiones finales.....	151
VIII.5 Referencias bibliográficas.....	153
Capítulo IX. Isla de calor y confort térmico en la Zona Metropolitana	
de Guadalajara.....	157
Resumen	157
IX.1 Introducción	158
IX.2 Área de estudio	160
IX.2 Materiales y métodos	162
IX.3 Resultados.....	166
IX.4 Reflexiones finales.....	171
IX.5 Referencias bibliográficas	171
Capítulo X. Normas y política de gestión climática en Jalisco.....	177
Resumen	177
X.1 Introducción.....	177
X.2 Política Nacional de Cambio Climático.....	184
X.3 La gestión climática en Jalisco.....	187
X.4 Reflexión final	194
X.5 Referencias bibliográficas	195
Conclusiones y perspectivas	197
Sobre los autores	199
Alamilla Chan, Daniel.....	199
Bojórquez Martínez, Blanca Alicia	199
Davydova Belitskaya, Valentina.....	200
Figuroa Montaña, Arturo.....	200
García Romero, Giovanni Emmanuel.....	201
Garibay López, Cecilia.....	202

Gran Castro, Juan Alberto	203
Hernández Pérez, Gabriela.....	203
Herrera Bojórquez, Daniel Armando.....	203
Martínez Abarca, Javier Omar	204
Monroy Morales, Álvaro.....	204
Orozco Medina, Martha Georgina	205
Ramos de Robles, Silvia Lizette.....	206
Rivera Valerio, Abril Asminda.....	207
Ruíz Corral, Ariel	207

INTRODUCCIÓN

En 2018, el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso que causan el calentamiento global aumentaron hasta más del doble. La última vez que ocurrió en la Tierra una concentración de CO₂ como la actual fue hace entre 3 y 5 millones de años, cuando la temperatura era de 2 a 3 grados más cálida y el nivel del mar era entre 10 y 20 metros superior al actual. De acuerdo a los registros históricos, los niveles preindustriales de bióxido de carbono (280 ppm) han aumentado de manera constante hasta llegar a 414.89 ppm en abril del 2019, como consecuencia, la temperatura del planeta se ha incrementado en promedio 1.1 °C en el mismo periodo.

Las proyecciones para el final del presente siglo indican que el CO₂ atmosférico será alrededor de 700 ppm, mientras que la temperatura global se incrementará de 1.4 a 5.8 °C, dependiendo del escenario de emisiones de gases de efecto invernadero así como de las acciones que se tomen para disminuir las emisiones de dichos gases. Sin embargo, los registros de concentración de CO₂ así como las temperaturas a escala global del 2014 al 2019 muestran un incremento tan acelerado que las estimaciones de los modelos pueden estar por debajo de la realidad.

Además, es muy probable que como consecuencia de una intensificación general del ciclo hidrológico mundial la cantidad de precipitación pluvial aumente en regiones de latitudes altas y que disminuya en la mayoría de las regiones subtropicales. Los modelos de circulación general predicen una disminución de las precipitaciones en las zonas tropicales y subtropicales, mientras se proyecta una tendencia creciente en la precipitación total anual en latitudes medias.

La mayoría de los estudios de proyección relacionados con el impacto del cambio climático en la agricultura indican una gran variación en resultados a nivel regional. Se estima que aumentarán las diferencias

existentes en la producción agrícola entre los países desarrollados y los países en desarrollo. Estos resultados son un reflejo de estaciones de crecimiento de cultivo más cálidas y largas en regiones de latitudes altas, en las cuales se encuentran muchos países desarrollados, mientras que en los trópicos y en latitudes bajas donde se encuentran la mayoría de países en desarrollo, se esperan estaciones de cultivo más cortas y más secas.

La gravedad de los efectos del cambio climático en la producción de cultivos depende del tamaño del aumento de la temperatura, de tal manera que un aumento de temperatura global promedio por encima de 2.5 °C se prevén efectos negativos en la producción agrícola de todas las regiones del mundo.

México se ubica entre los países con mayor vulnerabilidad ya que 15% de su territorio, 68.2% de su población y 71% de su Producto Interno Bruto (PIB) se encuentran altamente expuestos al riesgo de impactos adversos directos del cambio climático. La pérdida económica en la producción agrícola podría ser de 16 a 22 mil millones de pesos si se toma en cuenta que el valor de la producción de cultivos importantes como caña de azúcar, frijol, maíz, café, trigo y naranja, y que la pérdida en la producción debido al cambio climático se estima entre 42 y 57%.

Algunos procesos de cambio en las variables del clima identificados en Jalisco y que potencialmente derivan en amenazas son, entre otros, el aumento gradual de las temperaturas máximas y mínimas, la concentración de precipitación con posible aumento de tormentas fuertes e inundaciones fluviales más severas; retraso en el inicio del temporal de lluvias, que conlleva a la ampliación del período de sequía y aumento en la precipitación en los meses de agosto y septiembre; asimismo, la disminución de la precipitación total o estacional en algunas regiones que se especializan en la producción de maíz de temporal.

Se considera que la agricultura es un tema prioritario para la agenda del cambio climático, que ésta es parte del problema, pero lo más importante, es que será parte crucial de la solución. Se estima que para México los efectos del cambio climático hacia el 2050 serán de una reducción del PIB entre el 3.5 y el 4%; y una reducción en la productividad agrícola entre el 30 al 85%, de acuerdo a la región y cultivo según la investigación del Consejo del Fondo del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR).

De acuerdo a la CONAGUA, los escenarios del cambio en el ciclo hidrológico sugieren que habrá una tendencia a menos lluvia en la región

(5-10% de disminución), que combinada con temperaturas más elevadas (1 a 3 °C) que favorecen la evapotranspiración, agravarán los problemas en el sector hídrico de la región.

Basándose en estas estadísticas globales y nacionales se realizó un estudio para visualizar la gestión climática a escala estatal en Jalisco, siendo uno de los estados de mayor relevancia en producción de granos básicos y su aporte al PIB nacional.

El primer capítulo del libro narra sobre historia en Jalisco desde el punto de vista del clima, así como su modificación progresiva a causa de éste desarrollo, especialmente el cambio de uso del suelo. También, se describen las características geográficas y físicas del estado siendo factores climáticas naturales.

El segundo capítulo tiene como finalidad un análisis del clima actual, variabilidad climática así como la detección de señales del cambio climático en el estado de Jalisco durante el periodo comprendido de 1951 o antes a 2018 por temperatura y precipitación. Las técnicas de análisis son similares a trabajos realizados en diferentes partes del mundo siguiendo estándares establecidos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en los cuales se han realizado control de calidad de los datos y homogenización de los mismos. Su valor radica en el tamaño de la escala de trabajo que permitirá obtener datos como los índices de cambio climático, anomalías de temperatura y su representación cartográfica, útiles para realizar estudios de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Además, se muestra su cartografía construida en una base de datos de INEGI actualizada hasta 2015-2018. La cartografía muestra los campos de temperatura mínima, media, máxima y precipitación, siendo los principales parámetros climáticos. También se construyen el mapa de clasificación climática de Jalisco basándose en la técnica de Vladimir Köppen. A partir de los datos de modelos globales y regionales se construyen campos de temperatura para varios periodos del siglo XXI y se discute la perspectiva y tendencias de ésta. Se analizan las tendencias de precipitación a escala estado, así como otras características del régimen de precipitación, las cuales marcan la preferencia a un clima más seco a mediados y fin del siglo presente.

El cambio climático traerá diversos efectos negativos a los ecosistemas y sociedad, consecuencia del aumento de temperatura y cambios en los patrones de precipitación, los cuales se estima sean más extremos y representen retos de escasez de agua y en su contraparte causen daños a la

infraestructura y equilibrio natural por fenómenos hidrometeorológicos extremos e inundaciones. Los retos a escala global son cada vez mayores debido a la aceleración del cambio climático. A nivel nacional, las consecuencias serán diferenciadas a escala regional y se verán exacerbadas por factores económicos, sociales y políticos.

La gestión de los recursos hídricos en México no considera los escenarios de cambio climático para asegurar la disponibilidad y calidad del agua según sus usos, y tiene el reto de contar con atribuciones diferenciadas entre los distintos órdenes de gobierno. En Jalisco, los efectos del cambio climático serán diferenciados en la costa y en la sierra, y la demanda de la agricultura e industria lo hace particularmente sensible a presentar conflictos por el agua en el futuro. Para atender estas problemáticas y minimizar sus impactos, una visión integral de la gestión de recursos hídricos, que considere el ciclo hidrológico, la función de los ecosistemas y las acciones comunitarias contribuirían al aumento de resiliencia ante el cambio climático y a la seguridad hídrica en el futuro. Sobre esta problemática narra el tercer capítulo del libro, mientras el efecto de cambio climático en agricultura se explica en su cuarto capítulo.

El sector agrícola, es naturalmente vulnerable a los efectos del cambio climático, porque con excepción de los sistemas de agricultura protegida, el resto de los sistemas de producción de cultivos está sujeto a la variabilidad del clima, la cual se ha exacerbado con la presencia del cambio climático. El cambio climático implica cambios en el agroclima para los cultivos, los cuales se derivan de cambios atmosféricos (que se traducen en modificaciones de patrones climáticos) y de la interacción de éstos con las características de los suelos de las áreas agrícolas. De acuerdo con estudios previos, en Jalisco, el cambio agroclimático más tipificado hasta ahora consiste en un incremento de la temperatura, una disminución de los días con lluvia y de la precipitación anual, mayor disponibilidad de radiación solar, menor humedad relativa y mayor evapotranspiración, lo cual se ha venido traduciendo en una estación de crecimiento más corta y con mayor déficit hídrico, redundando en pérdidas de rendimiento en las cosechas. A futuro, los modelos de circulación global pronostican que estas tendencias no variarán o se acentuarán, por lo que es necesario que se implementen medidas de adaptación que permitan mejorar la resiliencia de los agrosistemas estatales. Dentro de las estrategias más relevantes que han implementado productores agrícolas e investigadores para reducir el impacto del cambio climático en la producción agrícola, se encuentran el mejoramiento de la calidad de los suelos y el mejoramiento genético de los cultivos.

En el siguiente capítulo se analiza la relación y efectos entre el clima y los bosques de Jalisco. Comienza haciendo una caracterización de los bosques en el estado, en términos de superficie, distribución y composición de especies. A continuación, se realiza una presentación del rol que juegan los bosques en el ciclo del carbono y su importancia como reservorios o sumideros de carbono. También se abordan los posibles impactos del cambio climático en diversas áreas como son; incendios forestales, plagas y la migración de especies de manera natural y asistida. Se incluye además un breve apartado sobre la importancia de los bosques urbanos para el control del clima en las ciudades y el capítulo finaliza discutiendo la importancia de la implementación de objetivos y metas vinculados al cambio climático en la gestión de los bosques del estado.

A partir del sexto capítulo se cuestiona el aspecto social en Jalisco y cambio climático. Hablar de vulnerabilidad social y cambio climático es enfrentar una serie de aspectos que limitan el desarrollo y el bienestar de la población, es tocar aspectos que van desde riesgos y peligros asociados con la producción de alimentos, el almacenamiento de los mismos, la seguridad del patrimonio y vivienda, el acceso a fuentes de empleo, la posibilidad de limitar el recreo, el descanso e incluso la certidumbre o no, de saber si la creciente de un río o el deslave de un cerro mantendrá a salvo a los integrantes de una familia. Este capítulo, trata de explicar de alguna forma, desde cuando y como se ha venido desarrollando este fenómeno; identifica cuales son los grupos sociales vulnerables al cambio climático; finalmente presenta y sugieren algunas medidas de atención y mitigación a nivel internacional, nacional y estatal a nivel Jalisco para reducir la vulnerabilidad y responder ante situaciones de emergencia.

En el capítulo siete se analizan los aspectos socioculturales para la comprensión y el diseño de acciones climáticas. Se pretende que las ideas expuestas sirvan de referencia para enriquecer la comprensión y diseño de acciones climáticas, tanto de mitigación y adaptación. Para lograrlo, presentamos como ejemplo, aportaciones de diferentes estudios, que tuvieron como objeto de estudio la comprensión de los aspectos socioculturales que caracterizan la toma de decisiones algunas comunidades en torno a las consecuencias del cambio climático. Dichos estudios refieren a investigaciones en salud ambiental que han adoptado un enfoque apegado a la tradición cualitativa de investigación, así como contribuciones de estudios en el estado de Jalisco. A partir de esta revisión de literatura, concluimos que es fundamental incorporar elementos de investigación participativa y alfabetización climática bajo la noción de complejidad y transdisciplina

en los estudios de cambio climático que integran la dimensión social. Esto podría permitir transitar hacia estrategias de adaptación eficientes.

Los capítulos ocho y nueve analizan los factores locales tales como parques urbanos y sus vínculos con el cambio climático, así como el cambio del uso del suelo mediante la expansión urbana y formación de islas de calor que alteran bioclima local. Los parques urbanos proporcionan invaluable servicios ambientales que permiten que las sociedad reciban beneficios como salud, bienestar, actividades recreativas en contacto con la naturaleza, son reguladores climáticos, para la biodiversidad representan zonas de refugio, alimentación y reproducción de fauna como aves, insectos y anfibios, el arbolado urbano presente en los bosques urbanos, funciona también como captador de contaminantes, retiene agua de lluvia, su belleza paisajística tiene beneficios directos a la salud mental, física y emocional de las personas y en atención al tema que nos ocupa, son particularmente esenciales ante la vulnerabilidad por el cambio climático. El trabajo presente aborda los vínculos que mantienen los bosques urbanos y las ciudades con el cambio climático, la disertación se enfoca en el ámbito de las estrategias multidimensionales de la agenda 2030 para atender los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS), además de documentar la problemática con datos internacionales y locales, finaliza con una propuesta que en manos de tomadores de decisión orienta acciones de agenda y políticas públicas.

La calidad de vida de los habitantes se ve afectada por la variación generalizada de los eventos climáticos y meteorológicos globales junto con las condiciones microambientales de las grandes ciudades. Las islas de calor que prevalecen en ciudades densamente construidas están modelando nuevos microclimas en áreas pobladas, lo que se convierte en riesgo de exposición a condiciones de estrés térmico. El presente trabajo realiza un elaborado estudio de la variación térmica de la Zona Conurbada de Guadalajara (ZCG) a partir del análisis de datos de las estaciones meteorológicas de la Red Automática de Monitoreo Ambiental (AEMN), proporcionado por la Comisión Estatal de Ecología de Jalisco. La serie de datos incluye registros horarios de temperaturas y humedad relativa, durante un período de 22 años entre 1996 y 2018. Entre los resultados más importantes del trabajo se encuentra un aumento de las temperaturas máximas, mínimas y, como consecuencia, la intensidad de la isla de calor de la ZCG. Además, el rango de oscilación de la temperatura también se elevó durante las dos últimas décadas, marcando la presencia de un clima más extremo en comparación con el siglo pasado.

Finalmente, en el último capítulo se revisan las normas y políticas de gestión climática en Jalisco y su suficiencia en aplicación y uso. Después de 30 años de escepticismo acerca de la naturaleza del cambio climático, hoy en día, existe un reconocimiento de que el cambio climático es el producto de la acción antropógena bajo una visión y gestión fallida sobre el uso de los recursos que el planeta nos brinda para nuestra subsistencia. Para salvaguardar el desarrollo en áreas afectadas por la variabilidad y el cambio climático es necesario gestionar los riesgos asociados a las amenazas climáticas. La identificación y reducción de estos riesgos puede ayudar a proteger a las personas, sus medios de vida y sus bienes. La gestión del riesgo climático se debe centrar en el desarrollo de sectores que, como la agricultura, los recursos hídricos, la seguridad alimentaria, la salud, el medio ambiente y los medios de subsistencia, son muy sensibles al cambio y a la variabilidad del clima. Así la gestión y la prevención de los riesgos climáticos implica no sólo el replanteamiento de los modelos de desarrollo, las políticas y los marcos institucionales tradicionales, sino también el fortalecimiento de las capacidades locales, nacionales y regionales para diseñar e implementar medidas de gestión de riesgos, mediante la coordinación de una amplia gama de actores, entre los que se encuentran gobierno, sector económico, organizaciones no gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y miembros de la comunidad científica.

Historia del clima en Jalisco

Valentina Davydova Belitskaya

Resumen

Este capítulo del libro narra la historia en Jalisco desde el punto de vista el clima, así como su modificación progresiva a causa de éste desarrollo, especialmente el cambio de uso del suelo. También, se describen las características geográficas y físicas del estado siendo factores climáticos naturales.

Se aspiró explorar cuál es la importancia de la reconstrucción de la historia reciente del clima en Jalisco y el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), la capital del estado. Además, se revisaron los factores climáticos regionales tales como relieve, suelos, tipos de vegetación, cuerpos de agua, y se analiza la dinámica poblacional del estado en general y en la AMG. Brevemente, se examina la instalación de la red climática y de los observatorios sinópticos del estado, como la cantidad y suficiencia de los registros climatológicos acumulados.

I.1 Introducción

De acuerdo a Conde Álvarez y Ospina Noreña (2014) estudiar el clima de una región a lo largo del tiempo, cuando menos de un período climático representativo de 30 años (WMO, 1992; OMM, 2018), nos permite advertir la capacidad modificadora que tiene el hombre sobre el clima por encima de su versatilidad normal. Un excesivo progreso industrial el cual se sostiene en creciente uso de combustibles fósiles han condicionado un problema mayor que el día de hoy se conoce como calentamiento global y como consecuencia, el cambio climático el cual impacta a cada nación del planeta, (IPCC, 2010). Es decir, la forma en cómo el humano ha hecho uso

de los recursos naturales y del suelo que lo sostiene, han modificado el ambiente haciéndolo frágil y mucho más vulnerable ante siniestros del clima. A lo sumo, el actual aprovechamiento desmesurado de recursos naturales y cambio de uso del suelo que se adapta a las necesidades progresivas de una sociedad tales como desarrollo económico en general más crecimiento caótico de las manchas urbanas ha logrado incidir en las características del ambiente y modificar significativamente el clima local.

Éste capítulo trata de explorar cuál es la importancia de la reconstrucción de la historia reciente del clima en Jalisco y el Área Metropolitana de Guadalajara, la capital del estado. Además, se revisan los factores climáticos regionales tales como relieve, suelos, tipos de vegetación, cuerpos de agua, y se analiza la dinámica poblacional del estado en general y en la AMG. Brevemente, se examina la instalación de la red climática y de los observatorios sinópticos del estado, además de la cantidad y suficiencia de los registros climatológicos acumulados.

I.2 Antecedentes históricos del clima en Jalisco

El relieve de Jalisco presenta una gran variedad de formas, alturas y desniveles; está compuesto por grandes y altas montañas, llanuras, extensas mesetas, colinas, valles y depresiones. Las desigualdades de la superficie terrestre, afectan la distribución de la temperatura y la presión, ya que ambas disminuyen con la altura de acuerdo a leyes adiabáticas (Coulter, 1967). Las montañas modifican la precipitación, porque representan barreras ante el paso de las formaciones nubosas, que al chocar por el lado de barlovento se producen abundantes lluvias, mientras que en la vertiente contraria el viento que se desliza, es seco y más cálido (Coulter, 1967; Davie, 2008; Huggett, 2011)

El estado abarca porciones de cuatro fisiográficas de México: la fracción sureste de la Sierra Madre Occidental, parte sur de la Altiplanicie Mexicana o Mesa del Centro, las zonas norte y oeste del Eje Neovolcánico Transversal y, por último, la sección noroeste de la Sierra Madre del Sur. De acuerdo al mapa de las regiones climáticas de México, el estado de Jalisco se encuentra asentado en cuatro de las once regiones en las que está dividido el país. Estas son: Pacífico Central, Centro, Cuenca del Río Balsas. Siendo la región centro la que ocupa más parte del territorio del estado.

Dada la localización de México, dentro de los trópicos y algo distante de las zonas del planeta dominadas por ecosistemas templados, la presencia

de estos en el país se relaciona con el efecto de la altitud y con su vínculo al clima. A mayor altitud la temperatura baja, incluso hasta permitir zonas de nieve perpetua en las cimas de las montañas más altas, por lo que los ecosistemas templados de Jalisco, México, se asocian estrechamente con las zonas montañosas (Tamayo, 1990). La presencia, distribución y variabilidad de los ecosistemas templados en las sierras y serranías del estado no sólo depende de la existencia misma de éstas, sino de otros factores como son la abundancia y la estacionalidad de la lluvia, el tipo de suelo, la orientación de la ladera con respecto al sol y la historia biogeográfica de la zona, entre otros, determinan la distribución de los ecosistemas en lo que se ha llamado “pisos ecológicos” de las zonas montañosas.

La posición geográfica del estado de Jalisco lo ubica dentro de una zona intertropical. Aun así, posee una gran diversidad de climas debido a la heterogeneidad de su relieve y la influencia que tiene el país de diversos cuerpos de agua que rodean al país, como son el Océano Pacífico y el Golfo de México, junto con cuerpos locales como el lago de Chapala (Barrera y Zaragoza, 1998). Por todo ello se requiere de una clasificación del clima de Jalisco, ya que describe el comportamiento de fenómenos meteorológicos como la temperatura y precipitación.

El sistema de clasificación más utilizado a nivel mundial, también en México, es el de Vladimir Peter Köppen y fue creado en 1900. Aunque ha sido criticada y mejorada, sigue siendo hasta hoy uno de los métodos más conocidos y usados de clasificación climática (Peel, Finlayson, & McMahon, 2007). Los climas son definidos principalmente por los valores medios anuales y mensuales de la temperatura y de la precipitación (Inzunza, 2005).

La tarea de clasificación climática en México inició Enriqueta García, incluso en 1964, desarrolló un sistema de clasificación de Köppen modificado a partir de la inclusión del factor de vegetación (García Ámaro, 2004). Su punto de partida consiste en que la vegetación natural constituye un indicador del clima, y algunas de sus categorías se apoyan en los límites climáticos de ciertas formas de vegetales. Sin embargo, un intenso y continuo proceso de cambio de uso del suelo y modificación de la cubierta vegetal natural complica la actual aplicación de la clasificación climática modificada por García.

Para determinar los tipos de clima en México, la geógrafa Enriqueta García ha promovido la mejora de la red climatológica nacional para una ampliación de la red de observaciones meteorológicas iniciada todavía a finales del siglo XIX por el Ingeniero Mariano Bárcena, Jefe de la 1ra Comisión

Geográfica Exploradora del Territorio Nacional y primer director del Observatorio Meteorológico Central. Gracias a sus esfuerzos y los de sus seguidores, en 1901 México contaba con 31 estaciones meteorológicas estatales, 18 observatorios y estaciones independientes que transmitían vía telegráfica (CONAGUA, 2012).

Uno de éstos fue el observatorio de Guadalajara. Trece años antes que en México y diez años después que en Guanajuato, Guadalajara comenzó con la observación meteorológica y astronómica diaria en 1874, cuando el profesor naturista Lázaro Pérez, estableció un observatorio en su casa habitación a dos cuadras al poniente de catedral; este observatorio duró en la finca hasta 1885. En el Hospital Civil de Belén, estando como director Perfecto Bustamante, se fundó otro observatorio en 1887, el cual estuvo en servicio hasta 1898, atendido por estudiantes entrenados como observadores. Pero en 1890 quedó por fin fundado el Observatorio del Estado a iniciativa del ingeniero Agustín Pascal, quien fue su director. Este observatorio funcionó hasta 1899, reapareciendo en 1901 instalado en el teatro Degollado. En 1913, pasa del Degollado a la Escuela Libre de Ingenieros, en donde estuvo en servicio hasta 1925. En octubre del 1925 por fin se nombró como el “Observatorio del Estado” dirigido por Pbro. Severo Díaz Galindo, y se incorporó a la Universidad de Guadalajara, ocupando un espacio al oeste, afuera de la ciudad. A partir del año 1926 se inicia la serie histórica de registros meteorológicos interrumpibles hasta el día de hoy, los cuales dieron un fundamento sólido para las investigaciones del clima en la región, y el clima urbano de Guadalajara.

Sin embargo, a causa del caótico y brusco crecimiento de la capital de Jalisco, su mancha urbana prácticamente absorbió a este observatorio, ahora el Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara. Finalmente, en 1975 se crea el observatorio meteorológico de Guadalajara, dependiente del Servicio Meteorológico Nacional, el cual actualmente forma parte de la Comisión Nacional del Agua. Este observatorio es de tipo sinóptico, es decir con registros de todos los elementos meteorológicos y está ubicado en el parque “Los Colomos”, dejando el Instituto de Astronomía y Meteorología solo con varias responsabilidades académicas de investigación y difusión de servicio del pronóstico meteorológico para los jaliscienses.

Actualmente en Jalisco operan cuatro observatorios sinópticos: en Guadalajara, Colotlán, Lagos de Moreno y Ciudad Guzmán. Además, se instaló una red climatológica, la cual cuenta con alrededor de 300 estaciones con

registros diarios de temperatura y precipitación. La mayoría de estaciones cuentan con series a partir de los años 50-60s. Desafortunadamente la gran mayoría de éstas no solo en Jalisco sino en todo el país no cuentan con metadatos o información sobre su exacta ubicación, cambios de ubicación, tipo de instrumentación, prácticas de observación, fechas de calibración, sustitución de equipos de observación, etc. Ésta información es necesaria para efectos de transparencia y procesamiento sobre las bases de datos según enfatiza el Panel Intergubernamental sobre el cambio Climático (2010).

Ya es bien evidente que el cambio climático generará modificaciones en las diferentes variables meteorológicas y estas a su vez devolverán efectos sobre los sistemas ambientales de acuerdo a su sensibilidad climática. Las modificaciones de elementos meteorológicos también afectarán las actividades humanas prácticamente en todos los sectores. Es decir, el problema de cambio climático actual fue inducida por el hombre y ahora el hombre deberá enfrentar las consecuencias de sus acciones. Para identificar las relaciones sobre los impactos del clima en los diversos sistemas o sectores se requiere identificar largas series de datos observados y, mediante su análisis estadístico adecuado construir una línea base o período de referencia para representar las condiciones actuales. Solo a partir de largas series de registros de calidad se puede visualizar las verdaderas tendencias de variables climáticas, incluso permiten identificar las posibles casualidades de éstos y posibles impactos sobre otros componentes de interés (Conde Álvarez & Ospina Noreña, 2014). Lo explicado anteriormente demuestra la importancia de contar con una buena y densa red de estaciones climatológicas especialmente para los estudios locales y regionales.

I.3 Estadísticas básicas de Jalisco

El estado de Jalisco se localiza en la región media occidental del país entre las siguientes coordenadas $22^{\circ} 45'$ al norte y $18^{\circ} 55'$ al sur de latitud, de longitud al este $101^{\circ} 28'$ y al oeste $105^{\circ} 42'$. Posee una extensión territorial de 77965.88km^2 (INEGI, 2014) la cual representa el 4% de la superficie del país. Colinda con el Estado de Nayarit hacia el noroeste; Zacatecas y Aguascalientes hacia el norte; Guanajuato y San Luis Potosí hacia el este y Colima y Michoacán hacia el sur; y hacia el poniente una franja costera de 351 km con el Océano Pacífico. Su localización geográfica lo hace estar situado en una de las regiones más importantes de México (Figura I-1) ya que constituye la transición entre las regiones biogeográficas neártica y neotropical (Challenger, 1998; Rzedowski, 2006).



Figura I-1. Localización, límites y relieve del estado de Jalisco. Fuente: Navarro Rodríguez, 2015

Su relieve es complejo, producto de múltiples procesos geológicos que se han presentado durante los períodos terciario y cuaternario, es decir hace aproximadamente 65 y 10 millones de años.

Uno de los principales atributos naturales del estado lo constituye el hecho de ser una zona de superposición de tres grandes provincias fisiográficas del territorio mexicano; Jalisco es la zona de contacto entre la Sierra Madre Occidental y el Sistema Neovolcánico o Eje Neovolcánico, entre la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur y entre esta última y el Sistema Neovolcánico. De allí la gran variedad de aspectos morfológicos, así como una gran variedad de climas y paisajes naturales (Barrera y Zaragoza, 1998).

El relieve de Jalisco se caracteriza por el predominio de las montañas y la ausencia total de extensas llanuras. En la parte nororiental predominan sierras, con una altitud de hasta 2 850 metros sobre el nivel del mar, separadas por pequeñas llanuras. En el norte hay cañones con 400 msnm y sierras con 2 860 msnm, entre ellos hay valles estrechos, lo que condiciona vientos muy intensos, característicos de la región. En el centro, al sur de la ciudad de Guadalajara se encuentra el Lago de Chapala; en el occidente y suroccidente, predominan las sierras de origen volcánico. Ésta topografía

más la disponibilidad de recursos naturales han sido una influencia determinante sobre el desarrollo socioeconómico del estado y el proceso de concentración de la población en su fase inicial y, después por el propio desarrollo económico de las mismas (CONAGUA, 2009).

I.4 Uso del suelo y vegetación

La relación existente entre el clima y la vegetación fue planteada por Teofrasto en el siglo III a.C. (Theophrastus, 2016). La vegetación influye en el clima a través de factores físicos, químicos y biológicos que afectan a la energética del planeta, el ciclo hidrológico, y la composición atmosférica. Estas complejas interacciones entre la vegetación y la atmósfera pueden amortiguar o amplificar el cambio climático antropogénico. De acuerdo a la clasificación de Rzedowski (1978) adaptada de los datos de la Serie V de uso de suelo y vegetación del (INEGI, 2014a), en el estado de Jalisco podemos encontrar los siguientes tipos de vegetación (Cuadro I-1). Se encontró que las coberturas dominantes son la agricultura, el bosque tropical caducifolio y los bosques templados. Como puede observarse en las figuras I-2 y I-3.

Cuadro I-1. Tipos de coberturas del suelo y comunidades vegetales del estado de Jalisco.

Tipo de Cobertura	Porcentaje (%)
Agricultura	24.41
Área sin vegetación	0.13
Área Urbana	0.91
Bosque de coníferas	12.25
Bosque de Quercus	17.3
Bosque mesófilo de montaña	0.29
Bosque tropical caducifolio	21.08
Bosque tropical subcaducifolio	3.91
Cuerpo de agua	1.82
Matorral xerófilo	0.77
Otros tipos de vegetación	0.19
Pastizal antropogénico	6.12
Pastizal natural	9.05
Vegetación secundaria	1.77

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2013a; 2014a.

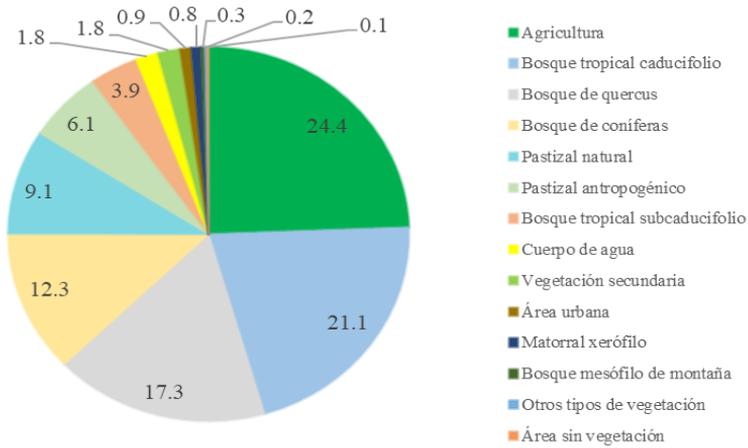


Figura I-2. Tipos de coberturas del suelo y comunidades vegetales del estado de Jalisco (%). Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2013a; 2014a)

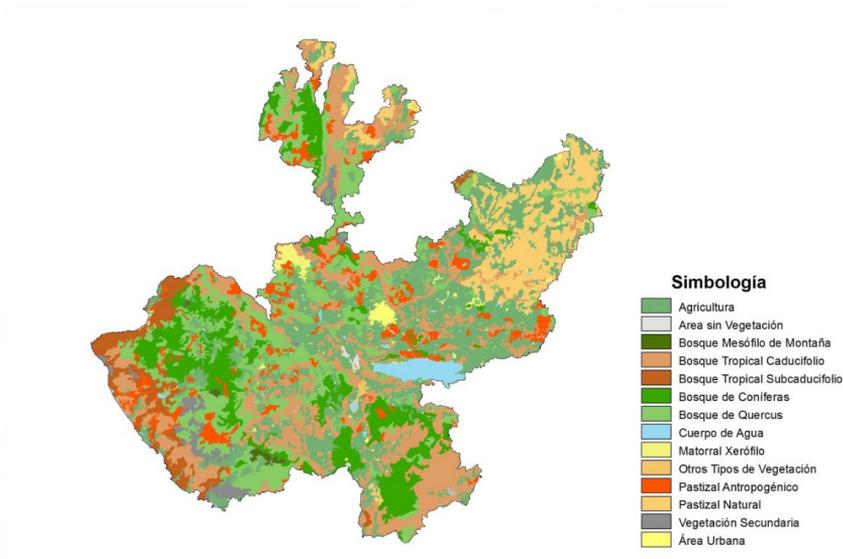


Figura I-3. Uso de suelo en el estado de Jalisco según estadísticas de INEGI (2013a; 2014a). Fuente: Navarro Rodríguez, 2015.

I.5 Hidrología

El estado de Jalisco, se encuentra dentro de la vertiente del Pacífico. Corrientes importantes como el río Lerma, Santiago, Verde, Armería, Coahuayana y Ameca surcan su territorio. Además, inviste el sistema lacustre más grande e importante del país, el lago de Chapala, que ocupa una extensión de 1,102 km² (CONAGUA, 2009). El análisis hidrológico consideró que el estado de Jalisco cuenta con 21 cuencas hidrográficas cuya colocación se muestra en la figura I-4.

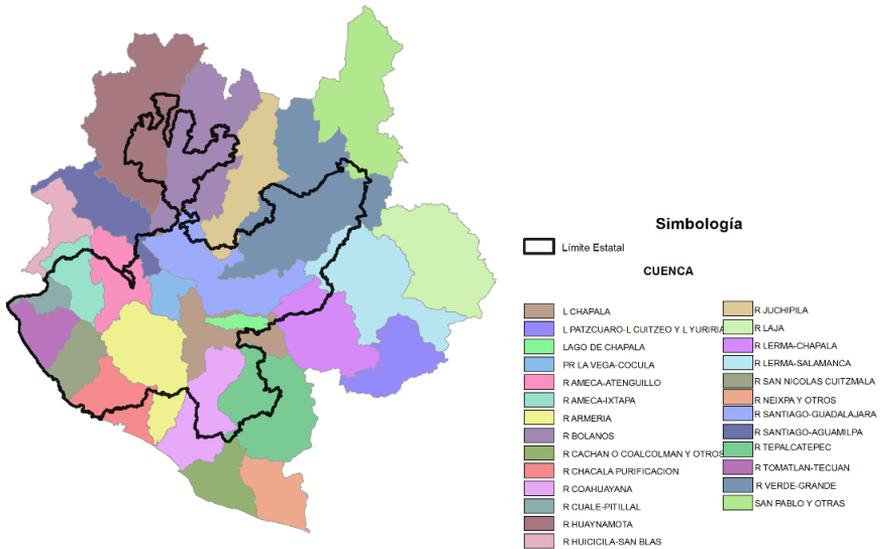


Figura I-4. Cuencas hidrográficas del estado de Jalisco. Fuente: Navarro Rodríguez, 2015.

La red fluvial del estado es muy amplia, se compone principalmente con el río Lerma que tiene sus orígenes en los estados de México y recibe escurrimientos de sus afluentes en el estado de Querétaro, Guanajuato y Michoacán, este alimenta el lago de Chapala; aguas debajo de este importante cuerpo, el río Santiago cruza todo el estado formando el sistema Lerma-Santiago recibiendo escurrimientos provenientes de afluentes en Zacatecas y Aguascalientes, descargando finalmente grandes caudales en el Océano Pacífico. Otras corrientes importantes como el río Armería,

Coahuayana y el Ameca, tienen sus orígenes en las montañas de las Sierra Madre Occidental y del Sur y también descargan sus escurrimientos en el Océano Pacífico.

Esta riqueza fluvial más 59 acuíferos distribuidos en 28 zonas geohidrológicas (CONAGUA, 2009; 2011) condicionaron un abundante crecimiento de los bosques y pastizales naturales, pues a pesar de un intenso desarrollo de actividades agrícolas y extensión de los campos agrícolas, las áreas boscosas todavía se extienden sobre un poco más de la mitad del territorio del estado (55%).

Desafortunadamente un rápido crecimiento de las manchas urbanas sumado a las necesidades de campo ha deteriorado severamente tanto la cantidad como la calidad de agua dulce en la tierra jalisciense. A partir del análisis de disponibilidad y demanda de agua en la zona metropolitana de Guadalajara (Davydova Belitskaya, 2015) se diagnostica la escasez del recurso hídrico o déficit en su abastecimiento y, como resultado, sobreexplotación de sus acuíferos. Este problema de cantidad de agua se complica con la de calidad, ya que desde hace 470 años la zona conurbada de Guadalajara arroja sus aguas negras al río Santiago sin estar tratadas (CEA, 2009).

El aspecto fundamental de la urbanización es el rápido crecimiento de la población acompañado por una planificación inadecuada, la contaminación, la pobreza, y demandas que compiten por el recurso. A pesar de estar detectado desde hace años el sobreuso de los acuíferos que abastecen la zona conurbada de Guadalajara, los mismos continúan siendo explotados progresivamente extrayendo a costa de almacenamiento no renovable del acuífero. Esta sobre explotación de acuíferos, más su excesiva e irreversible contaminación aunado a un crecimiento caótico progresivo de ciudades, condicionan el deterioro y, finalmente, expiración de los cuerpos de agua dulce, irrumpiendo los procesos de filtración, evaporación y régimen de humedad en la región, lo cual inevitablemente se resume en una modificación y cambio del clima regional o local.

I.6 Desarrollo poblacional y crecimiento urbano

De acuerdo a la información del Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (2020), el estado de Jalisco cuenta con una población por arriba de 8 millones (Cuadro I-2) mostrando un crecimiento polinómico de segundo grado con una varianza explicada del modelo (R^2) de 97%.

De acuerdo a la misma fuente, actualmente el 61% de los jaliscienses reside en la zona metropolitana de Guadalajara la cual está integrada por ocho municipios: Guadalajara, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán e Ixtlahuacán de los Membrillos; mientras el censo en el 1950 registró en ésta solamente un 28% de la población total del estado. Este acrecentamiento de la población en la zona metropolitana de Guadalajara se intensificó a partir de los años 50 manteniendo altas tasas de repoblación hasta la década de los setentas (Fig. I-5), condicionando un rápido crecimiento de la mancha urbana, y como consecuencia, un intenso cambio de uso del suelo en la región, asimismo la destrucción de los ecosistemas naturales de la región.

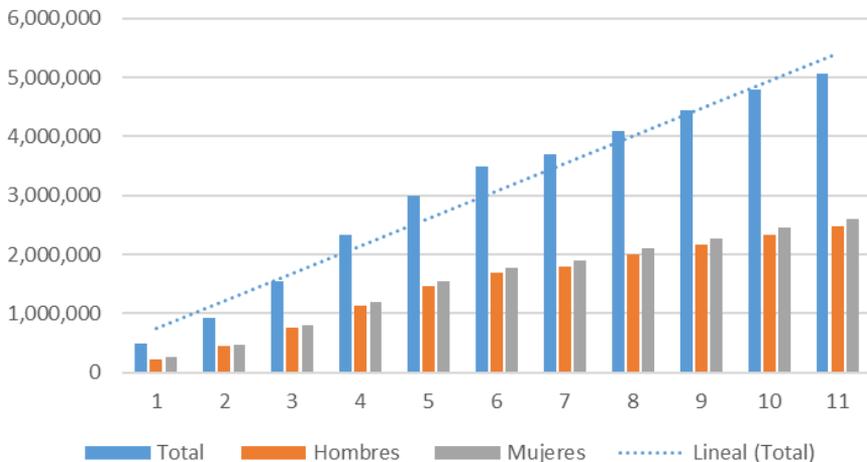


Figura I-5. Crecimiento de la población en la zona metropolitana de Guadalajara: 1950-2020. Fuente: Elaboración propia con datos de IIEG, 2020.

La rápida modificación del entorno natural se puede observar mediante las estadísticas de temperatura, asimismo en un cambio significativo del régimen y la intensidad de la precipitación. Es decir, las ciudades en su crecimiento aportan a los registros climáticos modificaciones térmicas, de humedad, cambio en el régimen de precipitación, que les imprime un perfil particular y diferenciado con los alrededores (Davydova Belitskaya & Skiba, 1999; Davydova Belitskaya et al., 1999; Ulloa et al., 201; Davydova Belitskaya et al., 2019).

**Cuadro I-2. Desarrollo poblacional En Jalisco y su zona metro-
politana (IEEG, 2020)**

PERIODO 1950-1995						
Población en Jalisco	1950	1960	1970	1980	1990	1995
Total	1,746,777	2,443,261	3,296,586	4,371,998	5,302,689	5,991,176
Hombres	844,953	1,207,858	1,631,778	2,133,088	2,564,892	2,923,921
Mujeres	901,824	1,235,403	1,664,808	2,238,910	2,737,797	3,067,255
Población en ZMG	28%	37%	47%	53%	57%	58%
Total	490,129	915,193	1,544,137	2,335,690	3,003,868	3,482,417
Hombres	228,241	442,263	751,832	1,133,842	1,454,795	1,699,805
Mujeres	261,888	472,930	792,305	1,201,848	1,549,073	1,782,612
PERIODO 2000-2020						
Población en Jalisco	2000	2005	2010	2015	2020	
Total	6,322,002	6,752,113	7,350,682	7,844,830	8,363,277	
Hombres	3,070,241	3,278,822	3,600,641	3,835,069	4,092,153	
Mujeres	3,251,761	3,473,291	3,750,041	4,009,761	4,271,124	
Población en ZMG	59%	61%	60%	61%	61%	
Total	3,699,136	4,095,853	4,434,878	4,796,603	5,066,976	
Hombres	1,799,946	1,995,435	2,171,514	2,341,401	2,474,598	
Mujeres	1,899,190	2,100,418	2,263,364	2,455,202	2,592,378	

Fuente: Elaboración propia con datos de IIEG, 2020.

I.8 Reflexiones finales

El presente capítulo ofrece un acercamiento al estudio del clima en Jalisco desde la perspectiva de los factores que prescriben el clima de la región, así como los determinantes o causas de su modificación, inducidos por acciones humanas. Según el Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC), México está entre los países más vulnerables ante el fenómeno de cambio

climático; por sus características geográficas, condiciones socioeconómicas y su grado de susceptibilidad o incapacidad para enfrentar sus impactos (INECC, 2018).

Es por eso que debemos adoptar una visión más integrada sobre las interrelaciones entre el desarrollo urbano, cambio de uso del suelo y la respuesta del medio ambiente marcada en un clima cambiante, que nos obliga tomar las acciones de adaptación a corto, mediano y largo plazo.

Para detectar la intensidad o grado de cambio climático y sus posibles impactos, se muestra la relevancia de contar con una buena red de estaciones climatológicas que contengan registros con períodos largos de datos observados y confiables para un certero análisis el cual debe cimentar la toma de decisiones en la gestión climática en Jalisco.

I.9 Referencias bibliográficas

- Barrera Rodríguez, R. O., & Zaragoza Vargas, F. (1998). *Las estructuras del relieve del estado de Jalisco*. Obtenido de Proyecto “Ordenamiento ecológico del estado”: <http://siga.jalisco.gob.mx/moet/SubsistemaNatural/GeologiaYGeomorfologia/sintgeo.htm>
- CEA Comisión Estatal del Agua Jalisco. (2009). *Conoce tu cuenca*. Recuperado de <http://www.ceajalisco.gob.mx/conoce.html>
- Challenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*. Ciudad de México, Distrito Federal, México: Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad / Instituto de Biología, UNAM y Agrupación Sierra Madre, S.C.
- CONAGUA Comisión Nacional del Agua. (2009). *Programa Hídrico Visión 2030 de Estado de Jalisco*. Ciudad de México, D.F.: CONAGUA. Obtenido de [https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/Programa Hídrico Visión del Estado de Jalisco.pdf](https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/Programa%20H%C3%ADrico%20Visi%C3%B3n%20del%20Estado%20de%20Jalisco.pdf)
- CONAGUA Comisión Nacional del Agua. (2011). *Estadísticas del agua en México, edición 2011*. Ciudad de México: SEMARNAT. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.PDF>
- CONAGUA Comisión Nacional del Agua. (2012). *Servicio Meteorológico Nacional: 135 años de historia en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Obtenido de Servicio Meteorológico Nacional - CONAGUA: <https://smn.conagua.gob.mx/es/smn/historia>
- Conde Álvarez, A. C., y Ospina Noreña, J. E. (2014). ¿Por qué y para qué la historia del clima? En J. E. Ospina Noreña, C. Gay García, & A. C. Conde Álvarez (Edits.),

- Historia del clima de la ciudad de México: Efectos observados y perspectivas* (Primera ed., págs. 15-19). Ciudad de México, Distrito Federal, México: Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México - Instituto de Ciencia y tecnología del Gobierno Federal.
- Coulter, J. D. (1967). Mountain climate. *Proceedings of the New Zealand Meteorological Service* (págs. 40-57). Wellington: New Zealand Meteorological Service. Obtenido de <https://newzealandecology.org/nzje/2561.pdf>
- Davie, T. (2008). *Fundamentals of Hydrology* (Second ed.). London and New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Davydova Belitskaya, V. (2015). Agua y urbanización: los desafíos del presente y visión a futuro en la zona metropolitana de Guadalajara. En *Salud ambiental en la zona metropolitana de Guadalajara: Imaginando futuros diferentes* (Primera ed., págs. 153-174). Zapopan, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara.
- Davydova Belitskaya, V., & Skiba, y. (1999). Climate of Guadalajara City (Mexico), Its Variation and Change within Latest 120 Years. *World Resource Review*, 11(2), 258-270.
- Davydova Belitskaya, V., Godinez Carvente, A. L., Navarro Rodriguez, R., & Orozco Medina, M. G. (2019). Comparative analysis of average temperature trends in Jalisco, Mexico, based on original and homogenized series to estimate signs of Climate Change. *Journal of Enviromental Sciences and Natural Resources*, 5(15), 1-10. doi:DOI: 10.35429/JESN.2019.15.5.1.10
- Davydova Belitskaya, V., Skiba, Y., Bulgakov, S. N., & Martínez Zatarain, A. (1999). Modelación matemática de los niveles de contaminación en la Ciudad de Guadalajara, Jalisco, México. Parte I. Microclima y monitoreo de la contaminación. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 15(2), 103-111. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/26474688_Modelacion_matematica_de_los_niveles_de_contaminacion_en_la_Ciudad_de_Guadalajara_Jalisco_Mexico_Parte_I_Microclima_y_monitoreo_de_la_contaminacion
- García Ámaro, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. México, D.F., México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Huggett, R. J. (2011). *Fundamentals of geomorphology* (Third ed.). New York, Simultaneously published in the USA and Canada: Routledge Taylor and Francis Group. Obtenido de https://sudartomas.files.wordpress.com/2012/11/fundamentalsofgeomorphology_routledgefundamentalsophysicalgeography.pdf
- INEGI Instituto Nacional de Geografía Estadística e Información. (2013a). *Mapas/ Uso de suelo y vegetación*. Obtenido de Inicio/Temas/Uso de suelo y vegetación: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

- IIEG Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. (2020). *Estadísticas demografía*. Obtenido de Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco: https://iieg.gob.mx/ns/?page_id=846
- INEGI Instituto Nacional de Geografía Estadística e Información. (2014a). *Guía para la interpretación de cartografía : uso del suelo y vegetación : escala*. Obtenido de Mapas: https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/usuarios/meta-datos/guia_interusuarios.pdf
- INEGI Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. (2014). *Marco geoestadístico municipal 2014 versión 6.2*. (INEGI, Ed.) Obtenido de Mapas: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825004386>
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. (2010). *Expert meeting on detection and attribution related to anthropogenic climate change*. (C. F.-K. Thomas Stocker, Ed.) Geneva, Switzerland.
- Inzunza, J. (2005). Clasificación de los Climas de Köppen. *Revista Ciencia Ahora*, 15, 1-14.
- Navarro Rodriguez, R. (2015). Estudio de la variabilidad y tendencias del cambio climático en el estado de Jalisco durante el período 1961-2010. *Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Biología, CUCBA, Universidad de Guadalajara*, 116. Zapopan, Jalisco, México: Universidad de Guadalajara. Obtenido de http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5966/Navarro_Rodriguez_Rene.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- OMM Organización Meteorológica Mundial. (2018). *Guía de prácticas climatológicas* (Edición de 2018 ed.). Genève, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- Peel, M., Finlayson, B., & McMahon, T. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 1633-1644. doi:<https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (Primera edición digital ed.). Ciudad de México, Distrito Federal, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Tamayo, J. L. (1990). *Geografía moderna de México* (Décima ed.). México: Trillas.
- Theophrastus. (2016). *Enquiry into plants and minor works on odours and weather signs, with an English translation by Sir Arthur Hort* (Vol. 1). Wentworth Press.
- Ulloa, H., García, M., Pérez, A., Meulenert, & Ávila, D. (2011). Clima y radiación solar en los grandes ciudades: zona metropolitana de Guadalajara (Estado de Jalisco, México). *Investigaciones Geográficas*, 56, 165-175.
- WMO World Meteorological Organization. (1992). *International meteorological vocabulary* (Second ed.). Geneva, Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization. Obtenido de https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4712

Clima, cambio climático y sus perspectivas en Jalisco

Valentina Davydova Belitskaya

Resumen

Se formaliza una investigación del clima actual, variabilidad climática, así como la detección de señales del cambio climático en el estado de Jalisco durante el periodo comprendido de 1951 o antes a 2018 por temperatura y precipitación. Las técnicas de análisis son similares a trabajos realizados en diferentes partes del mundo siguiendo estándares establecidos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en los cuales se han realizado control de calidad de los datos y homogenización de los mismos. Su valor radica en el tamaño de la escala de trabajo que permitirá obtener datos de anomalías de temperatura y su representación cartográfica, útiles para realizar estudios de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Además, se muestra su cartografía construida a partir de una base de datos de INEGI actualizada hasta 2015-2018. La cartografía muestra los campos de temperatura y precipitación, siendo los principales parámetros climáticos. También se construyen el mapa de clasificación climática de Jalisco basándose en la técnica de Vladímir Köppen.

A partir de los datos de modelos globales y regionales se construyen campos de temperatura para varios períodos del siglo XXI y se discute la perspectiva y tendencias de ésta. Se analizan las tendencias de precipitación a escala estado, así como otras características del régimen de precipitación, las cuales marcan la preferencia a un clima más seco a mediados y fin del siglo presente.

II.1 Introducción

El clima ejerce una enorme influencia en la naturaleza y en nuestras vidas, determina en gran medida la biodiversidad del planeta, la disponibilidad de recursos hídricos, el desarrollo de los cultivos que nos dan alimento y también influye en la cultura y en los medios de vida de cada región del mundo (World Bank, 2010).

En la actualidad, el cambio climático es uno de los problemas que tiene mayores repercusiones en la economía, salud ambiental y la calidad de vida de la población mundial. Es preciso definirlo, para poder entender y mitigar los efectos adversos del mismo. Si bien los cambios climáticos se han dado de forma natural desde que empezó la vida en nuestro planeta, en las últimas décadas las actividades antropogénicas han provocado que el cambio ocurra no a causas naturales (Budyko, 1977) sino a causa de una alta concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) producidos por el hombre en su desarrollo socio-económico y muy concretamente industrial. Además, se tiene registro que el cambio climático regional es mucho más acelerado en comparación al cambio observado a nivel global (IPCC, 2007).

Basándose en los escenarios de tendencia global de la concentración de dióxido de carbono desarrollados por los especialistas del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), fueron construidas proyecciones de temperatura a escala global que indican un incremento de ésta de 1.4 a 5.8 °C para finales del siglo XXI (IPCC, 2007; 2014).

Por lo tanto, el cambio climático es un problema a largo plazo que ha estado desarrollándose durante las últimas décadas. A pesar de la incertidumbre sobre la magnitud exacta de los cambios globales en la temperatura y la precipitación, los científicos y tomadores de decisiones por igual aceptan ampliamente que la variabilidad del clima probablemente se desviará significativamente de sus patrones históricos (OMM, 2005).

De acuerdo a diversos estudios en varios países en vías de desarrollo, se ha demostrado que cuando se aplican los avances en climatología como herramientas de apoyo en la planificación y toma de decisiones, se pueden obtener beneficios sociales y económicos a partir de la reducción de la vulnerabilidad ante la variabilidad climática (Tarhule & Lamb, 2003; Nicholls & De la Vega-Leinert, 2008). También en nuestro país, un tema muy importante en el que debemos trabajar es la adaptación al cambio climático, ya que sufre de una alta vulnerabilidad en las actividades que desempeñan los

diversos niveles socioeconómicos. La capacidad de adaptación a los cambios en el clima, conlleva a suponer que los sistemas socioeconómicos son capaces de enfrentar estos cambios y que las posibilidades de crear estrategias de adaptación son muy factibles (World Bank, 2010; Chambwera & Heal, 2014).

Este estudio tiene como finalidad un análisis del clima, variabilidad climática, así como la detección de señales del cambio climático en el estado de Jalisco durante el periodo comprendido de 1951 a 2015. Las técnicas de análisis son similares a trabajos realizados en diferentes partes del mundo (Nicholls & Alexander, 2007; Peterson, et al., 2008; Kioutsoukis, Melas, & Zerefos, 2010; Wang, et al., 2012; Wang, et al., 2012a; Kruger & Sekele, 2013; Ly, Seydou, Agali, & Benoît, 2013; Xu, et al., 2013) siguiendo estándares establecidos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático y la Organización Meteorológica Mundial en los cuales se han realizado control de calidad de los datos y homogenización de los mismos. Su valor radica en el tamaño de la escala de trabajo que permitirá obtener datos como los índices de cambio climático, anomalías de temperatura y su representación cartográfica, útiles para realizar estudios de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Jalisco.

II.2 Clima

Clima, condiciones de la atmósfera en un lugar particular durante un largo período de tiempo. Es la suma de los elementos atmosféricos y sus variaciones a largo plazo, lo que en períodos cortos de tiempo constituye el tiempo meteorológico. Estos elementos son radiación solar, temperatura, humedad, precipitación incluyendo tipo, frecuencia y cantidad, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento.

Desde los orígenes griegos antiguos de la palabra (*κλίμα*) y desde su uso más temprano en inglés, se ha entendido que el clima significa las condiciones atmosféricas que prevalecen en una región o zona determinada. En la forma más antigua, el clima, a veces se consideraba que incluía todos los aspectos del medio ambiente, incluida la vegetación natural. Las mejores definiciones modernas de clima lo consideran como la experiencia total del comportamiento meteorológico y atmosférico durante varios años en una región determinada. Es importante entender, que el clima no es sólo el “tiempo medio”, pues es una definición obsoleta y siempre inadecuada. Debe incluir no solo los valores promedio de los elementos climáticos que prevalecen en diferentes momentos, sino también sus rangos extremos y

variabilidad y la frecuencia de diversas ocurrencias. Así como un año difiere de otro, las décadas y los siglos se diferencian entre sí en una cantidad menor, pero a veces significativa. Por lo tanto, el clima depende del tiempo y los valores o índices climáticos no deben citarse sin especificar a qué años se refieren (Hayden, 2020).

Siguiendo estos lineamientos se determinó el tipo del clima basándose en series largas de estaciones climatológicas con registros de 1951 a 2015. La clasificación climática estimada según la metodología de Köppen-Geiger (Peel, Finlayson, & McMahon, 2007) se muestra en la figura II-1, mientras en el cuadro II-1 se estima el porcentaje de la superficie con su tipo del clima respectivo.

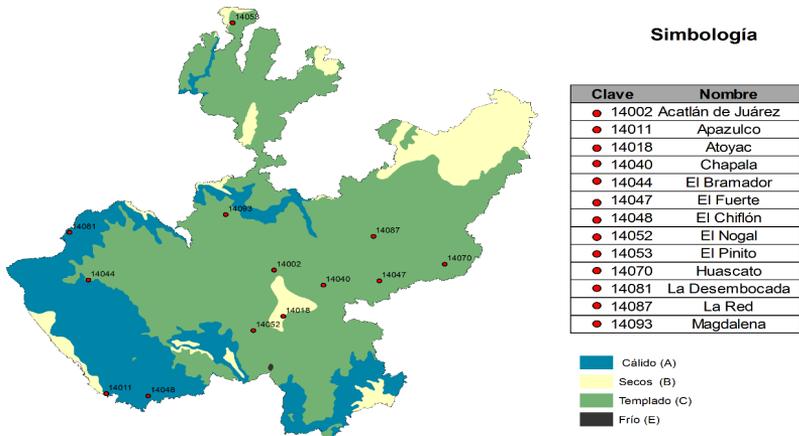


Figura II-1. Mapa climático del estado de Jalisco con las estaciones climatológicas de referencia. Fuente: Navarro Rodríguez, 2015.

Cuadro II-1. Tipos de climas según régimen de temperatura por Köppen-Geiger y su superficie respectiva en Jalisco (Peel, Finlayson, & McMahon, 2007).

Clasificación climática	Superficie, km²	Área en %
A	18352.33	23.5
B	9137.18	11.7
C	50418.23	64.7
E	54.57	0.1
Total	77962.31	100

Fuente: Navarro Rodríguez, 2015.

Aquí el clima tipo A (que se registra en un 23.5% del área estatal) es un clima tropical mesotermal. Se caracteriza por tener una temperatura anual mayor a 22°C y una temperatura media del mes más frío mayor de 18°C, mientras grupo de clima tipo B observado en un 11.7% del territorio es seco y se caracteriza con temperaturas diversas. Hay climas secos muy cálidos, hasta secos con temperaturas semifrías. El clima dominante en el estado es de tipo C o templado mesotermal (64.7% de la superficie), es decir el clima que se caracteriza porque la temperatura media del mes más frío es menor de 18 °C y superior a -3 °C, mientras la temperatura del mes más cálido es superior a 10 °C. Finalmente, el cuarto tipo del clima registrado en Jalisco es de categoría E o frío (0.1%). Este clima se caracteriza por tener una temperatura promedio inferior a los 10°C en los 12 meses del año. La temperatura media del mes más cálido es menor de 6.5°C. Presenta varios subtipos siendo *ETH* o clima frío de altura, *ETHC* o frío de altura con marcado invierno y *EFH* o clima muy frío de altura. Esta categoría del clima se encuentra en México para altitudes mayores a los 4 000 msnm. En Jalisco se da en la cima de los volcanes de Colima.

II.3 Temperatura del aire

Las temperaturas del aire tienen su origen en la absorción de la energía radiante del sol. Están sujetos a muchas influencias, incluidas las de la atmósfera, el océano y la tierra, y son modificadas por ellas. Para describir el clima de un lugar se analizan temperaturas máxima, media y mínima promedios mensuales y anuales. Para registrar la temperatura del aire en México, las estaciones climatológicas están equipadas con los termómetros tipo Six-Bellani (Fig. II-2), los cuales registran la temperatura máxima y mínima diaria. Basándose en los registros diarios de del valor más alto y el más bajo del día en curso se estima la temperatura media diaria siendo su media aritmética.



Figura II-2. Termómetro de máxima y mínima temperatura denominado por su inventor James Six en 1782, perfeccionado a finales del siglo XVIII por Angelo Bellani. Fuente: Wikipedia, 2014.

Para realizar el estudio de variabilidad y detectar posibles señales de cambio climático en el estado de Jalisco, se utilizó la información de las 274 estaciones climatológicas del estado de Jalisco. A partir de enero del

año 1989 éstas han sido administradas por la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR) que forma parte de la Subdirección Técnica de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sin embargo, los archivos de información histórica que cuentan con un registro diario de precipitación, temperaturas máximas y mínimas, los continúa resguardando el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). En la figura II-3 se muestra el progreso de la red de estaciones climatológicas tradicionales durante el período 1920 – 2015. No obstante, el análisis de densidad de los datos, es decir qué cada serie cuenta con al menos un 80% de información, redujo el conjunto original a un total de 89 estaciones, 13 de las cuales fueron suspendidas en la década de los años noventa. Es decir, solo un 28% de la información inicial o 76 estaciones se sometió al proceso de control de calidad.

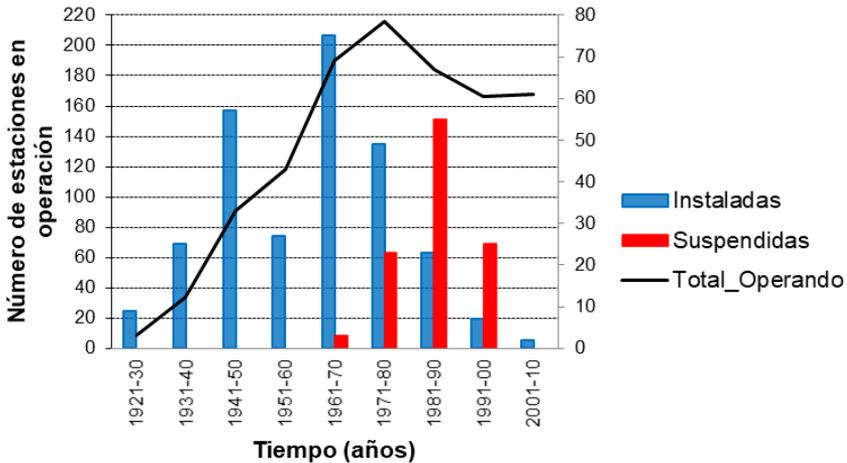


Figura II-3. Progreso en desarrollo de la red de estaciones climatológicas tradicionales en período del 1921 al 2015. Fuente: Elaboración propia.

Para construir campos de temperatura y precipitación, así como para realizar sus proyecciones a lo largo del siglo XXI cada serie larga de datos climáticos pasó por un análisis de calidad. Éste análisis es sumamente importante para los estudios climatológicos o modelación de las perspectivas climáticas, ya que cualquier dato erróneo puede tener impactos en las tendencias de las variaciones de temperatura o de precipitación. Los procesos de control de calidad se aplican para detectar e identificar los errores que ocurren durante la adquisición, manipulación, formato, transmisión

y archivado de los datos (Aguilar et al., 2003). Además, las estaciones seleccionadas deben cubrir espacialmente la mayoría del territorio en el cual se llevará a cabo el estudio, es decir su distribución espacial debe ser lo más uniforme posible. Para analizar la calidad de datos climatológicos en este trabajo se aplicó el programa RCLimdex desarrollado en lenguaje R, un paquete computacional fácil de usar (Zhang y Yang, 2004). Los metadatos son importantes en el proceso de control de calidad de las series climáticas y también en la evaluación de la homogeneidad de las series de tiempo. Si se cuenta con suficientes metadatos es más fácil determinar si una discontinuidad puede deberse a factores ajenos a la variabilidad climática natural.

La homogeneidad de los datos climáticos a través del tiempo incide directamente en la posibilidad o no de calcular y analizar tendencias (IPCC, 2007; WMO, 2009). Las pruebas para demostrar que una serie de tiempo de una variable climática es razonablemente homogénea, tienen por objeto garantizar que las variaciones contenidas en las observaciones corresponden únicamente a procesos climáticos (Peterson et. al, 1998; WMO, 2009; Zhang et. al, 2011). Para esta investigación se utilizó la metodología de Wang y Feng (2013).

La temperatura media anual del estado es alrededor de 21.0 °C. Su oscilación anual resulta de la diferencia entre las temperaturas mayor y menor de las temperaturas medias mensuales. Para el estado de Jalisco, según (Cappel-Molina & Castillo-Requena, 1984) los valores más bajos de la oscilación térmica se localizan en las costas y vertientes marítimas, donde el elevado contenido de vapor de agua de la masa de aire superficial, al elevar la temperatura, reduce la amplitud de la oscilación. También señalaron que la temperatura media anual disminuye en el sentido de la latitud, de Sur a Norte, y desde el litoral hacia el interior del continente. La distribución espacial de temperatura media anual se muestra en la figura II-4. Este parámetro se estima utilizando los registros de temperatura máxima y mínima en las estaciones climatológicas tradicionales. Su distribución a lo largo del año en el estado se puede apreciar en la figura II-5.

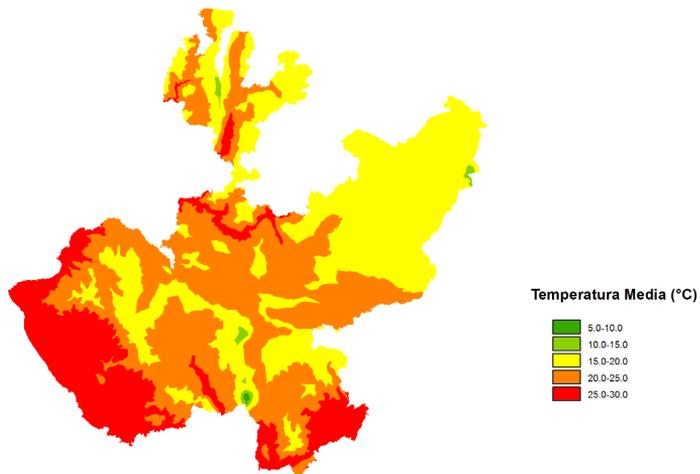


Figura II-4. Mapa de distribución de la temperatura media en el estado de Jalisco. Fuente: Navarro Rodríguez, 2015.

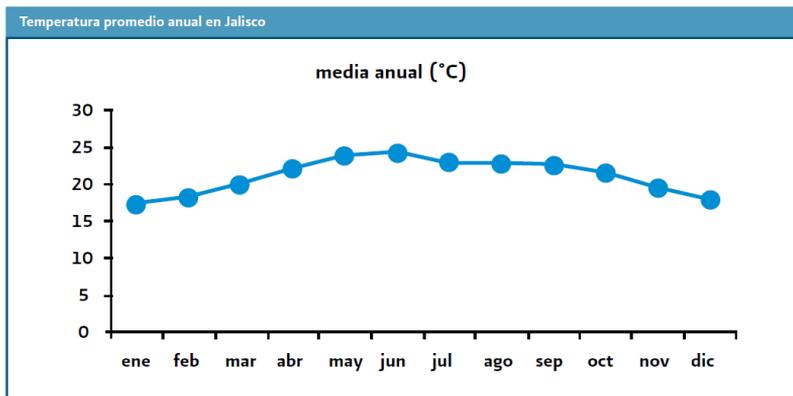


Figura II-5. Variación de la temperatura media del aire en el estado de Jalisco a lo largo del año. Fuente: CONAGUA, 2009.

II.4 Precipitación

Precipitación es la caída de agua de las nubes en estado líquido o sólido. Se presenta cuando las partículas de vapor de agua se condensan en la atmósfera y forman gotas que, debido a su peso, no pueden seguir flotando y caen por efecto de la gravedad (Davie, 2008).

En la mayor parte de la República Mexicana la temporada de lluvias ocurre en el periodo que comprende de junio a mediados de octubre, por lo que se le ha llamado lluvias de verano; también se presenta un corto periodo de secas en el mes de agosto, conocido con el nombre de canícula (Tamayo, 1990).

En la mitad del año que comprende de noviembre a abril, predominan condiciones de sequía. En enero, los vientos del Oeste suelen acarrear algunas perturbaciones propias de las latitudes medias y producir descenso en la temperatura y ligero incremento en la precipitación. Febrero y marzo son los meses más secos. Al empezar a intensificarse los vientos alisios en abril, hay un incremento en la cantidad de lluvia que continuará durante la época húmeda (Vidal-Zepeda, 2005).

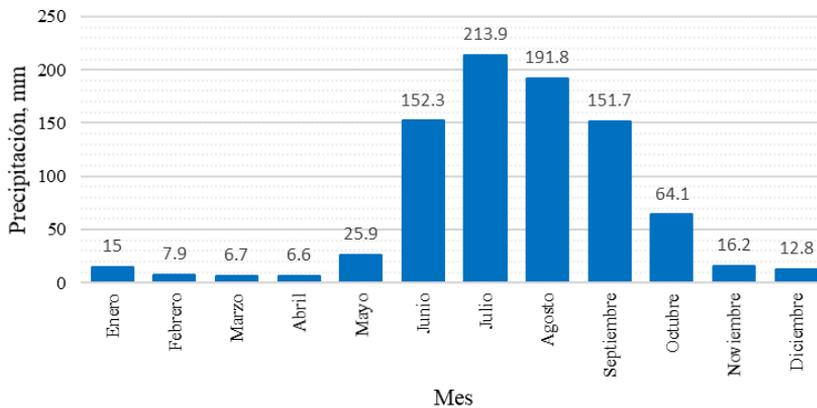


Figura II-6. Mapa de distribución de la precipitación total anual del estado de Jalisco. Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio Meteorológico Nacional, CONAGUA.

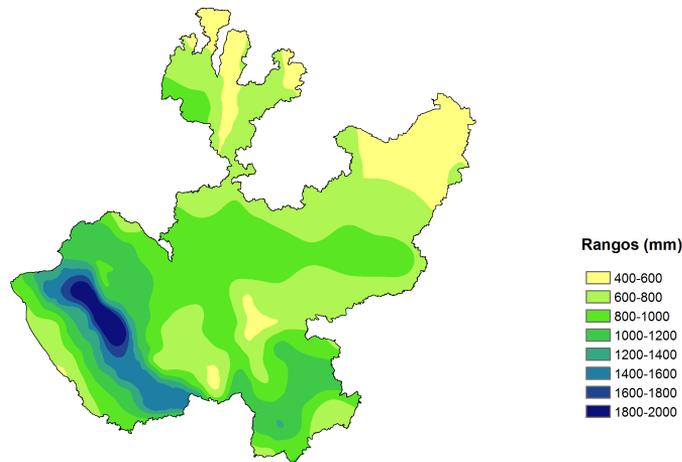


Figura II-7. Distribución de la precipitación en el estado de Jalisco a lo largo del año. Fuente: Navarro Rodríguez, 2015.

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua, la precipitación media anual en el territorio estatal es de 865 mm. El 75% se registra durante el período comprendido entre los meses de junio y octubre, como lo muestra la figura II-6. Su distribución no es uniforme, ya que el potencial hidrológico en las regiones centro y sur es mucho mayor a las regiones norte y altos. El volumen de lluvia para el estado es de 69 319 hm³ (CONAGUA, 2009). En la figura II-7 se muestra la distribución espacial de precipitación total anual. Es importante señalar que los máximos volúmenes de precipitación se registran a lo largo de la Sierra Madre Occidental (hasta 1800-2000 mm anuales) a causa de su efecto orográfico.

II.5 Proyecciones climáticas de temperatura

A partir de los procesos de control de calidad y homogeneización de series largas, así como metadata disponible, fueron elegidos 40 de las 89 estaciones preseleccionadas. Se debe mencionar, que algunas estaciones con series largas y registros desde los años 40s fueron desechadas a causa de ausencia de registros de temperatura mínima, o máxima, o ambas en los meses de enero y diciembre, particularmente a partir de los años 90s, es decir durante las últimas dos décadas. Nótese, que el comportamiento espacial de estaciones seleccionadas es bastante equilibrado,

es decir cubre casi todo el territorio excepto la región sur y línea costera del estado. La temperatura media mensual se calculó a partir de los registros de temperatura máxima y mínima mensuales. Posteriormente se estimaron los valores de temperatura media anual para tres períodos climáticos representativos; 1961-1990, 1971-2000 y 1981-2010, también la temperatura media anual para el período 1991-2015. En la figura II-8 se muestra la tendencia de un significativo incremento de la temperatura media anual en Jalisco.

Para visualizar el comportamiento de la temperatura media anual a futuro se construyeron los modelos para tres períodos climáticos recomendados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático utilizando las salidas de modelos globales GFDL-CM3 para el escenario A2 (Fernández Eguiarte, et al., 2015).

Durante el período 2010-2040 se espera un significativo incremento de la temperatura media ($1.0-2.0^{\circ}\text{C}$), especialmente sobre la costa de Jalisco, en donde las anomalías superan 4.0°C (figura II-9), mientras para el período 2030-3065 marca un incremento $1.5-2.5^{\circ}\text{C}$ (figura II-10).

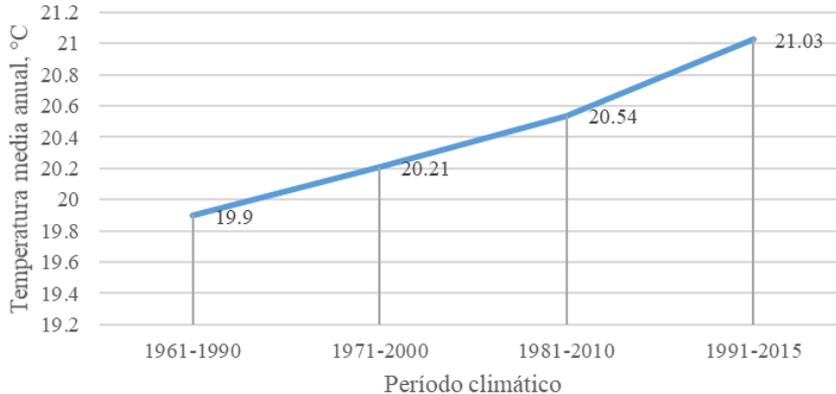


Figura II-8. Comportamiento de la temperatura media anual estimada para cuatro períodos climáticos. Fuente: Elaboración propia.

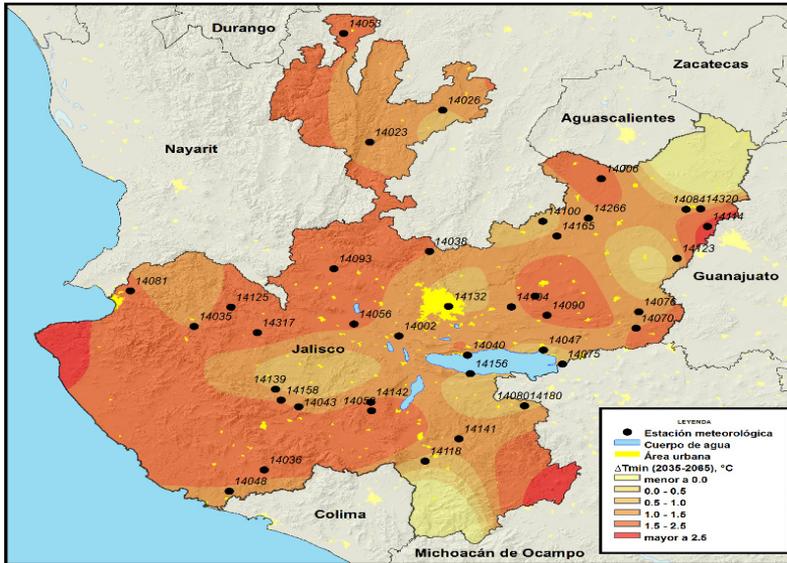


Figura II-10. Anomalías de temperatura media anual para 2035-2065, escenario A2. Fuente: elaboración propia.

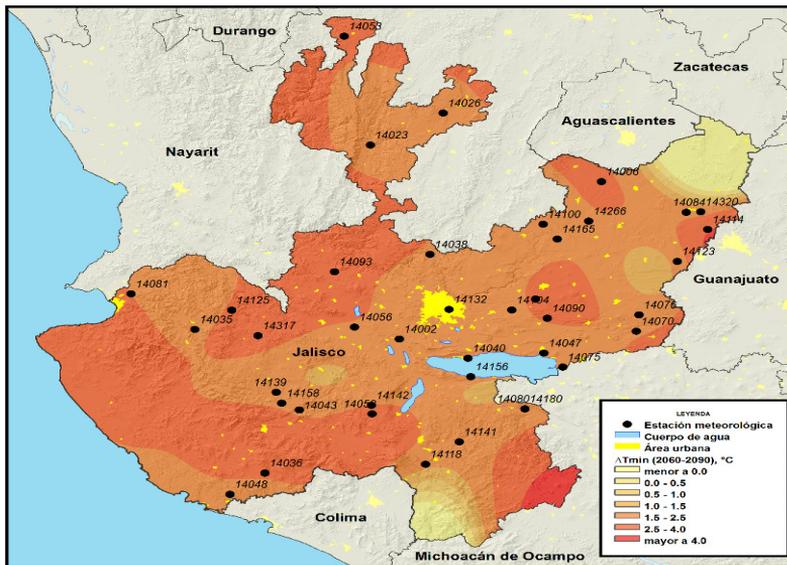


Figura II-11. Anomalías de temperatura media anual para 2060-2090, escenario A2. Fuente: elaboración propia.

II.6 Proyecciones climáticas de precipitación

En el caso de la precipitación, la incertidumbre entre modelos es aún mayor que la incertidumbre entre escenarios de emisiones. La magnitud de la incertidumbre en la precipitación es, en general, del mismo orden de magnitud que el cambio proyectado durante el período 2010–2040 o para el clima alrededor de 2020. En Jalisco, a partir del escenario A2 se detectan señales que sugieren una disminución en la precipitación (figura II-12).

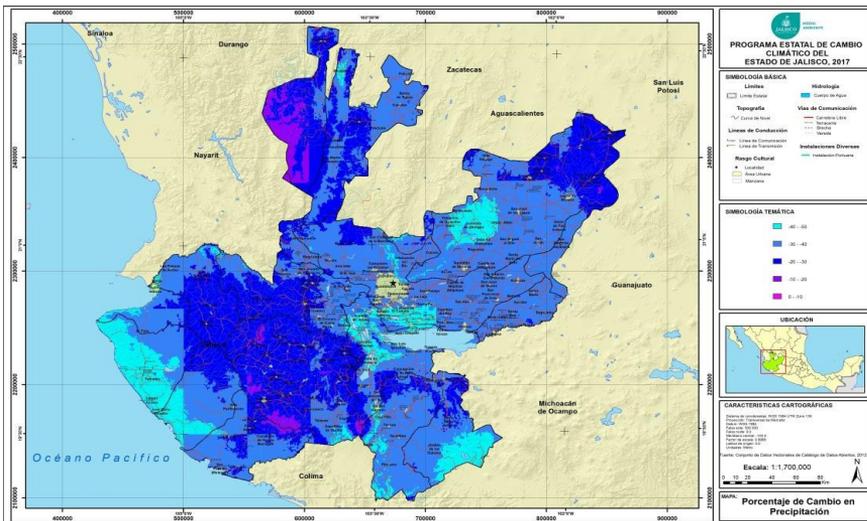


Figura II-12. Porcentaje de cambio de precipitación para futuro cercano.

Fuente: SEMADET, 2017.

La dispersión entre modelos y escenarios se amplifica cuando las proyecciones de cambios en la precipitación se hacen para finales del presente siglo. Las proyecciones promedio de los modelos a 2080 sugieren que el centro occidente de México experimentará las mayores disminuciones en precipitación tanto de invierno como de verano (Magaña, et al., 2014). La misma tendencia se observó en proyecciones construidas para Jalisco en éste trabajo, pérdida de precipitación de 30 a 45%.

II.7 Reflexiones finales

De acuerdo al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México (2018), la capacidad de adaptación ante el cambio climático se define como la habilidad de un sistema para ajustarse a dicho fenómeno, moderar daños posibles y aprovechar las oportunidades emergentes o enfrentarse a las consecuencias. Por lo tanto, la capacidad de adaptación es el mecanismo fundamental para reducir la vulnerabilidad proyectada ante los impactos de cambio climático en el estado de Jalisco.

Aquí, la vulnerabilidad puede definirse como el grado en el que un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos ante un fenómeno, incluidos la variabilidad y los extremos del clima y está en función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático, así como de su sensibilidad y capacidad de adaptación de sistemas afectados (IPCC, 2007).

La vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático tiene implicaciones no sólo por su definición, sino sobre todo por la dificultad de medirla social, económica y ecológicamente. Por lo anterior, cualquier esfuerzo para identificar, medir o estimar la vulnerabilidad es un paso indispensable para desarrollar acciones de adaptación (INECC, 2018).

Existen muchos estudios de variabilidad climática y tendencias de su cambio. Sin embargo hay trabajos escasos para verificar la veracidad de respuesta de estos modelos en México y Jalisco, en particular. Solo así se puede asegurar la información acertada y acciones certeras de tomadores de decisiones. Por lo anterior es indispensable contar con la información o datos climáticos de calidad y densidad suficiente para verificar los resultados de modelación y continuar la investigación sobre el clima y sus proyecciones futuras en función de la respuesta de la humanidad.

Mientras, entre medidas forzosas para disminuir la vulnerabilidad subrayamos lo siguiente: contar con tecnología de alerta temprana; promover normas institucionales que fortalezcan el sistema fiscal para crear incentivos; apoyar a las académicas en una investigación continua de impactos ante el cambio climático, su mitigación y direcciones críticas en adaptación, y lograr la participación pública en la toma de decisiones.

II.8 Referencias bibliográficas

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T., y Wieringa, J. (2003). Guidelines on Climate Metadata and Homogenization. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.
- Budyko, M. (1977). Climatic Changes. Washington, D.C.: American Geophysical Union. <https://doi.org/10.1029/SP010>
- Budyko, M. (1977). Climatic Changes. Washington, D.C.: American Geophysical Union. <https://doi.org/10.1029/SP010>
- Capel-Molina, J. J., & Castillo-Requena, J. M. (1984). El clima de los Estados Unidos Mexicanos. La Rioja, España: Departamento de Geografía, Universidad de la Rioja.
- Chambwera, M., Heal, G. (2014). Economics of adaptation. En I. IPCC, Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability (págs. 3-49). Geneva, Switzerland: IPCC.
- Davie, T. (2008). Fundamentals of Hydrology (Second Ed.). London and New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Fernández Eguiarte, A., Závala Hidalgo, J., Romero Centeno, R., Conde Álvarez, A. C., & Trejo Vázquez, R. I. (2015). Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica. México, DF: CCA-UNAM-INECC.
- Hayden, B.P. (2020). Climate. Obtenido de Encyclopaedia Britannica: <https://www.britannica.com/science/climate-meteorology>
- Instituto Nacional de Ecología y cambio Climático. (2018). Vulnerabilidad al cambio climático. Obtenido de Acciones y Programas-Adaptación al cambio climático: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125>
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza: IPCC-OMM-PNUMA. Obtenido de https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. The Summary for Policymakers (SPM) of the Working Group II contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (WGII AR5). Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kioutsoukis, I., Melas, D., & Zerefos, C. (2010). Statistical assessment of changes in climate extremes over Greece (1955–2002). International Journal of Climatology, 30(11), 1723–1737. <https://doi.org/10.1002/joc.2030>

- Kruger, A., & Sekele, S. (2013). Trends in extreme temperature indices in South Africa: 1962–2009. *International Journal of Climatology*, 33(3), 661–676. <https://doi.org/10.1002/joc.3455>
- Ly, M., Seydou, B., Agali, A., & Benoît, S. (2013). Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel. *Weather and Climate Extremes*, 1, 19–25. DOI:10.1016/j.wace.2013.07.005
- Magaña Rueda, V. O., Graizbord, B., Buenfil Friedman, J., & Gómez Mendoza, L. (2014). Escenarios de cambio climático y tendencias en la zona del Golfo de México. En INECC-SEMARNAT, Actualización y divulgación de los nuevos escenarios de cambio climático aplicados a México para fortalecer las capacidades nacionales (págs. 569–673). México, D.F., México: INECC-SEMARNAT. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/610/cap6.pdf>
- Nicholls, N., & Alexander, L. V. (2007). Has the climate become more variable or extreme? *Progress 1992–2006. Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 31(1), 77–87. <https://doi.org/10.1177/0309133307073885>
- Nicholls, R., & De la Vega-Leinert, A. (2008). Implications of Sea-Level Rise for Europe's Coasts: An Introduction. *Journal of Coastal Research*, 24(2), 285–287. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/30137834>
- OMM. (2005). *Tiempo, Clima, Agua y Desarrollo Sostenible*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- Peel, M., Finlayson, B., & McMahon, T. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Peterson, T. C., Zhang, X., Brunet-India, M., & Vázquez-Aguirre, J. L. (2008). Changes in North American extremes derived from daily weather data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D7), 1–9. <https://doi.org/10.1029/2007JD009453>
- Tamayo, J. L. (1990). *Geografía moderna de México (Décima ed.)*. México: Trillas.
- Tarhule, A., & Lamb, P. J. (2003). Climate Research and Seasonal Forecasting for West Africans: Perceptions, Dissemination, and Use? *Bulletin of the American Meteorological Society* 84(12), 84(12), 1741–1759. doi:<https://doi.org/10.1175/BAMS-84-12-1741>
- Wang, H., Chen, Y., Xun, S., Lai, D., Fan, Y., & Li, Z. (2012). Changes in daily climate extremes un the arid area of northwestern China. *Theoretical and Applied Climatology*, 112(1–2), 15–28. DOI: 10.1007/s00704-012-0698-7
- Wang, Q., Fan, X., Qin, Z., & Wang, M. (2012). Change trends of temperature and precipitation in the Loess Plateau Region of China, 1961–2010. *Global and Planetary Change*, 92–93, 138–147. DOI:10.1016/j.gloplacha.2012.05.010

- Wikipedia. (11 de agosto de 2014). Termómetro de máximas y mínimas. Obtenido de Wikipedia La enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Termómetro_de_máxima_y_mínima
- World Bank. (2010). World Development Report 2010: Development and Climate Change. Washington, DC: © World Bank. DOI: 10.1596/978-0-8213-7987-5
- Xu, W., Li, Q., Wang, X. L., Yang, S., Cao, L., & Feng, Y. (2013). Homogenization of Chinese daily temperatures and analysis of trends in extreme temperatures indices. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(17), 9708–9720. doi:10.1002/jgrd.50791
- Zhang, X., y Yang, F. (2004). RCLimdex (1.0) Manual de Usuario. Ontario, Canadá: Climate Research Brand, Environment Canada.

Cambio climático y gestión de recursos hídricos

Álvaro Monroy Montoya
Laura Patricia Ortiz Monroy

Resumen

El cambio climático traerá diversos efectos negativos a los ecosistemas y sociedad, consecuencia del aumento de temperatura y cambios en los patrones de precipitación, los cuales se estima sean más extremos y representen retos de escasez de agua y en su contraparte causen daños a la infraestructura y equilibrio natural por fenómenos hidrometeorológicos extremos e inundaciones. Los retos a escala global son cada vez mayores debido a la aceleración del cambio climático. A nivel nacional, las consecuencias serán diferenciadas a escala regional y se verán exacerbadas por factores económicos, sociales y políticos.

La gestión de los recursos hídricos en México no considera los escenarios de cambio climático para asegurar la disponibilidad y calidad del agua según sus usos, y tiene el reto de contar con atribuciones diferenciadas entre los distintos órdenes de gobierno. En Jalisco, los efectos del cambio climático serán diferenciados en la costa y en la sierra, y la demanda de la agricultura e industria lo hace particularmente sensible a presentar conflictos por el agua en el futuro. Para atender estas problemáticas y minimizar sus impactos, una visión integral de la gestión de recursos hídricos, que considere el ciclo hidrológico, la función de los ecosistemas y las acciones comunitarias contribuirían al aumento de resiliencia ante el cambio climático y a la seguridad hídrica en el futuro.

III.1 Efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos.

Los recursos hídricos son fundamentales para el desarrollo de cualquier civilización y los ecosistemas. Con la enorme presión por el crecimiento poblacional y el desarrollo de actividades económicas de las últimas décadas, combinado con una gestión pobre y falta de gobernanza sobre el agua, existe un gran desafío para preservar de manera eficiente el recurso y soportar el desarrollo de los países.

Sumado a esto, el cambio climático representa una gran amenaza para la distribución de recursos hídricos. Desde los reportes por parte del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) sobre los registros del calentamiento global, aumenta la incertidumbre sobre los patrones de precipitación y sequías, mientras que se predice el aumento del nivel del mar y la frecuencia e intensidad de huracanes.

Estas incertidumbres y tendencias aumentan la vulnerabilidad sobre la disponibilidad y calidad del agua, de las cuales dependemos para satisfacer las necesidades de varios sectores productivos, higiene, salud, consumo humano y conservación de la biodiversidad. Así que, la adaptación y mitigación ante cambio climático como un esfuerzo global, en conjunto con la gestión integral del agua, están siendo cada vez más necesarias y, en algunos casos, primordial para la subsistencia de muchas civilizaciones.

Desde que se están estudiando los patrones climáticos y sus tendencias, es evidente la incidencia de las actividades humanas sobre el clima global. Ha aumentado considerablemente la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, así como la temperatura de los océanos y de la atmósfera. En total, se registra un incremento promedio de 0.88°C en la temperatura global desde 1880 (IPCC, 2014a), dando como resultado las temperaturas más altas registradas en las últimas tres décadas después de varios siglos.

El agua es uno de los influyentes principales sobre los procesos climáticos en la tierra. Funciona como un regulador termodinámico de la atmósfera terrestre. Por lo tanto, el calentamiento global que nace de las actividades humanas también tiene repercusiones sobre el agua y sus procesos a lo largo del ciclo hidrológico (Figura III-1). El ciclo hidrológico contiene todos los procesos y cambios fisicoquímicos del agua en el mundo, donde la energía de la luz solar es su principal motor. El cambio climático está alterando los patrones en los procesos sistemáticos del ciclo hidrológico, relacionado también con la incidencia de eventos hidrometeorológicos extremos y variaciones en la temporalidad y espacialidad del clima.

El calentamiento global acelera varios procesos dentro del ciclo hidrológico. La magnitud y temporalidad de la precipitación, escurrimiento y caudal en los ríos cambia con el aumento de la temperatura global. La intensidad y frecuencia de las sequías e inundaciones serán cada vez más altas. Las temperaturas elevadas aumentarán la tasa de evapotranspiración en la superficie, por lo que se disminuye la cantidad de humedad en los suelos y la infiltración de agua en el subsuelo (Frederick y Mayor, 1997). Los procesos hidrológicos dentro de las cuencas están sujetos a incertidumbres por los efectos del cambio climático.



Figura III-1. Ilustración del ciclo hidrológico o el ciclo del agua con sus procesos principales. Fuente: USGS, 2019

Se espera que el cambio en la precipitación de algunas regiones del mundo aumente en su magnitud, mientras que otras se vuelvan más secas. Al presentarse lluvias más intensas, la porción de la lluvia que se convierte en escurrimiento será más alta, principalmente sobre los territorios en latitudes altas. Esto se debe a que la intercepción de la lluvia, o abstracción inicial, y la tasa de infiltración se satisfacen rápidamente por la alta intensidad de las tormentas (Vannasy y Nakagoshi, 2016). Sin embargo, el volumen total de escurrimiento en una tormenta también depende de otros factores como las condiciones climáticas de la cuenca y el contenido de humedad en el suelo.

En el caso de aquellas regiones en latitudes bajas, o cuencas bajas, se estima que gran porción del escurrimiento se pierda debido al aumento en las tasas de evapotranspiración. La evapotranspiración¹, como efecto combinado de la transpiración de la vegetación y la evaporación de los cuerpos de agua superficial, depende de algunas variables climatológicas, como la temperatura del aire, el contenido de humedad en la atmósfera, la velocidad del viento, la presión de vapor de aire y la radiación. El proceso de evapotranspiración no sólo es uno de los más significativos en el ciclo hidrológico, sino también suele ser la variable de mayor magnitud en el cálculo de un balance hídrico (Brooks et al., 2012). Esta magnitud aumenta conforme a la temperatura, que normalmente es mayor en latitudes bajas.

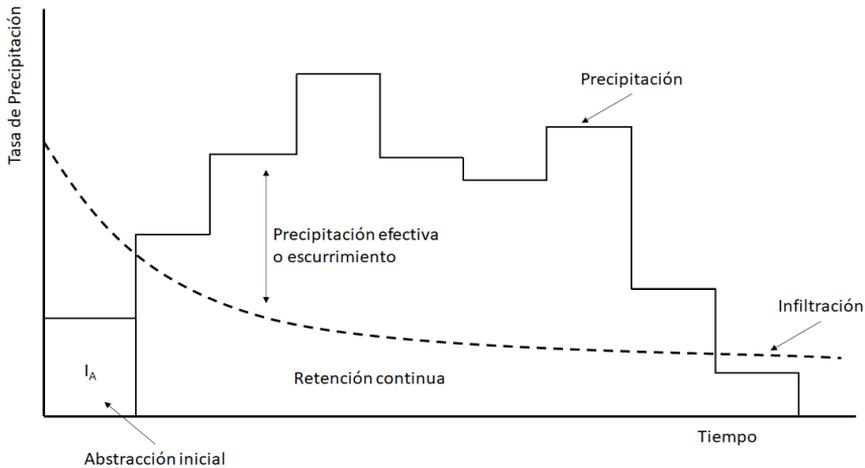


Figura III-2. Variables del número de curva, metodología de la SCS².

Fuente: elaboración propia

1 La evapotranspiración potencial, término adoptado por Thornthwaite, se define como la cantidad máxima de agua que se evapora desde una superficie totalmente cubierta con vegetación y con abundancia de agua. La evapotranspiración real o efectiva es la cantidad de agua que se evapora desde una superficie totalmente cubierta con vegetación y las condiciones reales de contenido y requerimiento de agua. Ambos términos son ampliamente utilizados para los cálculos de requerimiento de agua para los cultivos y en balances hídricos. El método por el cual se recomienda realizar dichos cálculos es el de Penman-Montieth.

2 La metodología del número de curva, creada por el Servicio de Conservación del Suelo (SCS), ampliamente usada como herramienta para el cálculo del escurrimiento de las tormentas y disponibilidad de agua superficial.

En la figura anterior se muestra el desarrollo de una tormenta y la proporción aproximada y destino de la lluvia una vez que llega a la superficie. En el inicio de la tormenta, toda el agua quedará capturada o interceptada por la superficie (abstracción inicial) y una gran parte se sumará a la tasa de infiltración. Conforme se va saturando el suelo, aumenta la proporción de la lluvia que escurre, o la precipitación efectiva. La retención continua, que se encuentra por debajo de la línea de tasa de infiltración, es el agua que queda retenida en el suelo o la que se infiltra.

El problema que conlleva el hecho de aumentar el escurrimiento es que se disminuye la tasa de infiltración, limitando el agua total que se convierte en recarga para los acuíferos. Los acuíferos son una de las fuentes de agua principales para el aprovechamiento humano, ya que tiene mayores posibilidades de mantener una buena calidad del agua, abundancia y protección ante los pronósticos del cambio climático. El agua superficial es más vulnerable a la contaminación por las actividades humanas y a las variaciones que conlleva el cambio climático, por lo que afecta en la cantidad que podemos extraer y los tratamientos que se deben aplicar para poder utilizar el agua de esta fuente.

Se estima que el calentamiento global, a través de la modificación de los patrones de la precipitación, también cambie la temporalidad del escurrimiento a lo largo del año, así como su ubicación. Estos cambios difieren según la latitud. Se reduciría la cantidad de escurrimiento durante la primavera debido a la disminución de las capas de hielo y precipitación en forma de nieve, mientras que aumentaría acercándose al invierno, especialmente en zonas montañosas y altitudes elevadas (Brekke, 2009).

El calentamiento de la tierra también tiene repercusiones sobre la cantidad de agua que se convierte en evapotranspiración. Esto aumenta el potencial de pérdida de agua para los escurrimientos y los cuerpos de agua superficiales. Más aún, el aumento de la temperatura atenta con la reducción de las capas de hielo en el ártico y la Antártida. Cada vez más volumen de agua en forma de hielo está derritiéndose e incorporándose al océano. El efecto escalonado de esta pérdida de superficie de hielo aumenta el nivel del mar y genera amenazas en las regiones costeras del mundo.

Los océanos son predominantes en el sistema climático del mundo. Desde la década de los setentas a la actualidad, se ha registrado un aumento considerable en la temperatura promedio de los océanos. Se reporta un incremento promedio de 0.11°C promedio por década (IPCC, 2014). Las repercusiones que implica el calentamiento de los océanos es la aceleración de los procesos en el ciclo hidrológico.

La calidad del agua también está sujeta a amenazas por el cambio climático. El aumento de la temperatura de los cuerpos de agua modifica sus propiedades fisicoquímicas, haciéndolos más propensos a la contaminación. Muchos ecosistemas son bastante sensibles a estos cambios, por lo que se amenaza con la degradación de la biodiversidad acuática y humedales. El aumento de la precipitación puede llegar a saturar la infraestructura hidráulica de las poblaciones, resultando en el escurrimiento de tóxicos hacia ríos y lagos, y la falta de tratamiento de aguas residuales.

México es un país mayoritariamente tropical, con variaciones de climas desde áridos y secos hasta templados, con una precipitación acumulada anual desde los 50mm hasta los 4,000mm (Figura III.4). Los efectos que pueden llegar a provocar el cambio climático sobre los recursos hídricos del país llegan a ser extensos. Al contar con una amplia variedad climática, habrá mayor incertidumbre acerca de los cambios que podría llegar a presentarse.

Cabe mencionar que en México existe una discordancia entre la densidad de la población y la concentración de recursos hídricos. Mientras que mayor parte de la población se encuentra en el centro del país, la región que tiende a recibir mayor cantidad de precipitación tiende hacia el sur.

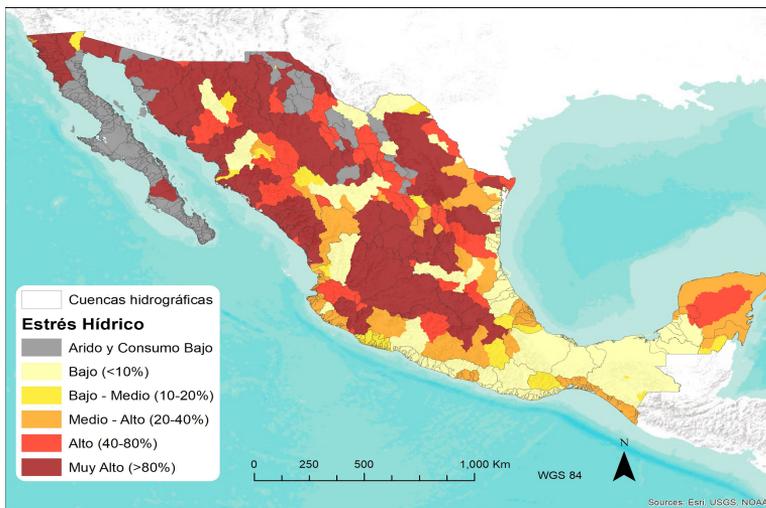


Figura III-3. Cálculo de la presión hídrica en México. Fuente: Elaboración propia a partir de la información de riesgos del agua de la WRI, Aqueduct 3.0 (2019), y cuencas hidrográficas del INEGI (2007).

En la figura anterior se muestran las zonas del país que tienen una mayor presión sobre el agua. Esto significa que se está extrayendo agua a una tasa más alta de la que puede regenerarse, es decir, se extrae una mayor cantidad de la que hay disponible. El mapa se construyó a partir de los volúmenes concesionados de agua³ y los datos de disponibilidad que reporta la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de manera en que el porcentaje representa la proporción de la disponibilidad de agua que se está explotando. Por medio de las Estadísticas del Agua en México (2018b), la CONAGUA reporta los valores de presión hídrica por entidad federativa y región hidrológica.



Figura III-4. Densidad poblacional por estado. Fuente: Densidad poblacional (Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2015)

En el último siglo la demanda de agua ha aumentado en un 600% y la tasa en la cual va aumentando el consumo es de 1% anual; estos aumentos están directamente ligados al desarrollo económico, el crecimiento poblacional y los patrones de consumo que se tiene como sociedad (UNESCO, 2020).

Como parte del componente de crecimiento poblacional en México en las décadas de 1990, 2000 y 2010 se presentó un crecimiento del 18%. En las zonas centro y norte se observa en la figura III-4 un muy alto estrés hídrico el cual se puede relacionar parcialmente a la densidad poblacional

³ Inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), administrado por la CONAGUA, según el uso particular del agua y el volumen total de extracción anual.

(zona centro) pero otros componentes ambientales y de uso potencialmente intervienen en el estrés de la zona norte.

Aunque ya exista la tecnología para la creación de infraestructura hidráulica capaz de transportar, almacenar y tratar el agua, se están alterando los volúmenes vitales para la conservación de los ecosistemas. Los ecosistemas también necesitan de cierta cantidad de agua durante el año para mantener su funcionalidad y seguir brindando servicios ecosistémicos, de los cuales depende el desarrollo de varias actividades humanas. Con el fin de mantener un equilibrio entre las funciones vitales de los ecosistemas y los grados de presión sobre el agua, la CONAGUA en conjunto con la Alianza WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. (FGRA) trabajaron en la determinación caudales ecológicos para aquellas cuencas que contengan ecosistemas frágiles y niveles altos de presión⁴. Aunque el objetivo de esta metodología vaya enfocada a la conservación de los ecosistemas, se critica porque solamente determina el caudal mínimo anual y no se toma en cuenta la variabilidad temporal del agua y de los caudales en los ríos, de modo que se limita la efectividad de la metodología y no cumple con las medidas necesarias de conservación.

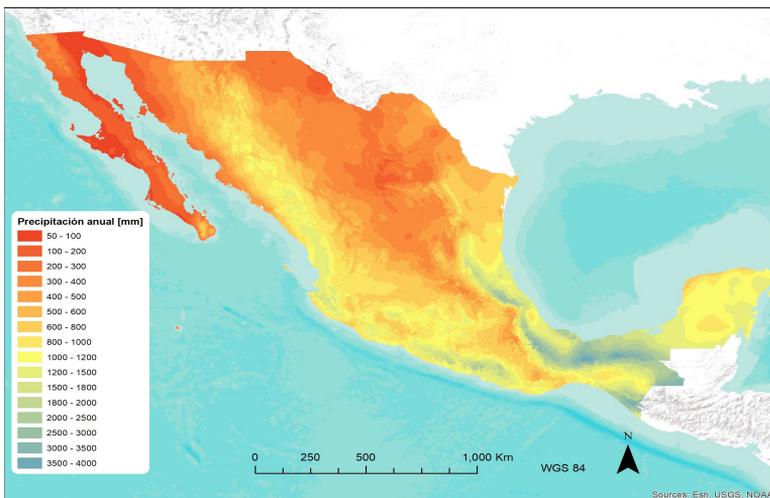


Figura III-5. Precipitación acumulada anual con registros desde 1910 hasta 2009. Fuente: Elaboración propia con la capa vectorial de precipitación de Cuervo et al. (2015).

⁴ Esta estimación se regula mediante la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, lo cual determina una reserva ecológica de agua en las cuencas.

La precipitación en México varía enormemente en su extensión. Mayor parte de ella ocurre en el sureste del país, mientras que las regiones del norte reciben precipitación escasa. Como se había mencionado, se espera que los efectos del cambio climático tiendan a aumentar la cantidad de precipitación, pero disminuir la disponibilidad de agua en latitudes bajas y subtropicales. Esto representa una gran amenaza en el norte de México, especialmente si se combina con la presión hídrica que se está llevando a cabo en la región (Figura III-5).

En el análisis de los escenarios del cambio climático, se utilizan los datos de los Modelos de Circulación Global (MCG) que simulan los flujos físicos de la atmósfera terrestre para pronosticar los efectos del cambio climático con el aumento en la concentración de GEI. Los resultados de los MCG se comparan con los registros climatológicos del país, realizados por el Sistema Meteorológico Nacional, a través de distintas trayectorias de concentración representativas (Representative Concentration Pathway o RCP)⁵. Para México, los pronósticos de cambio climático se hicieron con tres RCPs: 4.5 (menos extremo), 6.0 y 8.5 (más extremo). El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), en conjunto con el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, ejecutaron un proyecto sobre la “Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación” (Fernández et al., 2015) en donde muestran los escenarios probables del cambio climático bajo diferentes condiciones de RCP a distintos horizontes temporales (futuro cercano, intermedio, lejano).

Los resultados de estos análisis calculan un incremento en la temperatura de 3°C a 4°C para finales de este siglo. En el caso de la precipitación, se prevé su disminución en toda la república. Los escenarios con RCP 4.5 para un futuro cercano revelan la disminución entre 0-6% de la precipitación, mientras que los escenarios con RCP 6.0 y 8.5 proyectan cambios más bruscos en la disminución de la precipitación, principalmente en los estados del norte (hasta 15%). Las proyecciones del futuro lejano indican, en sus escenarios optimistas, una disminución de la precipitación hasta el 9%. El escenario con RCP 8.5 muestra disminuciones hasta un 21% en el norte del país y un rango de -3 a -12% para el resto (Arreguín et al., 2015).

Las expectativas de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos en México son un aumento en la demanda tanto para la

5 El RCP trabaja con condiciones de forzamiento radiativo, siendo la cantidad de energía solar absorbida por la atmósfera terrestre a diferentes concentraciones de GEI. Desde el 2014, el IPCC adoptó el término de RCP y mostró trayectorias de RCP con cuatro posibles rangos de forzamiento radiativo: 2.6, 4.5, 6.0 y 8.5.

población como para los ecosistemas y una disminución en la disponibilidad de agua, sumado al crecimiento poblacional. Las regiones que están expuestas a una mayor vulnerabilidad son las áridas y semiáridas, lugares donde las proyecciones de disponibilidad de agua son más desfavorables y se encuentran actualmente en condiciones altas de presión hídrica.

El cambio climático puede llegar a tener efectos no solo en los sectores económicos y los ecosistemas, si no que puede generar mayores riesgos a la infraestructura hídrica que requerirá actualizaciones continuas para la adaptación a los nuevos escenarios. Un fallo en los sistemas de infraestructura hídrica puede tener repercusiones directas en las necesidades de saneamiento e higiene (Cléo Lossouarn 2016).

Identificar las consecuencias que conlleva el cambio climático sobre los recursos hídricos es el primer paso para la aplicación de políticas sobre los recursos naturales y la gestión integral del agua. De esta manera se pueden tomar decisiones sobre las fuentes de abastecimiento y no depender de aquellas que estén en riesgo tanto por presión hídrica o por el impacto de los eventos meteorológicos extremos, como sequías. También se decide sobre la instalación de infraestructura hidráulica con el fin de ser más resilientes ante los efectos del cambio climático, como la captación de agua pluvial, la instalación de plantas de tratamiento como método de conservación de los ecosistemas o infraestructura especializada para la protección ante inundaciones y desastres. Estas decisiones son fundamentales para el desarrollo de las actividades económicas del país. De otro modo, la ausencia de la acción ante las problemáticas hídricas pone en riesgo aquellas actividades que dependen en su mayor parte del agua.

III.2 Cambio climático y gestión hídrica de Jalisco

En Jalisco, la variabilidad del clima también es significativa. Existen condiciones semiáridas subhúmedas, con una temperatura media anual de 28°C, hasta climas templados subhúmedos, con una temperatura media anual de 12°C (ver figura III-6). La precipitación en el estado fluctúa desde los 400 mm acumulados anuales, en la zona norte y los altos de Jalisco, hasta los 1800 mm, en la región de la Sierra Madre Occidental hacia la costa.

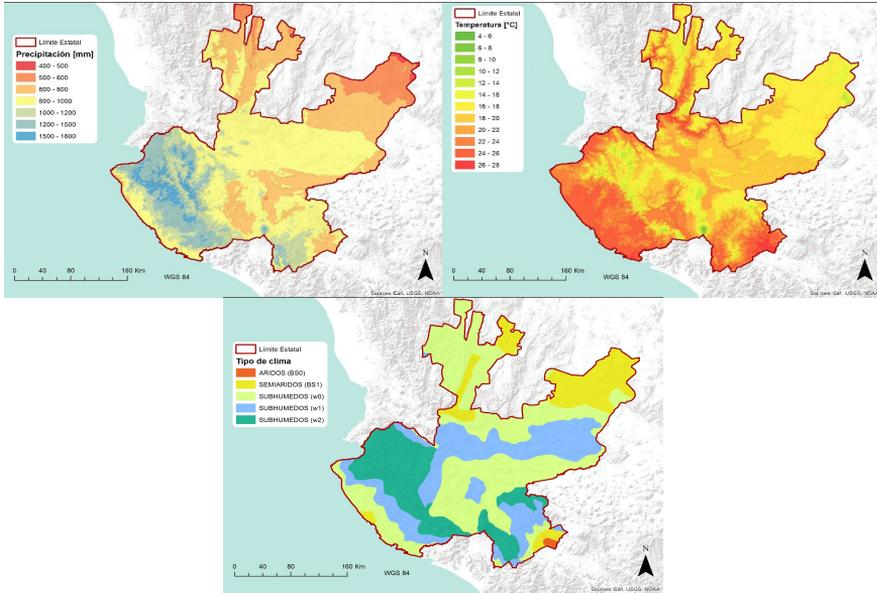


Figura III-6. Distribución espacial de precipitación, temperatura y tipos del clima. Fuente: Elaboración propia con datos de precipitación de Cuervo et al. (2015), temperatura de Cuervo et al. (2015), rangos de humedad de García E. (1990) y el límite estatal de Jalisco (2012).

Los patrones de precipitación que predominan en el estado son mayormente en el periodo primavera - verano, como en el resto del país. Estas precipitaciones están asociadas con los fenómenos atmosféricos tropicales que inciden sobre la costa y que tienen una gran influencia orográfica (Arreguín et al., 2015), además de otros eventos atmosféricos como las ondas convectivas y huracanes.

El contraste entre las condiciones climáticas que hay en el estado dificultan los escenarios en la distribución del agua en el territorio. La costa de Jalisco muestra una tendencia en el aumento de la incidencia de precipitaciones extremas por el efecto orográfico de la sierra, sin mencionar la ocurrencia de huracanes y tormentas tropicales, mientras que la zona centro y norte del estado son más vulnerables a que aumenten las sequías por efecto del cambio climático.

El estado de Jalisco está ubicado en 7 regiones hidrológicas que se subdividen en subcuencas con dinámicas muy particulares, de las cuales al año 2018 diez presentan un déficit hídrico para solventar la demanda

tanto de los procesos ecosistémicos como de las demandas poblacionales. Las cuencas⁶ con déficit hídrico son el resultado de una gestión hídrica deficiente y las problemáticas asociadas a este déficit son el impacto directo a la salud de la población, la afectación a las actividades económicas, el aumento en el trasvase resultando el impacto a cuencas adyacentes y la reducción de los servicios ecosistémicos (Verónica Bunge 2010).

La disponibilidad del agua es relativa a la cantidad de lluvia. Un aumento o reducción del escurrimiento superficial y de la infiltración impactan directamente al volumen disponible naturalmente para su aprovechamiento, por lo que la variabilidad climática que presentan los escenarios de cambio climático va a afectar directamente a la capacidad de satisfacer las necesidades de la población y el sector productivo.

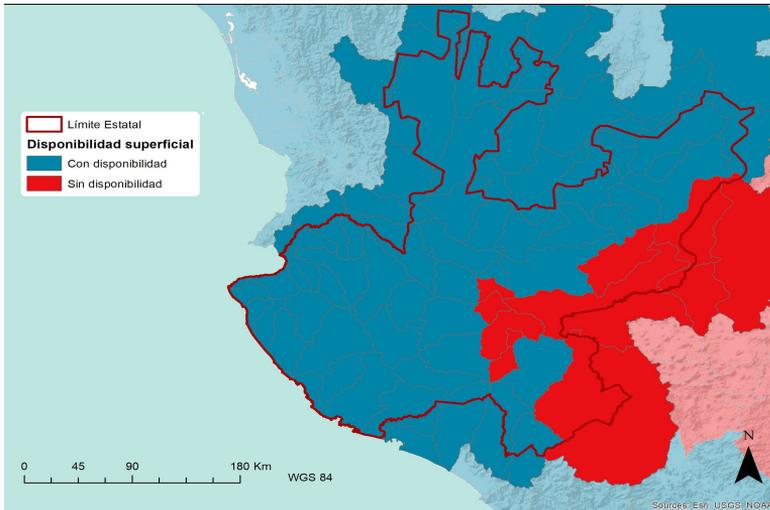


Figura III-7. Disponibilidad de agua superficial. Fuente: Elaboración propia con datos de disponibilidad de CONAGUA, 2018.

El estado de Jalisco se encuentra situado dentro de los límites de 59 acuíferos administrativos gestionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Es importante comprender que los acuíferos administrativos no reflejan la distribución y/o el comportamiento de los sistemas hidro-

6 Las cuencas son formaciones del terreno cuyo drenaje para los múltiples escurrimientos superficiales son un cauce principal o un cuerpo de agua endorreico; estas formaciones son cruciales para el desarrollo de un sinfín de ecosistemas.

geológicos del territorio, sin embargo, son las medidas que se han tomado para llevar un control administrativo de los mismos. De los 59 acuíferos administrativos, 30 presentan un déficit hídrico. Este déficit o falta de disponibilidad se determina mediante la medición y cálculo de la recarga total, la descarga natural comprometida y el volumen de extracción.

El agua subterránea puede ser un referente crucial para aumentar la resiliencia de los territorios ante los efectos del cambio climático, esto debido a que es una fuente de agua de buena calidad (en algunos casos) cuyo aislamiento protege mejor de las actividades antropogénicas que los cuerpos de agua superficiales; sin embargo, la deforestación, la erosión y los cambios en los procesos climáticos, así como el exceso de extracción o el ingreso de contaminantes son fenómenos que afectan directamente la continuidad de los mismos.

Otro factor crucial a considerar en la capacidad de Jalisco para mitigar los efectos del cambio climático es la calidad de agua dentro de las cuencas, tanto de cuerpos de agua superficiales como los sistemas hidrogeológicos.

El máximo organismo gestor del agua en México, la CONAGUA, a través de la red de monitoreo, da seguimiento a ciertos contaminantes presentes en el agua como el DBO₅⁷, el DQO⁸, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales y disueltos totales. Los contaminantes que monitorea la CONAGUA indican en su mayoría la perturbación antropogénica por parte de aguas residuales, sin embargo, contaminantes indicadores de descargas industriales como metales pesados y otros compuestos orgánicos no son considerados en esta red.

El agua se contamina mediante fuentes directas como la descarga de aguas residuales o el derrame de sustancias u organismos contaminantes directamente en un cauce o cuerpo de agua, pero también existe el término de contaminación difusa que se presenta como un riesgo latente a los recursos hídricos. Esta se genera a partir del lavado de contaminantes del suelo como agroquímicos o todos aquellos flujos contaminantes que ingresan a los sistemas hidrogeológicos y se mueven de tal manera que no es posible determinar la fuente (Cotler y Iura González 2010).

La disponibilidad de agua es un término que obvia la calidad de la misma, sin embargo, el abastecimiento de agua con una mala calidad a la

7 El DBO₅ es la demanda bioquímica de oxígeno, es decir, la cantidad de oxígeno que es consumido por oxidación microbiana en un periodo de 5 días.

8 El DQO es la demanda química de oxígeno, es decir, la cantidad de oxígeno que consumen los compuestos orgánicos disueltos.

población se puede presentar como un vector potencial de enfermedades, sumando a este riesgo el uso de agua con contaminantes para la producción de bienes consumibles puede detonar una crisis de salud.

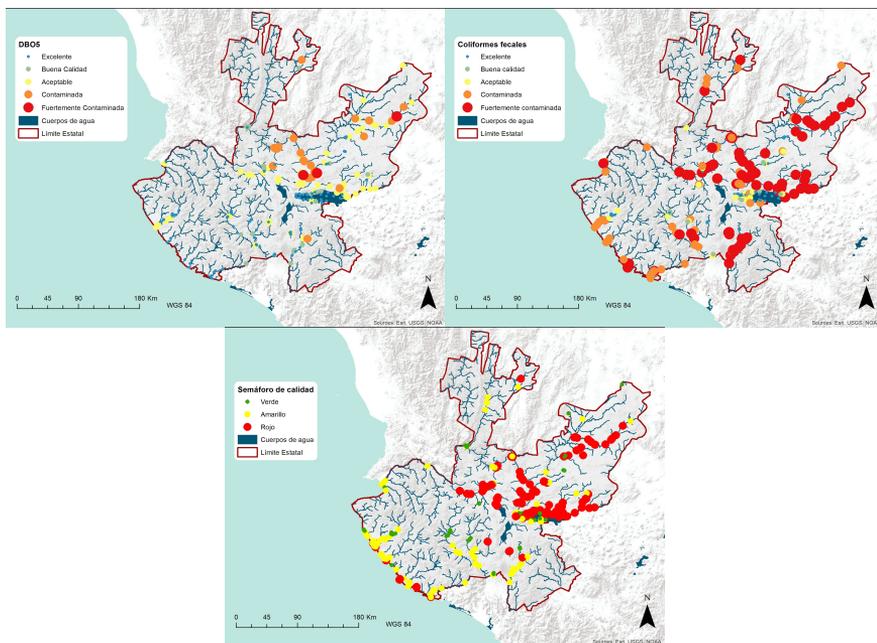


Figura III-8. Lecturas de DBO_5 , coliformes fecales y el indicador de cumplimiento normativo para el estado de Jalisco. Fuente: Elaboración propia con datos de calidad de agua de CONAGUA, 2018.

Los puntos de muestreo de cuerpos de agua con presencia de los contaminantes previamente mencionado ascienden a 114 puntos de muestreo en “semáforo rojo” lo cual indica que varios indicadores de la calidad de agua no cumplen con la normatividad vigente, 92 tienen incumplimiento en algún indicador y 52 que cumplen con los parámetros; por lo que de continuar con una mala gestión hídrica y de saneamiento de aguas superficiales el riesgo de brotes de infecciones intestinales se presenta como una consecuencia social severa que se puede agravar con las consecuencias del cambio climático.

En términos poblacionales, Jalisco presenta un crecimiento promedio del 9% en las últimas dos décadas (INEGI, 2010).

La explotación de agua tanto subterránea como superficial es crucial para satisfacer las necesidades de la población. La CONAGUA (2020) reporta que a septiembre del 2020 la cantidad de títulos concesionados totales registrados fue de 6,6694 superficiales y 25,318 subterráneos en el estado. Las concesiones agrícolas representan el 33% de las extracciones superficiales y el 63% de las extracciones subterráneas, por otro lado, las concesiones público-urbanas representan el 43% y 10% respectivamente, siendo estos los principales usuarios de los recursos hídricos del estado.

Cuadro III-1. Concesiones de agua en el estado de Jalisco.

Tipo	Uso	Volumen Superficial	Volumen Subterráneo	Agrupación
		[hm ³ / año]	[hm ³ / año]	
Consuntivos	Agrícola	1321.39	1574.13	Agrícola
	Acuacultura	222.80	0.88	
	Múltiples	86.15	420.54	
	Pecuario	2.69	11.98	
	Otros	0.00	0.00	
	Doméstico	0.19	1.41	Abastecimiento público
	Público Urbano	699.22	370.71	
	Servicios	4.83	109.79	Industria Autoabastecida
	Comercio	0.00	0.00	
	Industrial	4.37	99.67	
Agroindustria	0.00	0.00		
No Consuntivos	Gen. De Energía Eléctrica	8943.06	0.00	Hidroeléctricas
	Conservación Ecológica	0.00	0.00	Conservación ecológica

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAGUA (2020).

Distribución de concesiones para usos consuntivos

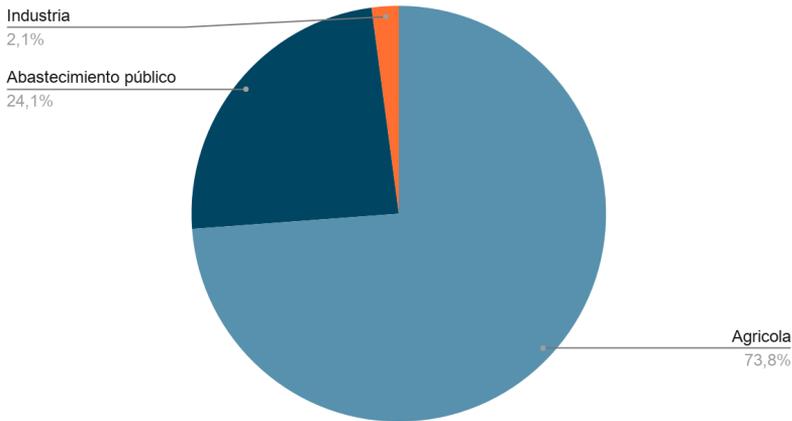


Figura III-9. Gráfico de la proporción de agua concesionada para el estado de Jalisco. Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAGUA (2020).

Comparando la demanda hídrica de Jalisco en contraste a la demanda nacional, en términos de volumen concesionado, Jalisco representa el 5% del volumen total concesionado a nivel nacional (CONAGUA, 2020).

La población en Jalisco en el año 2010 tenía una población comparable con la Chicago en el reporte de la UNESCO “Agua, Megaciudades y Cambio Climático” (Lossouarn, 2016) en el cual se establece que, para el modelo de ciudades altamente densas demográficamente, siempre se presenta como un reto satisfacer la demanda de agua potable. Por lo tanto, es crucial reducir la presión existente en los recursos hídricos disponibles derivada de la demanda asociada a los usos y el crecimiento demográfico

La situación actual de Jalisco sobre la gestión de los recursos hídricos se ve desfavorecida, principalmente, por la gran presión que hay sobre ellos y la vulnerabilidad del agua que está disponible ante cambios bruscos de extracción o en los patrones climáticos. Como se mencionó anteriormente, los sectores que explotan la mayoría de este recurso son el agropecuario y el público-urbano. Estas actividades son las que añaden mayor presión sobre el agua disponible en las cuencas y acuíferos del estado, extrayendo una mayor cantidad de agua de la que puede regenerarse en el medio ambiente. También, otros factores que agregan presión sobre los recursos hídricos son los usos no consuntivos del agua, como las hidroeléctricas instaladas en las presas, debido a las modificaciones que tienen los represamientos sobre los procesos naturales de los cauces.

El Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés) realizó una actualización al marco de estudios de riesgos del agua, llamado *Aqueduct 3.0* (2019), donde evalúa una serie de indicadores que determinan la condición del agua en el mundo a través de datos globales del agua y por medio de modelos hidrológicos e hidrodinámicos. Estos indicadores incluyen los riesgos a las condiciones físicas del agua, como su cantidad y su calidad, y a los problemas de gestión del agua en los gobiernos.

El diagnóstico de los indicadores en Jalisco se refleja en el riesgo general del agua, mostrado en la figura III-10. Este indicador toma los resultados de las condiciones físicas del agua y sus problemas de gestión para englobarse en un solo índice categorizado desde riesgo bajo hasta un riesgo muy alto.

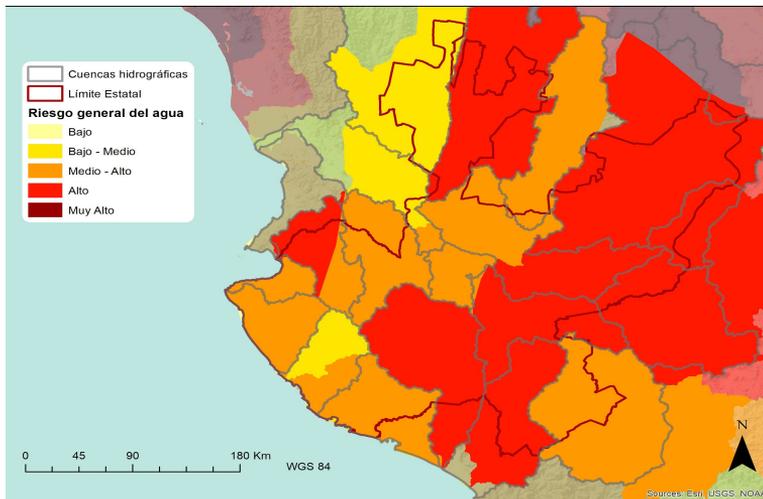


Figura III-10. Condiciones del riesgo general del agua en las cuencas de Jalisco. Fuente: Elaboración propia a partir de la información de riesgos del agua de la WRI, *Aqueduct 3.0* (2019), y cuencas hidrográficas del INEGI (2010).

Cerca de la mitad del territorio del estado se encuentra en un nivel alto de riesgo general del agua. Gran parte del riesgo que refleja la figura anterior está relacionada con la dificultad de adaptación y gestión del agua para las actividades productivas de la región. Los impactos son notorios en el abatimiento y contaminación de cuerpos de agua en un estado propenso a sufrir variabilidades en la disponibilidad del agua.

La Comisión Nacional del Agua en su publicación “Las estadísticas del agua 2018” presenta un mapa de vulnerabilidad climática actualizado a 2012 y muestra la dificultad para satisfacer la demanda proyectada al 2030, la sensibilidad poblacional y económica frente a los fenómenos climáticos y la capacidad de adaptación. Se basa en el grado de explotación de los acuíferos, en donde Jalisco se encuentra en zonas de vulnerabilidad media en casi el total del territorio, sin embargo, la porción norte y altos norte se encuentran en vulnerabilidad alta y muy alta. Esto quiere decir que el estado es susceptible a grandes afectaciones sociales y económicas debido a fenómenos hidrometeorológicos como sequías o precipitaciones intensas, y a fenómenos océano-atmosféricos como “El niño” (CONAGUA, 2018).

En el “Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático” (CONAGUA, 2015) se recopilan los escenarios del cambio climático realizados por varios MCG y se muestran las proyecciones por entidad federativa según las distintas condiciones de RCP. Para el caso de Jalisco, se proyecta una disminución general de la precipitación y un aumento de la temperatura. El escenario pesimista (RCP 8.5) proyecta una disminución en la precipitación de Jalisco de hasta el 11.5% en el periodo de primavera-verano, mientras que en el optimista se proyecta una disminución de -5.6%, ambos en un período lejano (2075-2100). También, se prevé un aumento de 5°C de la temperatura máxima para dicho periodo en el escenario pesimista y de 3°C en el escenario optimista (Arreguín et al., 2015).

Con una disminución de la precipitación en Jalisco y un aumento en la temperatura se puede deducir que la disponibilidad de agua en las fuentes de aprovechamiento tendrá mayor variabilidad y tenderá a disminuir. Por otro lado, el incremento de la temperatura conlleva también un incremento en las tasas de evapotranspiración (Frederick & Mayor, 1997) y en la demanda de irrigación de los cultivos (Robertson, 2017), así como en el uso público-urbano. Sumado a la fuerte presión sobre el agua, Jalisco puede enfrentarse ante un reto hídrico aún más grande a causa del cambio climático.

La variabilidad de los procesos hidrológicos en las regiones áridas y semiáridas es particularmente sensible a los cambios en los patrones climáticos (Frederick & Mayor, 1997). Jalisco se encuentra mayormente en un clima semiárido y subhúmedo, lo que lo hace vulnerable a sequías. La CONAGUA, a través del “Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México” (2012) clasifica la región Alto Santiago con un nivel alto de vulnerabilidad ante sequías, mientras que la costa de Jalisco se encuentra en un nivel medio y el bajo Lerma en un nivel bajo.

En este sentido, Bautista et al. (2013) clasifican las zonas con mayor vulnerabilidad a sequías en Jalisco y determinan que el 26% del territorio estatal se encuentra en vulnerabilidad alta, afectando directamente a las actividades agropecuarias de la región, sus sistemas naturales y a más de un millón de habitantes.

Los cambios en los patrones climáticos que se esperan en Jalisco también tienen impacto sobre la calidad del agua, por ejemplo, en sus parámetros fisicoquímicos debido al aumento de la temperatura. Asimismo, el incremento de sequías en el territorio estatal ocasiona una disminución en la cantidad de agua, por lo que modifica su calidad en cuestión de concentración de contaminantes y muchas veces limitando el abastecimiento de agua (Delpla et al. 2009).

III.3 Reflexiones finales

Gran parte de la resiliencia ante el cambio climático recae en el saneamiento de cuerpos de agua y manejo integral de las cuencas. En Jalisco se cuenta con infraestructura hídrica para el tratamiento de aguas residuales, sumando 222 plantas de tratamiento con diferentes técnicas de saneamiento (biodiscos, lodos activados, humedales, filtros anaerobios, entre otros) de las cuales la CEA (Comisión Estatal de Agua Jalisco) reporta que 117 se encuentran operando libres de cualquier proceso de rehabilitación y mantenimiento. La CEA reporta una capacidad instalada de la infraestructura de saneamiento en el estado de Jalisco total de 534.25 hm³/año; esto es asumiendo que el 100% de las plantas operan al total de su capacidad instalada. Sin embargo, ese escenario se encuentra lejano a la realidad. Únicamente el 53% de las plantas de tratamiento se encuentran operando, siendo la capacidad instalada total de estas 485.09 hm³/año (CEA, 2018).

Si se analizan los títulos concesionados para la descarga residuales registrados en el REPDA (Registro Público del Agua) hasta septiembre del 2020, se obtiene un volumen concesionado de 1630.67hm³/año para los distintos usos consuntivos del estado, de los cuales 548.59 hm³/año son generados por el abastecimiento público. Así que, en Jalisco, existe un déficit de saneamiento de aguas residuales provenientes del abastecimiento público del 12%.

Estos datos reflejan la vulnerable posición en la que se encuentra Jalisco en términos de la gestión hídrica, una carencia de servicios de saneamiento resta capacidad de resiliencia ante los efectos del cambio

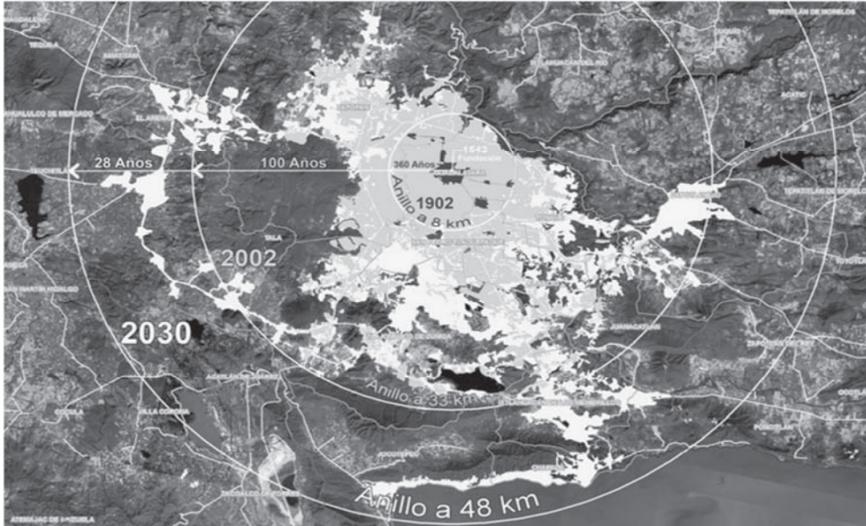
climático. El no brindar agua de calidad puede desencadenar crisis de salud pública y grandes afectaciones a los sectores económicos, por lo que es crucial el fortalecimiento de la gestión del recurso, aumentando la capacidad de saneamiento y optimizando los usos y concesiones del agua.

La zona conurbada de Jalisco, conocida como Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), actualmente cuenta con 8 municipios, y tan solo para el periodo de 2002 a 2009 se presentó un crecimiento de la zona urbanizada de 6100 ha. El resultado de este crecimiento ha sido una extensión caótica y completamente ajena a la aptitud del territorio o del medio ambiente, dañando irreversiblemente el drenaje natural de la ciudad (Pulido, Bautista, y Guevara 2013).

Por otro lado, las proyecciones poblacionales no son alentadoras para la demanda hídrica. Según el Consejo Nacional de Población (CONAPO), para el 2030, tan solo la ZMG podría alcanzar a los 5, 514,718 habitantes, siendo el 60% del total proyectado para el estado de Jalisco.

El ritmo al que ha crecido la zona urbanizada presenta un riesgo para la gestión de los recursos hídricos debido al alto grado de impermeabilización de zonas cruciales para la conservación de agua subterránea. Una medida de mitigación ante el cambio climático, como se mencionó previamente, es la conservación de una fuente viable de agua potable como es el agua subterránea; pero la extensión de las zonas impermeabilizadas en suelos de alta infiltración cruciales para la recarga de acuíferos se presenta como un reto que obstaculizan la capacidad de resiliencia del estado.

La UNESCO establece que el crecimiento de las urbes está ampliamente relacionado con el aumento en las superficies impermeables, lo cual se presenta como un desafío para la gestión del agua de escurrimientos. Actualmente se viven consecuencias del crecimiento desmedido sin comprensión previa de la dinámica hidrológica, tales como constantes inundaciones, hundimientos de ciertos puntos de la ciudad y deslaves que se presentan cuando los volúmenes de tormenta superan la capacidad de drenaje, esto en consecuencia de anular el drenaje natural de la cuenca (Pulido et al. 2013).



Fuente: Elaborado por el iTerritorial con base en estimaciones de superficie apoyadas en proyecciones de población del CONAPO, 2012.

Figura III-11. Escenario geográfico de la proyección de crecimiento de la ZMG a 2030. Fuente: Extraído del documento “Expansión Territorial y Poblacional de la Zona Metropolitana de Guadalajara” de Pulido, et. al. 2013.

Es crucial que Jalisco priorice la mitigación de riesgos derivados del cambio climático, la gestión hídrica del estado debe abarcar la perspectiva social y económica del abastecimiento del recurso asegurando agua de calidad y suficiente para los crecimientos poblacionales esperados; otra clave importante es reducir la velocidad a la cual se expande la zona conurbada debido a que este crecimiento reduce considerablemente la capacidad de gestionar el agua proveniente de la escorrentía ya que se aumenta la superficie impermeabilizada.

El aprovechamiento de agua pluvial puede resultar clave en la satisfacción de las demandas hídricas, por lo que un sistema de drenaje para aguas pluviales diferenciado al alcantarillado público puede aumentar la eficiencia en la gestión del recurso. Para las zonas urbanas que ya presentan problemáticas de déficit, inundaciones y falta de gestión de escorrentía, la UNESCO en el documento “Agua, Megaciudades y Cambio Climático” propone infraestructuras verdes (green infrastructure) esto para reducir ampliamente la cantidad de agua pluvial que ingresa al sistema de aguas residuales, estas consisten desde la creación de techos

verdes, tanques biológicos y jardines de lluvia con cisternas para la captura del escurrimiento.

Algunos efectos inherentes del cambio climático como el aumento de temperatura del mar, el aumento del nivel del mar y la acidificación de las costas derivada a la captura de dióxido de carbono del océano son escenarios que Jalisco debe prever para el desarrollo de las actividades debido a su posición geográfica. Estos efectos no solo afectarán directamente a la pesca y el turismo de la costa, si no que impactarán los servicios ecosistémicos de los humedales costeros y los ecosistemas de arrecifes de coral (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático 2018).

Sin duda alguna el estado de Jalisco puede vivir consecuencias progresivas por la falta de resiliencia ante los efectos del cambio climático; sin embargo, la implementación de políticas para una urbanización mucho más consciente y controlada, la mejora de los servicios y vías de comunicación con los municipios adyacentes previniendo la continua migración y el mejoramiento del saneamiento de las aguas residuales son los primeros pasos para prevenir catástrofes.

Se necesita iniciar con una agenda de mitigación y adaptación de los efectos previamente mencionados para que la sociedad y las actividades productivas sean capaces de ceder y evolucionar ante un clima cambiante.

III.4 Referencias bibliográficas

- Arreguín, Felipe, Olivia Rodríguez, y Martín Montero. (2015). *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. Primera edición. Juitepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Brekke, L. D. (2009). *Climate Change and Water Resources Management: A Federal Perspective*. DIANE Publishing Company.
- Brooks, Kenneth N., Peter F. Ffolliott, y Joseph A. Magner. (2012). «Hydrologic Cycle and the Water Budget». Pp. 27-48 en *Hydrology and the Management of Watersheds*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Cléo Lossouarn. (2016). *Agua, Megaciudades y Cambio Climático*. UNESCO.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. (2018). «Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático».
- CONAGUA Comisión Nacional del Agua. (2018). «Estadísticas del Agua en México», México, D.F.: SEMARNAT.

- CONAGUA Comisión Nacional del Agua. (2020). «Estado de Jalisco: Títulos y volúmenes de aguas nacionales y bienes inherentes por uso de agua». México, D.F.: SEMARNAT.
- CONAGUA Comisión Nacional del Agua. (2018a). «Situación de los Recursos hídricos». Pp. 26-71 en *Estadísticas del Agua en México*. Ciudad de México. D.F.: SEMARNAT
- CONAGUA Comisión Nacional del Agua. (2018b). «Usos del agua». Pp. 72-94 en *Estadísticas del Agua en México*. Ciudad de México, D.F.: SEMARNAT
- Cotler, Helena, A. Garrido, Verónica Bunge, y M. L. Cuevas. (2010). «Las cuencas hidrográficas de México: Priorización y toma de decisiones». *Las Cuencas Hidrográficas De México: Diagnóstico Y Priorización* 210-15.
- Cuervo, A. P., O. Téllez, M. A. Gómez, C. S. Venegas, J. Manjarrez, y E. Martínez. (2015). «Temperatura media anual en México (1910-2009)». Escala 1:1000000. CONABIO
- Delpla, I., A. V. Jung, E. Baures, M. Clement, y O. Thomas. (2009). «Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production». *Environment International* 35(8):1225-33. DOI: 10.1016/j.envint.2009.07.001.
- Fernández, A., Zavala, J., Romero, R., Conde, A.C., Trejo, R.I. (2015). *Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en México y Centro América*. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Autónoma de México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Frederick, Kenneth D., y David C. Major. (1997). Climate Change and Water Resources. *Climatic Change* 37(1):7-23. doi: 10.1023/A:1005336924908.
- García, E. (1990). «Rangos de humedad». Escala 1:4000000. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía UNAM.
- Helena Cotler, y Daniel Iura González. (2010). Contaminación Potencial Difusa Por Actividad Agrícola. en *Las Cuencas Hidrográficas de México: Diagnóstico y Priorización*.
- IIEGJ Instituto de Información Estadística y Geografía. (2012). Mapa General del estado de Jalisco 2012. Escala 1:50000. Instituto de Información Estadística y Geografía.
- INEGI Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información. (2015). *Densidad Poblacional*. Consultado 27 octubre 2020 en <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>
- INEGI Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información. (2010). Red hidrográfica, subcuencas hidrográficas de México. Escala 1:50000. 2da Edición.

- IPCC Intergovernmental Panel of Climate Change. (2014). Observed Changes and their Causes. en *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ginebra, Suiza. Pp. 39-54
- Perlman, Howard & John Evans. (2019). «El Ciclo Del Agua». USGS. <https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/water-cycle>
- Priego, A. G., E. Isunza, N. Luna, y J. L. Pérez. (2007). «Mapa de Cuencas Hidrográficas de México, 2007». Escala 1:250000. INEGI, INE y CONAGUA. México, D.F.
- Pulido, Humberto, Maximiliano Bautista, y Montserrat Guevara. (2013). «Expansión Territorial y Poblacional de la Zona Metropolitana de Guadalajara». en *Jalisco, Territorio y Problemas del Desarrollo*. Zapopan, Jalisco: Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco.
- Robertson, Margaret. (2017). «Water». P. 127 en *Sustainability Principles and Practice*. New York: Routledge.
- Vannasy, Moukmany, y Nobukazu Nakagoshi. (2016). Estimating Direct Runoff from Storm Rainfall Using NRCS Runoff Method and GIS Mapping in Vientiane City, Laos. *International Journal of Grid and Distributed Computing* 9:253-66. DOI: 10.14257/ijgdc.2016.9.4.23.
- Veronica Bunge. (2010). La Disponibilidad Natural de Agua En Las Cuencas de México. en *Las Cuencas Hidrográficas de México: Diagnóstico y Priorización*. Consultado 25 octubre 2020 en <https://micrositios.inecc.gob.mx/cuenca/diagnostico/10-disponibilidad-agua.pdf>
- Willem, Rutger, Samantha Kuzma, Sara Walker, Edwin H. Sutanudjaja, Marc F. P. Bierkens, Marijn Kuijper, Marta Faneca, Rens Van Beek, Yoshihide Wada, Sandra Galvis, y Paul Reig. (2019). Aqueduct 3.0: Updated Decision-Relevant Global Water Risk Indicators. Consultado 24 octubre 2020 en <https://www.wri.org/publication/aqueduct-30>

Cambio climático y su impacto en el sector agrícola de Jalisco

José Ariel Ruiz Corral

Giovanni Emmanuel García Romero

Resumen

El sector agrícola, es naturalmente vulnerable a los efectos del cambio climático, porque con excepción de los sistemas de agricultura protegida, el resto de los sistemas de producción de cultivos está sujeto a la variabilidad del clima, la cual se ha exacerbado con la presencia del cambio climático. El cambio climático implica cambios en el agroclima para los cultivos, los cuales se derivan de cambios atmosféricos (que se traducen en modificaciones de patrones climáticos) y de la interacción de éstos con las características de los suelos de las áreas agrícolas. De acuerdo con estudios previos, en Jalisco, el cambio agroclimático más tipificado hasta ahora consiste en un incremento de la temperatura, una disminución de los días con lluvia y de la precipitación anual, mayor disponibilidad de radiación solar, menor humedad relativa y mayor evapotranspiración, lo cual se ha venido traduciendo en una estación de crecimiento más corta y con mayor déficit hídrico, redundando en pérdidas de rendimiento en las cosechas. A futuro, los modelos de circulación global pronostican que estas tendencias no variarán o se acentuarán, por lo que es necesario que se implementen medidas de adaptación que permitan mejorar la resiliencia de los agrosistemas estatales. Dentro de las estrategias más relevantes que han implementado productores agrícolas e investigadores para reducir el impacto del cambio climático en la producción agrícola, se encuentran el mejoramiento de la calidad de los suelos y el mejoramiento genético de los cultivos.

IV.1 Introducción

El sector agrícola, es naturalmente vulnerable a los efectos del cambio climático, porque con excepción de los sistemas de agricultura protegida, el resto de los sistemas de producción de cultivos está sujeto a la variabilidad del clima, la cual se ha exacerbado con la presencia del cambio climático.

Aunque el cambio climático es un fenómeno global, sus impactos en las áreas agrícolas tienen un carácter regional, el cual se relaciona con el nivel de resiliencia de las diferentes zonas agroclimáticas de una región, la cual está dada por la disponibilidad de recursos naturales en cada una de las regiones agroclimáticas, principalmente el recurso hídrico. La Figura IV-1 muestra la diversidad agroclimática presente en el Estado de Jalisco. Como puede verse en el mapa de dicha Figura, la gama de regiones agroclimáticas en la Entidad comprende condiciones tanto de humedad como de temperatura contrastantes, desde áreas semiáridas hasta áreas húmedas y desde zonas templadas hasta zonas muy cálidas. Esta diversidad, permite por un lado el cultivo de una gran variedad de especies de plantas, pero por otro lado implica también diferente grado de vulnerabilidad y riesgos climáticos, tales como sequía, inundaciones, daño por altas temperaturas, daños por heladas, granizadas y otros. En el Estado de Jalisco, las áreas agrícolas se distribuyen prácticamente en todas las regiones agroclimáticas que se muestran en el mapa de la Figura IV-1, por lo que su capacidad de resiliencia ante los efectos del cambio climático es muy variada.

El cambio climático implica cambios en el agroclima para los cultivos, los cuales se derivan de cambios atmosféricos (que se traducen en modificaciones de patrones climáticos) y de la interacción de éstos con las características de los suelos (Figura IV-2) de las áreas agrícolas.

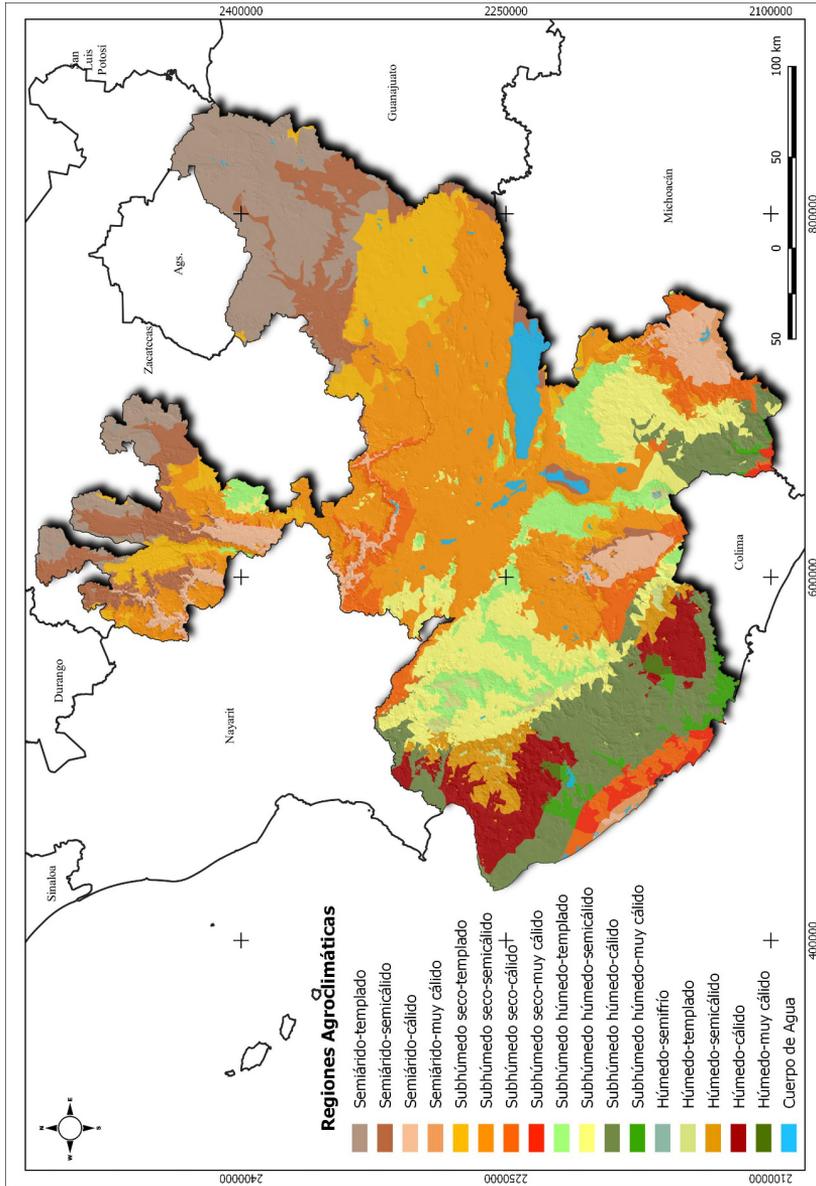


Figura IV-1. Diversidad agroclimática del Estado de Jalisco.

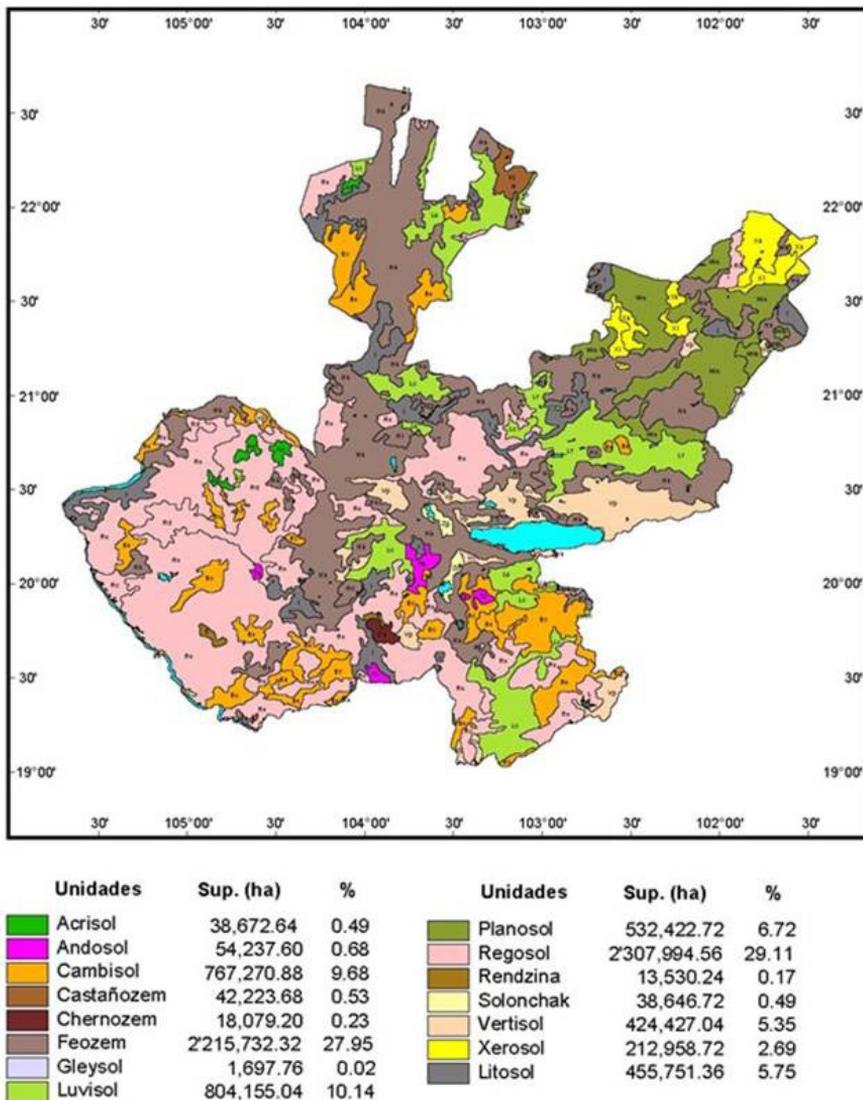


Figura IV-2. Diversidad edáfica (Unidades de suelo FAO) del Estado de Jalisco.

De acuerdo con estudios previos, en Jalisco, el cambio climático más tipificado hasta ahora consiste en un incremento de la temperatura, una disminución de los días con lluvia y de la precipitación anual, mayor

disponibilidad de radiación solar, menor humedad relativa y mayor evapotranspiración (Ruiz et al., 2011; Zarazúa et al., 2011; Ruiz et al., 2016a; Durán et al., 2020). Estas modificaciones climáticas, de manera general, se traducen para Jalisco en una estación de crecimiento de menor duración y con mayor déficit hídrico en cultivos bajo condiciones de temporal (Ruiz et al., 2016b), aunque al interactuar con las características de los suelos agrícolas del Estado, en realidad propician una amplia gama de nuevas condiciones agroclimáticas bajo las cuales desarrollan los cultivos en cada región de la Entidad. En condiciones de regadío, los patrones de cultivo encuentran una estación de crecimiento más amplia al reducirse el periodo del año con presencia de heladas

La interacción clima-suelo, puede incluso permitir en diversos casos reducir o anular un cambio climático adverso, como la reducción de la cantidad de precipitación en la estación de crecimiento. La presencia de un suelo profundo con gran capacidad de almacenamiento de humedad, puede abastecer de humedad al cultivo en periodos con disminución de la precipitación, evitando las pérdidas de rendimiento por sequía. Los suelos agrícolas de la región Centro, región Ciénega y región Valles, son un buen ejemplo de esta condición edafoclimática.

En la Figura IV-3 se puede ver con detalle la distribución espacial de diversos intervalos de capacidad de almacenamiento de humedad en los suelos agrícolas del Estado. Como puede notarse, los suelos con la mayor capacidad de almacenamiento de humedad del suelo en Jalisco se concentran en las ya conocidas regiones de mayor producción de cultivos bajo condiciones de temporal, como lo son la región Centro, la región Ciénega y la región Valles.

En las regiones mencionadas anteriormente, se conjugan suelos profundos con alta capacidad de almacenamiento de humedad y buenos niveles de precipitación durante la estación de crecimiento, por lo que estas regiones podrían considerarse también como las de mayor resiliencia ante los efectos del cambio climático en sistemas agrícolas de temporal.

Los efectos del cambio climático sobre la agricultura se describen de manera esquematizada en la Figura IV-4.

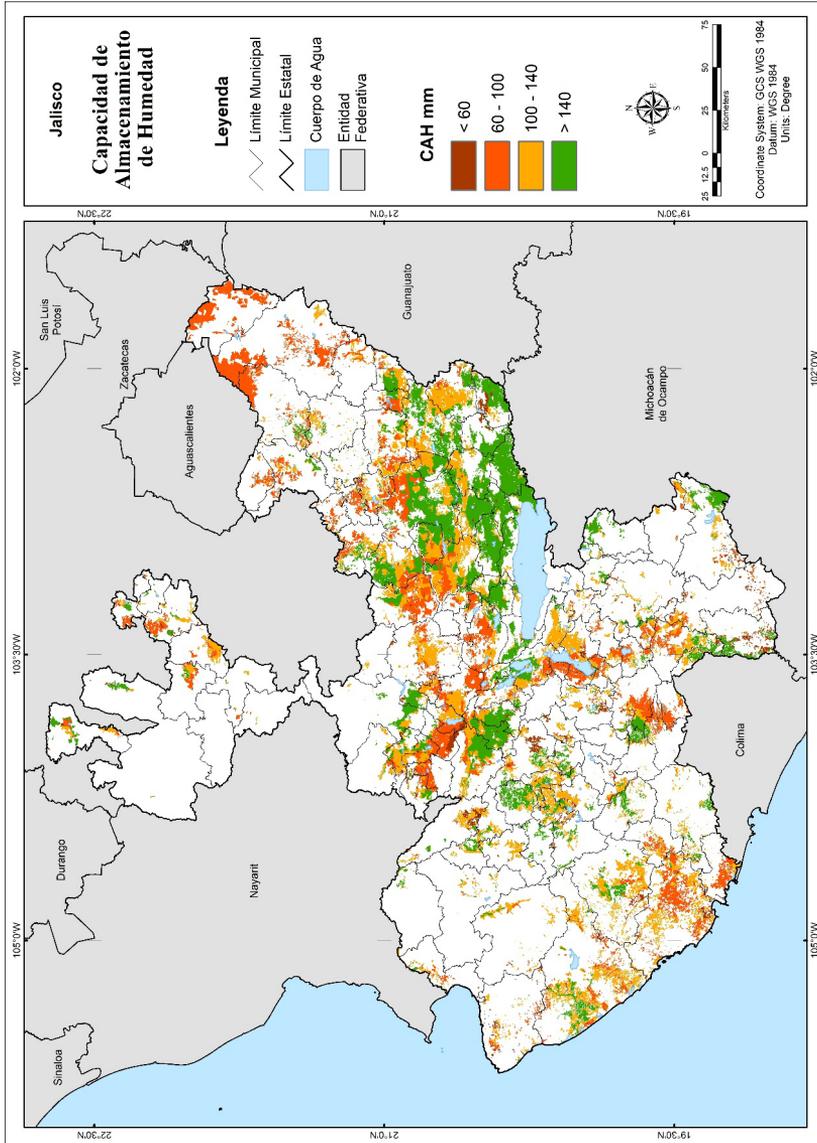


Figura IV - 3. Capacidad de almacenamiento de humedad del suelo en áreas agrícolas del Estado de Jalisco.

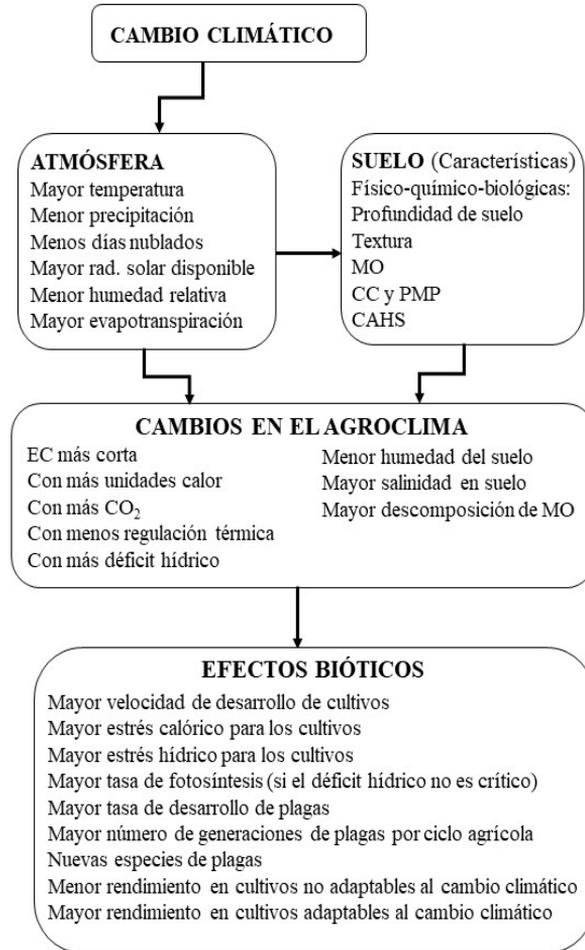


Figura IV- 4. Efectos agroclimáticos, bióticos y económicos del cambio climático en la agricultura.

IV.2 Cambios en el agroclima y efectos bióticos

Los cambios en los patrones climáticos, se reflejan en el agroclima disponible para los ciclos de cultivo y éstos a su vez generan efectos en los organismos vivos implicados en un sistema de producción agrícola.

Incremento de rendimiento y reducción de pérdida de agua en cultivos por el incremento de CO₂ atmosférico

Mayores concentraciones de CO₂ promueven un incremento en la tasa fotosintética de los cultivos y con ello propician un incremento en el rendimiento a la cosecha. De manera adicional, el incremento de CO₂ da lugar a una reducción en la pérdida de agua durante la transpiración. Para captar el CO₂ de la atmósfera, las plantas abren sus estomas, localizados en las hojas, pero en este proceso, al abrirse los estomas, los cultivos transpiran cediendo agua hacia la atmósfera. Esta pérdida de agua en las planas está siendo reducida por el incremento del CO₂, el cual evita que los estomas se abran por completo, incrementando así la eficiencia en el uso del agua (Deryng et al., 2016). Estos beneficios, sin embargo, pueden variar en magnitud e incluso llegar a ser nulos, dependiendo de las condiciones de nitrógeno y agua disponible en el suelo, ya que el nitrógeno juega un papel clave en la asimilación de CO₂ (Corrales-González et al., 2016) y la disponibilidad de nitrógeno depende en buena medida de la cantidad de agua presente en el perfil del suelo (Inzunza et al., 2010).

Incremento de temperatura y desarrollo de los cultivos

El incremento de la temperatura tiene varios efectos sobre el desarrollo de cultivos: a) aceleración de la fenología de los cultivos, esto es que las etapas de desarrollo se completen en menos tiempo. Lo anterior tiene implicaciones que afectan el rendimiento de los cultivos (Rezaei et al., 2014), principalmente porque se dispone de menos tiempo para el llenado de grano o integración del tamaño final de frutos, además de que en regiones donde el cultivo se produce ya bajo condiciones térmicas óptimas, el incremento de temperatura suele disminuir la calidad de la floración y los productos agrícolas (Ramírez et al., 2011; Valenzuela et al., 2014; Medina et al., 2017), aunque este efecto puede variar entre especies y entre regiones.

Otro efecto del incremento de la temperatura sobre los cultivos es la modificación del periodo libre de heladas. Comúnmente se reporta que el incremento de temperatura está dando lugar a una ampliación del periodo libre de heladas, por la ocurrencia de un menor número de días con helada debido al calentamiento global, y así se ha demostrado para algunas regiones del planeta, pero este fenómeno presenta inconsistencias sobre todo en la fecha de presentación de la primera helada (Zhong et al., 2017). En el caso del Estado de Jalisco, generalmente la ocurrencia de heladas no

interfiere con la estación de crecimiento para cultivos de temporal (Ruiz et al., 2016), esto es que las heladas se presentan una vez que se retiraron las lluvias y terminaron de ocurrir las etapas fenológicas en que los cultivos pueden ser dañados significativamente por la ocurrencia de heladas. Con el avance del calentamiento atmosférico en las próximas décadas se espera que este fenómeno meteorológico represente un riesgo aún menor para la agricultura de temporal (Ruiz et al., 2016b). Sin embargo, en los últimos años se ha empezado a observar otro posible efecto del cambio climático en la presencia de heladas, el cual consiste en la presencia cada vez más frecuente de heladas tardías (en primavera), las cuales han causado daños cuantiosos a los cultivos de regadío del ciclo otoño-invierno. Esto refleja que aún se requieren estudios complementarios para evaluar de manera integral los efectos del cambio climático sobre la presencia de heladas en las regiones agrícolas del país en general y del Estado en particular.

Por otro lado, la disminución de acumulación de frío en la temporada invernal si es un efecto del cambio climático vastamente comprobado en diferentes regiones del país e incluso en el Estado de Jalisco (Ramírez et al., 2011; Grageda et al., 2016). Este efecto del cambio climático, trae como consecuencia el encarecimiento de los sistemas de producción cultivos que requieren acumulación de frío para provocar la brotación e inicio del nuevo ciclo de desarrollo, ya que esto obliga a la aplicación de productos químicos compensadores de frío para inducir artificialmente la brotación en frutales y herbáceas caducifolias.

Incremento de temperatura y dinámica de plagas

El incremento de temperatura durante el ciclo agrícola, también afecta el desarrollo del resto de los organismos vivos que habitan en los agroecosistemas. Este es el caso de los insectos plaga o artrópodos plaga, que al igual que las plantas, son organismos poiquilotermos, es decir que adoptan la temperatura ambiente. Como sucede con la fenología de los cultivos, la fenología de los insectos también se acelera con el incremento de la temperatura, esto provoca que las etapas de desarrollo se acorten y provoquen que sea posible tener más generaciones de insectos o artrópodos plaga por ciclo de producción. En el Cuadro IV.1 se puede ver el número de generaciones de algunos organismos plaga, que se puede esperar en la climatología actual y en la climatología año 2050 en el Estado de Jalisco, para varios cultivos importantes. De acuerdo con esta información, en la región Trópico *Aenolamia postica* incrementaría de 3 a 4 generaciones

para el año 2050; *Bemisia tabaci* incrementaría de 3 a 4 generaciones en la región Subtrópico; *Helicoverpa zea* y *Nezara viridula* incrementarían de 1 a 2 generaciones en la Zona de Transición y, *Phyllophaga* spp., aparecería como plaga en la Zona de Transición para el año 2050. Para el caso de *Agrotis segetum* y *Epilachna varivestis*, no se observarían nuevas generaciones durante el ciclo de cultivo para el año 2050 en ninguna región.

Cuadro IV. 1. Número de generaciones de organismos plaga en varios cultivos importantes del Estado de Jalisco bajo la climatología actual (Ref) y climatología año 2050 en el ciclo primavera-verano (Tomado de Ruiz et al., 2018).

	Hospedante	Tb	Ciclo GDD	Trópico Climatología		Subtrópico Climatología		Zona Transición Climatología		Valles Altos Climatología	
				Ref	2050	Ref	2050	Ref	2050	Ref	2050
<i>Aenolamia postica</i>	Maíz	15.1	357	3	4	2	2	1	1	0	1
<i>Agrotis segetum</i>	Maíz y trigo	10.0	914	2	2	1	1	1	1	1	1
<i>Bemisia tabaci</i>	Frijol	10.0	316	5	5	3	4	3	3	2	2
<i>Epilachna varivestis</i>	Frijol	8.8	454.5	4	4	3	3	2	2	2	2
<i>Helicoverpa zea</i>	Maíz, sorgo	12.0	539	3	3	2	2	1	2	1	1
<i>Nezara viridula</i>	Maíz	9.2	609	3	3	2	2	1	2	1	1
<i>Phyllophaga</i> spp.	Maíz, sorgo, frijol	9.0	1865	1	1	1	1	0	1	0	0

Trópico: áreas de 0 a 1200 msnm; **Subtrópico:** áreas de 1200 a 1900 msnm; **Zona de Transición:** áreas de 1900 a 2200 msnm; **Valles Altos:** áreas de 2200 a 2600 msnm. Estos son convencionalismos que utiliza el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del INIFAP (Ruiz et al., 2018). Fuente: Elaboración propia.

Disminución de la precipitación, incremento de la evapotranspiración y reducción de la estación de crecimiento

En Jalisco, el patrón de cambio más generalizado tanto bajo una visión retrospectiva como prospectiva apunta hacia una reducción de los niveles de precipitación anual y estacional (Ruiz et al., 2016), con lo que disminuye el número de días nublados, se incrementa la radiación solar disponible en el ciclo de cultivo y aumenta la evapotranspiración potencial. Esto redundaría en una disminución de la estación de crecimiento, la cual se define como el periodo del año en que se dispone de condiciones de humedad y temperatura adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (FAO, 1978).

En la Figura 5 se puede ver el impacto que el cambio climático tendría para el año 2050 y año 2070 en la duración de la estación de crecimiento en Jalisco. Como puede verse, para el año 2050, las áreas con mayor longitud de estación de crecimiento tienden a disminuir en superficie. Esto se puede visualizar claramente en el mapa de la Figura IV-5, al darle seguimiento a las áreas de 150-180 días y de 120-150 días. Esto se acentúa aún más para el año 2070 donde las áreas de 150-180 días prácticamente desaparecen.

En contraposición, las áreas con menor duración de estación de crecimiento incrementan su cobertura en superficie tanto en la climatología 2050 como en la climatología 2070, como es el caso de las áreas con estación de crecimiento de 90 a 120 días y de menos de 90 días.

De acuerdo con Ruiz et al. (2016b) la pérdida de días de estación de crecimiento en el Estado para los años 2050 y 2070, se debería fundamentalmente a un retraso en la fecha de inicio de la estación de crecimiento.

Estos datos, son indicadores de que el cambio climático que se espera para el Estado de Jalisco durante el presente siglo, a mediano y largo plazo, plantean una situación desfavorable para la agricultura de temporal, lo que hará necesario plantear medidas de adaptación de los sistemas de producción agrícola que se dirijan a reducir el impacto negativo que el cambio climático podría tener en la agricultura del Estado.

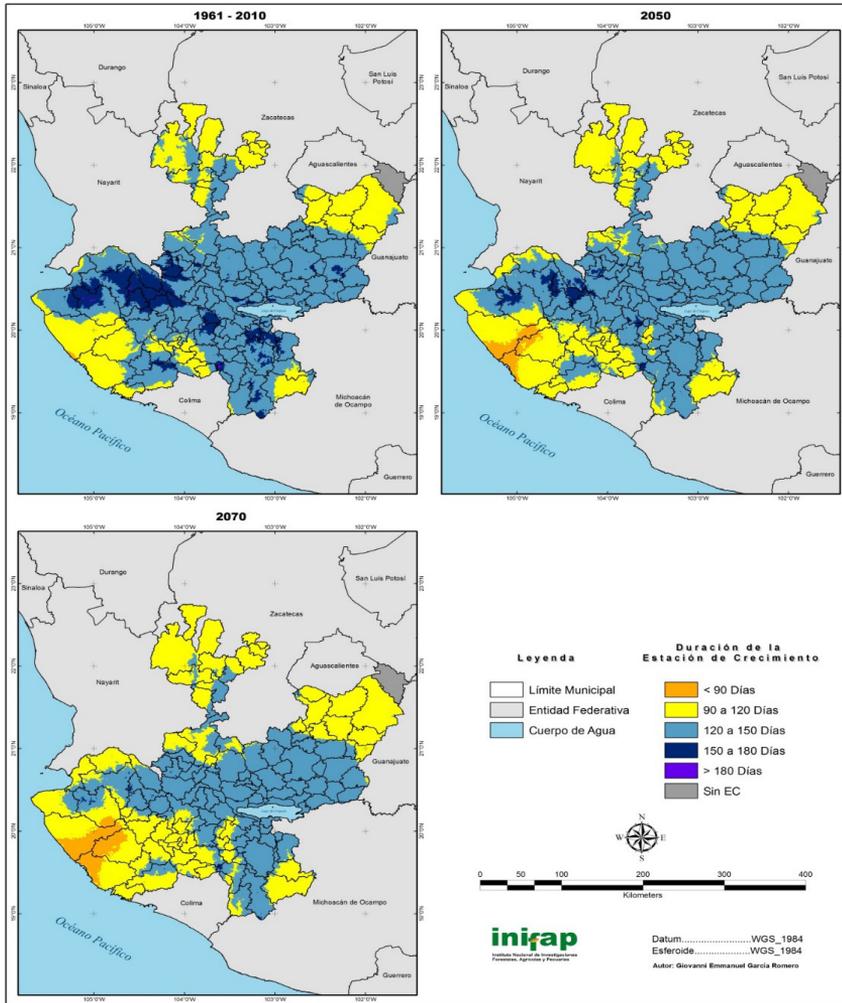


Figura IV-5. Cambios esperados para la duración de la estación de crecimiento en los años 2050 y 2070, con relación a la climatología de referencia (1961-2010). Fuente: Ruiz et al., 2016b.

IV.3 Efecto del cambio climático sobre las áreas potenciales de cultivos

Finalmente, uno de los efectos más visibles del cambio climático sobre la agricultura es la disminución o incremento de áreas potenciales para cultivos. Cabe señalar que ambos casos son posibles, ya que el origen geográfico y la adaptación ambiental de las especies de cultivo son muy variados. En términos generales, y climáticamente hablando, se considera que existen cultivos de origen tropical, subtropical y templado. En este sentido, el calentamiento global está posibilitando en la actualidad la siembra de cultivos subtropicales en regiones templadas y semifrías, y la siembra de cultivos tropicales en el subtrópico, debido precisamente al incremento de temperatura y a la disminución de la presencia de heladas durante el año.

Por cuestiones de espacio, no es posible en este documento, mostrar todos los resultados que se tienen en el diagnóstico de áreas potenciales de cultivos en Jalisco, bajo ambientes de cambio climático. Sin embargo, como muestra de ello, en la Figura 6 se describe gráficamente la evolución que tendrían las áreas potenciales para maíz a partir del escenario climático actual (1961-2010) y hacia los años 2030, 2050 y 2070. Es evidente que el cambio climático del presente siglo reduciría de manera significativa la superficie de alto potencial de producción de maíz en el Estado, con 18, 31 y 43% de disminución de la superficie en 2030, 2050 y 2070, respectivamente. Este resultado indica también la presencia de una señal de alarma para el futuro de la agricultura de temporal en Jalisco y también indica la necesidad de planear medidas de adaptación del cultivo de maíz, entre ellas la de disponer a futuro de variedades de mayor eficiencia en el uso del agua y resistencia a la sequía, mayor tolerancia al calor y mayor resistencia a plagas y enfermedades. El mejoramiento genético ha estado enfocado a estos propósitos en los últimos años, pero el cambio climático está imponiendo retos cada vez más altos, pues se tendrá que incrementar o mantener el rendimiento de los cultivos en condiciones ambientales más adversas.

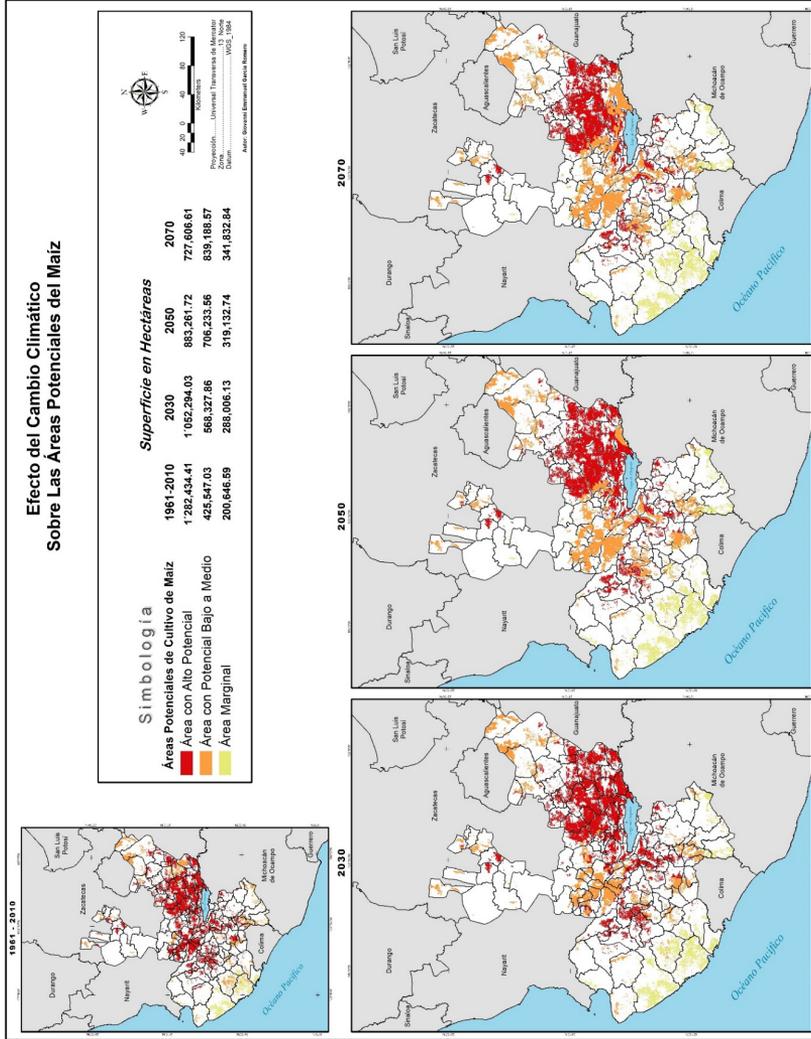


Figura IV-6. Efecto del cambio climático de los años 2030, 2050 y 2070 sobre las áreas potenciales para maíz de temporal en Jalisco (Ruiz et al., 2021b).

IV.4 Referencias bibliográficas

- Corrales González, M., Rada, F. y Jaimez, R. (2016). Efecto del nitrógeno en los parámetros fotosintéticos y de producción del cultivo de la gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook. f.). *Acta Agron.*, 65(3): 255-260. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n3.49555>.
- Deryng, D., Elliott, J., Folberth, C., Müller, C., Pugh, T.A.M., Boote, K.J., Conway, D., Ruane, A.C., Gerten, D., Jones, J.W., Khabarov, N., Olin, S., Schaphoff, S., Schmid, E., Yang, H., and Rosenzweig, C. (2016). Regional disparities in the beneficial effects of rising CO₂ concentrations on crop water productivity. *Nature Climate Change*, 6: 786-790.
- Durán Puga, N., Loya Olguín, J.L., Ruiz Corral, J.A., González Eguiarte, D.R., García Paredes, J.D, Martínez González, S. y Crespo González, M.R. (2020). Impacto del cambio climático en la distribución potencial de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en México. *Rev Mex Cienc Pecu*, 11(Supl 2): 93-106.
- FAO. 1978. Agroecological zones project. World soil resources. Africa. Geneva, Switzerland. 48(1): 158.
- Grageda Grageda, J., Ruiz Corral, J.A., García Romero, G.E., Núñez Moreno, J.H., Valenzuela Lagarda, J., Ruiz Álvarez, O., y Jiménez Lagunes, A. (2016). Efecto del cambio climático en la acumulación de horas frío en la región nogalera de Hermosillo, Sonora. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 13: 2487-2495.
- Inzunza Ibarra, M.A., Catalán Valencia, E.A., Sánchez Cohen, I., Villa Castorena, M. y Román López, A. (2010). Modelo de producción de trigo bajo déficit hídrico en dos períodos de crecimiento. *Terra Latinoamericana*, 2884: 335-344.
- Medina García, G. Mena Covarrubias, J., Ruiz Corral, J.A., Rodríguez Moreno, V.M. y Soria Ruiz, J. (2017). El cambio climático afecta el número de horas en los rangos térmicos del chile en el Norte-Centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 8(8): 1797-1812.
- Ramírez Legarreta, M.R., Ruiz Corral, J.A., Medina García, G., Jacobo Cuéllar, J.L., Parra Quezada, R.A., Ávila Marioni, M.R., y Amado Álvarez, J.P. (2011). Perspectivas del sistema de producción de manzano en Chihuahua, ante el cambio climático. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 3(2): 223-237.
- Rezaei, E.E., Siebert, S. and Ewert, F. (2015). Intensity of heat stress in winter wheat-phenology compensates for the adverse effect of global warming. *Environ. Res. Lett.*, 10(2015)024012.

- Ruiz Corral, J.A., Medina García, G., Ramírez Díaz, J.L., Ramírez Ojeda, G., Manríquez Olmos, J.D., Zarazúa Villaseñor, P., González Eguiarte, D.R., Díaz Padilla, G., De La Mora Orozco, C. (2011). Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 3(2): 309-323.
- Ruiz Corral, J.A., Medina García G., Rodríguez Moreno, V., Sánchez González, J.J., Villavicencio García, R., Durán Puga, N., Grageda Grageda, J. y García Romero G.E. (2016a). Regionalización del cambio climático en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 13: 2451-2464.
- Ruiz Corral, J.A., Medina García, G., Flores López, H.E., Ramírez Díaz, J.L., De la Cruz Larios, J.F., Villalpando Ibarra, J.F., Durán Puga, N. García Romero, G.E. y Ruiz Álvarez, O. (2016b). Impacto del cambio climático sobre la estación de crecimiento en el estado de Jalisco, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 13: 2627-2638.
- Ruiz Corral, J.A. et al. (2018). Cambio climático y su impacto sobre el rendimiento, producción y viabilidad del cultivo de maíz en las áreas agrícolas de México. Informe Final de Proyecto. INIFAP-CIRPAC-Campo Exp. Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Documento no publicado. 100 p.
- Valenzuela Solano, C., Ruiz Corral, J.A., Ramírez Ojeda, G. y Hernández Martínez, R. (2014). Efectos del cambio climático sobre el potencial vitícola de Baja California, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 10: 2047-2059.
- Zarazúa Villaseñor, P., Ruiz Corral, J.A., González Eguiarte, D.R., Flores López H.E. y Ron Parra, J. (2011). Impactos del cambio climático sobre la agroclimatología del maíz en la Ciénega de Chapala, Jalisco. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, 3(2): 351-363.
- Zhong, S., Yu, L., Winkler, J.A., Tang, Y., Heilman, W.E., and Bian, X. (2017). The impact of climate change on the characteristics of the frost-free season over the contiguous USA as projected by the NARCCAP model ensembles. *Climate Research*, 72: 53-72. DOI: <https://doi.org/10.3354/cr01450>.

Clima y los bosques de Jalisco

Daniel Armando Herrera Bojórquez

Resumen

El presente trabajo aborda una breve descripción de la relación existente entre los bosques, el cambio climático y el calentamiento global. Comienza haciendo una caracterización de los bosques en el estado, en términos de superficie, distribución y composición de especies. A continuación, se realiza una presentación del rol que juegan los bosques en el ciclo del carbono y su importancia como reservorios o sumideros de carbono. También se abordan los posibles impactos del cambio climático en diversas áreas como son; incendios forestales, plagas y la migración de especies de manera natural y asistida. Se incluye además un breve apartado sobre la importancia de los bosques urbanos para el control del clima en las ciudades y el capítulo finaliza discutiendo la importancia de la implementación de objetivos y metas vinculados al cambio climático en la gestión de los bosques del estado.

V.1 Introducción

En capítulos anteriores se definieron los conceptos de cambio climático y calentamiento global, así como la relación que existe entre las actividades humanas y la aceleración de estos procesos naturales en nuestro planeta. En este apartado exploraremos la relación existente entre los bosques y estos fenómenos haciendo énfasis en los posibles impactos y retos para el estado de Jalisco.

La conferencia de 1972 en Estocolmo sobre medio ambiente humano reconoció los efectos negativos de la rápida industrialización que siguió a la segunda guerra mundial. Subsecuentemente, el efecto de la extracción

y quema de combustibles fósiles, la manufactura y liberación de químicos tóxicos y contaminantes en agua y aire, la destrucción de bosques, erosión del suelo, etc., se documentó sin ambigüedades por la comisión Brundtland en 1987 con una clara advertencia hacia la humanidad de cambiar su estrategia de desarrollo o estar preparada para afrontar las consecuencias en el futuro cercano (Srivastav, 2019).

La interacción entre las áreas boscosas y el problema del cambio climático debe ser analizada desde dos perspectivas. En primer lugar, es necesario identificar lo que los bosques pueden aportar para la reducción de este problema, con una visión de mitigación, y por otra parte qué impacto puede tener el cambio climático en los bosques, con una visión de adaptación y evolución (Torres y Freitas, 2010).

Entre los impactos del cambio climático en los bosques se enlistan; cambios de distribución, estructura y funcionalidad de zonas forestales, cambios en parámetros de la salud forestal, mayor vulnerabilidad a eventos climáticos extremos e incendios y el cambio en el flujo de los bienes y servicios ambientales que los bosques proveen (Pereira, 2006). Se espera la extinción de plantas y animales debido a que los cambios en los hábitats serán tan rápidos e intensos que las especies no serán capaces de adaptarse a tiempo para sobrevivir (Ribeiro, Rodrigues, Pinto y Cabral, 2020).

A continuación, se hará una breve descripción de los tipos de bosques presentes en el estado, su superficie y las tendencias de deforestación y cambio de uso de suelo. Posteriormente se presentarán los impactos potenciales del cambio climático en los bosques incluyendo.

V.2 Descripción del área de estudio

Jalisco se encuentra en la región centro-occidente de México, sus coordenadas extremas son $20^{\circ}34'00''\text{N}$ y $103^{\circ}40'35''\text{O}$. Ocupa una superficie de $78,599 \text{ km}^2$ de la cuál $45,076 \text{ km}^2$ están cubiertos por algún tipo de vegetación forestal, es decir, el 57.3% de la superficie total. De esta cobertura $25,443 \text{ km}^2$ (56.4%) pertenecen a bosques templados (Fig. V-1), $19,224 \text{ km}^2$ (42.6%) pertenecen a bosques tropicales (Fig. V-2) y el resto $4,09 \text{ km}^2$ (1%) se distribuyen en otros tipos de vegetación mucho menos abundantes (manglares, bosques de galería, bosques de mezquite, matorrales, etc.).

El estado de Jalisco es uno de los más diversos del país, hecho que contribuye a la denominación de México como país megadiverso. Estudios recientes atribuyen al estado 14,353 especies, 5,626 géneros, 1,447 familias, 434 órdenes y 87 clases de los cinco reinos (Cruz et al, 2017).

Diversos autores atribuyen la gran diversidad del estado con distintos factores como la orografía que oscila desde el nivel del mar en toda la costa del pacífico hasta los 4,260 metros sobre el nivel del mar. Dentro de su territorio confluyen tres provincias fisiográficas de gran importancia; la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur. Esta variación tan amplia en el rango altitudinal tiene como consecuencia una gran variedad de climas, que a su vez interactúan con la diversidad de suelos para otorgar al estado un gran número de comunidades vegetales o tipos de vegetación. Aquí podemos encontrar el Lago de Chapala, que es el cuerpo de agua más grande en el territorio nacional con una superficie de 1,100km². La presencia de este lago permite regular la temperatura en el interior del estado y ser una fuente permanente de agua para la zona circundante conocida como la ciénega y el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG).

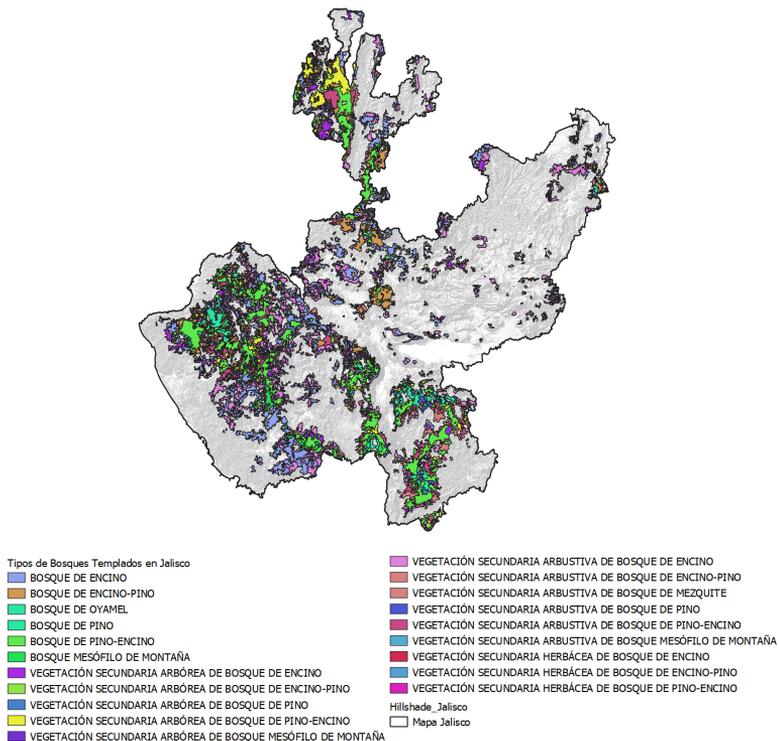


Figura V-1. Mapa de la distribución de bosques templados en Jalisco. Fuente: Carta de uso de suelo y vegetación, escala 1:250000 Serie VI. INEGI (2014)

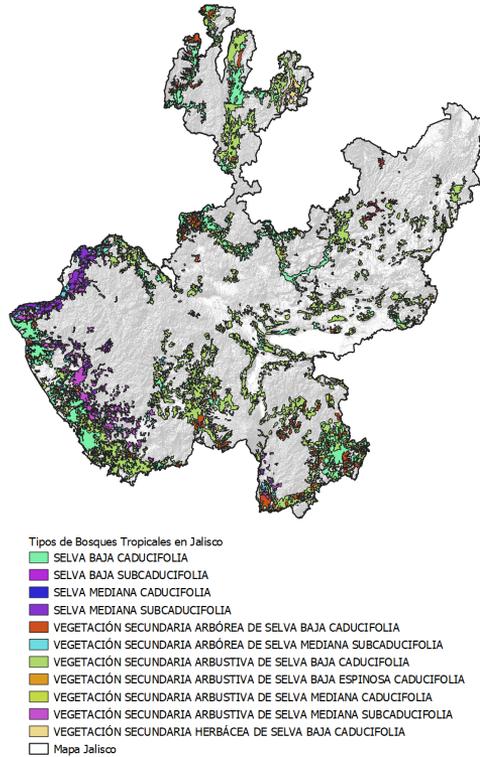


Figura V-2. Mapa de la distribución de bosques tropicales en Jalisco.
 Fuente: Carta de uso de suelo y vegetación, escala 1:250000 Serie VI.
 INEGI (2014)

Esta riqueza de ecosistemas y biodiversidad se encuentra representada en 26 Áreas Naturales Protegidas que cuentan con protección legal, mediante decreto del Ejecutivo

Federal y el Poder Legislativo Estatal (Congreso del Estado), en conjunto suman una superficie de 874,711.92 ha y 87.9 kilómetros de litoral (tortuga marina) (SEMADET, 2020).

En años recientes la cobertura forestal en el estado se ha visto mermada por el cambio de uso de suelo debido a la expansión de las áreas urbanas, principalmente en los alrededores del AMG y las cabeceras municipales en el interior del estado, los desarrollos turísticos en la costa además de la sustitución de los bosques templados por cultivos agrícolas como el aguacate.

Los expertos indican que el rápido crecimiento de la población y la falta de planeación territorial son las principales razones que contribuirán a la reducción de ecosistemas, en los que se incluyen los bosques (Boserup, 2017).

Por otra parte, la tala clandestina, tanto en bosques templados como tropicales, vinculada a la delincuencia organizada ha afectado por años a las comunidades cuya subsistencia depende de la salud de los bosques cercanos, generando grandes pérdidas económicas en el sector forestal, daños ambientales y el tráfico ilegal de especies protegidas por su estatus de especies amenazadas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059.

Los manglares y el bosque mesófilo de montaña son quizás las comunidades vegetales o ecosistemas forestales más vulnerables ante el cambio climático y el calentamiento global. En el estado de Jalisco los manglares se ven amenazados por el aumento en el nivel del mar, los eventos climáticos extremos como huracanes, tormentas tropicales y la tala clandestina. Por su parte el bosque mesófilo es muy sensible a variables meteorológicas como la temperatura, la precipitación y la humedad relativa. Leves modificaciones en los patrones climáticos pueden ocasionar la desaparición de estos bosques.

V.3 El ciclo de carbono y los bosques

El secuestro de carbono (C) en ecosistemas forestales se ha convertido en un tema importante, tanto en las discusiones políticas sobre cambio climático extremo, como en la investigación de ecosistemas forestales (Lorenz y Lal, 2010).

Se espera que los bosques almacenen carbono adicional como parte de la iniciativa mundial para compensar la acumulación de dióxido de carbono (CO₂) antropogénico en la atmósfera (IPCC, 2007).

El carbono es un constituyente básico de todos los compuestos orgánicos y está involucrado en la fijación de la energía a través de la fotosíntesis. Está tan estrechamente unido al flujo de energía que los dos son inseparables. De hecho, normalmente expresamos la productividad del ecosistema en términos de gramos de carbono fijados por metro cuadrado por año (Smith y Smith, 2007).

Los ecosistemas forestales cubren la mayor parte, de entre todos los ecosistemas terrestres, de la superficie terrestre que no se encuentra cu-

bierta por hielo de manera permanente. Los árboles, componente principal de los ecosistemas forestales, contienen las mayores existencias o cantidad absoluta de la biomasa viva de los bosques. La biomasa total forestal es de alrededor de 677 petagramos (Pg), y los árboles constituyen el 80% de la biomasa mundial (Kindermann, McCallum, Fritz y Obersteiner, 2008).

Específicamente los biomas forestales cubren cerca de un tercio del área de la superficie terrestre, de la cual los bosques tropicales cubren el 15%, los bosques boreales el 11% y los bosques templados el 5%. La magnitud de los efectos del cambio climático extremo en la captura de carbono difiere entre los distintos biomas forestales. Los depósitos de carbono en los bosques boreales se ven intensamente afectados debido a los disturbios ocasionados por cambios en los patrones de temperatura y precipitación. Por otro lado, el cambio climático pudiera tener un efecto beneficioso en el crecimiento inducido de los bosques templados, aunque muchos autores señalan que reconvertir las tierras que antiguamente eran bosques y cambiaron su uso de suelo puede ser más importante para la lucha con el cambio climático. No existen muchos trabajos que aborden los efectos del cambio en los bosques tropicales ya que muchos de los estudios se enfocan en bosques boreales y templados, siendo los últimos los más estudiados en el mundo. Sin embargo, existe consenso en que en todos los biomas forestales están ocurriendo procesos graduales de cambios en la composición de especies, y que estos cambios pueden influir en la capacidad de secuestrar carbono de cada bioma (Lorenz y Lal, 2010).

El almacenaje seguro de C en un sumidero o reservorio es un prerrequisito fundamental para el secuestro de C. Esto implica que los aportes de C resultan en incrementos estables en la vegetación, residuos y sumideros de C en el suelo. Una medida de estabilidad de un sumidero implica su tiempo de retorno o tiempo de residencia. En estudios de ecosistemas, la tasa de retorno es la fracción de material en un componente que entra o sale en un intervalo específico de tiempo (Aber y Melillo, 2001). El tiempo de residencia, por otro lado, es el inverso de la tasa de retorno.

Cuadro V.1 Tiempos de residencia de materia orgánica, compuestos orgánicos y biomarcadores en el sistema suelo-planta. Adaptado de Lorenz y Lal (2010).

Materia orgánica/compuesto químico	Tiempo de residencia
Residuos de hojas	Meses a años
Residuos de raíces	Años
Corteza	Décadas a siglos
Madera	Décadas a siglos
Materia orgánica del suelo (SOM)	Años a siglos
SOM disponible	Años a siglos
SOM estable	Milenios
Carbono negro (BC)	Décadas a milenios
II Compuestos orgánicos	
Celulosa	Años a décadas
Lignina	Años a décadas
Lípidos	Décadas
Proteínas	Décadas
III Biomarcadores	
Fenoles derivados de lignina	Años a décadas
Estructuras alifáticas	Años a siglos
Carbohidratos	Horas a décadas
Proteínas	Décadas
Ácidos grasos fosfolípidos	Décadas a siglos
Amino azúcares	Años a décadas

Fuente: Elaboración propia.

V.4 Impactos ambientales del calentamiento global en los bosques de Jalisco

En los bosques templados de Norteamérica uno de los impactos más notorios es la disminución en la cantidad y persistencia de la nieve. Los cambios en temperatura y precipitación alteran los patrones de las nevadas y el periodo que pasa la vegetación bajo una capa de nieve. Esto tiene implicaciones importantes en el ciclo hidrológico y la dinámica natural de las cuencas que se alimentan del agua del deshielo (Peterson y Marcinkowski, 2014). Periodos más cortos de nieve pueden influir en el ciclo biológico de algunas plagas importantes, pero ese tema se tratará a más detalle en una sección independiente.

Como se mencionaba con anterioridad los eventos climáticos extremos como huracanes y tormentas tropicales se vuelven cada vez más frecuentes y pueden tener impactos importantes en los bosques del estado. Un ejemplo de esto fue el huracán Patricia que surgió a mediados de octubre del 2015. Este huracán impacto en la costa sur del estado desolando la zona y ocasionando consecuencias en las serranías cercanas como; caída de árboles, derrumbes e inundaciones. Patricia rápidamente se consolidó como uno de los ciclones tropicales más intensos en términos de la presión atmosférica en su interior y la velocidad sostenida de sus vientos. No cabe duda de que el aumento en la frecuencia de estas “supertormentas” supone un alto riesgo para el ambiente.

La gran diversidad de ecosistemas y la riqueza de relieves en el estado suponen un fuerte reto para la adaptación al cambio climático, debido a las frágiles condiciones de las que dependen muchas especies, y estas de verse modificadas implicarían la extensión de numerosas formas de vida. De acuerdo con un trabajo sobre modelación de zonas bioclimáticas vulnerables al cambio climático en México, se obtuvo que 29.61% de la superficie continental de la República Mexicana se localizó en zonas de transición, lo que las vuelve especialmente sensibles a las variaciones climáticas. Un incremento de 0.7 °C es capaz de producir cambios hasta 34.65% de dichas superficies provocando que se ubiquen en regiones latitudinales más cálidas y regiones de humedad más secas (Chávez et al., 2014).

A nivel estatal existen trabajos sobre el impacto del cambio climático en la temporada de crecimiento en el sector agrícola. Utilizando modelos predictivos para los años 2050 y 2070 con variaciones en la probabilidad

de precipitaciones y la consecuente reducción de crecimiento vegetativo en los cultivos se encontró que, los escenarios desfavorables proyectados para la estación de crecimiento en Jalisco señalan la necesidad de diseñar estrategias tecnológicas que aborden esta futura situación y que permitan reducir el impacto de éstos sobre los sistemas de producción agrícola estatales (Ruíz et al., 2016). Si bien estos datos se enfocan al sector agrícola es evidente que el impacto en la vegetación natural no se ha estudiado a fondo o se ha subestimado.

V.5 Incendios forestales

En el caso del estado de Jalisco la situación de los incendios forestales es apremiante. Desde el año 2010 hasta la actualidad 2020, Jalisco ha ocupado los primeros lugares en cantidad de incendios y superficie afectada. De acuerdo con datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2020), en el estado se han presentado en promedio 584 incendios al año en la década pasada, afectando una superficie promedio de 47,978 hectáreas al año. Esta cantidad de superficie corresponde al 0.6% de la superficie del estado que se quema cada año. Este dato pudiera parecer insignificante, pero tenemos que considerar que esta superficie es mayor a la suma de la superficie del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP) y de la Sierra de Quila, en total 45,690 hectáreas.

El APFFLP presenta una especial vulnerabilidad hacia los incendios debido a su colindancia con el AMG por su parte oriente y el valle de Tala por el poniente. La presión ejercida por la mancha urbana que busca el cambio de uso de suelo con fines habitacionales aunado a las malas prácticas agrícolas como la quema de la caña en el valle de Tala han resultado en una incidencia muy alta de incendios y la continua degradación del ecosistema.

Los programas de control y prevención de incendios en el estado han dado nulos resultados. En los últimos cinco años ha habido un pico tanto en el número de incendios (991 en 2016) como en la superficie afectada (189,815 hectáreas en 2017). Siguiendo esta tendencia podemos inferir que en los próximos años estas cifras seguirán aumentando en lugar de reducirse y considerando que en el futuro los eventos climáticos extremos como sequías serán más comunes solo se puede suponer lo peor, los bosques del estado corren grave peligro y las estrategias actuales no están funcionando.

V.6 Plagas forestales

En México una de las plagas más importantes en los bosques templados son los insectos descortezadores. Diversos estudios han llegado a la conclusión que el aumento en la temperatura promedio, sobre todo en las zonas montañosas del estado, pueden ocasionar brotes de insectos por periodos ascendentes que se traducen en impactos ambientales mucho mayores como la alta mortalidad. El género *Dendroctonus* limita su distribución altitudinal debido a las temperaturas promedio que ejercen un control de las poblaciones durante los meses de invierno (Soto, Avilés y Giron, 2019), pero el aumento en la temperatura puede aumentar su rango de distribución de manera constante en los próximos años (Morales et al., 2018).

V.7 Migración de especies

Modelos que representan a los ecosistemas y sus variaciones en los diferentes escenarios de cambio climático sugieren que los cambios presentarán una variedad de impactos en la distribución de las poblaciones forestales, también afectarán la funcionalidad y composición de los ecosistemas. En general, se espera que los hábitats se muevan hacia los polos y progresen en altitud, conquistando nuevos territorios (Pecl, 2017).

En México ya se han realizado trabajos sobre el impacto del cambio climático sobre la distribución de especies arbóreas importantes en la vegetación nacional, como es el caso del género *Quercus* (Brizuela et al., 2017) y el género *Morus* (Durán et al. 2016). En ambos casos queda implícita la necesidad de tomar medidas en la conservación de las especies vulnerables y una de las alternativas recomendadas es la migración asistida hacia nichos ecológicos más favorables.

V.8 Bosques urbanos y cambio climático

Los bosques urbanos proveen diversos efectos y servicios benéficos para la salud humana y del ambiente. Además de ayudar a mitigar las emisiones propias de las zonas urbanas se enlistan a continuación diversos beneficios:

- Reducen la temperatura en viviendas, edificios y autos lo que representa un ahorro de gases de efecto invernadero vinculados con el uso de aires acondicionados.

- Representan zonas de absorción y recarga de mantos acuíferos al estar libres de una capa de concreto impermeable.
- Son santuarios para las especies de animales como aves y mamíferos que encuentran en los árboles sitios de anidación, alimento y madrigueras.
- Son espacios recreativos que proveen diversos beneficios de salud a las personas que los utilizan.

V.9 Reflexiones finales

Los bosques actúan como almacenes de gases de efecto invernadero y ayudan a mitigar los efectos del cambio climático. Sin embargo, la diversidad biológica de los bosques es afectada directa e indirectamente por las condiciones climáticas cambiantes. Estos cambios ponen en duda hasta qué punto los bosques podrán secuestrar gases de efecto invernadero en el futuro (Hui et al., 2017).

Una de las maneras de asegurar la capacidad de los bosques de mitigar el calentamiento global y aumentar su resiliencia ante los impactos negativos del cambio climático es integrar estrategias de manejo diseñadas para fortalecer las capacidades de estos ecosistemas ante los desafíos futuros. Es igualmente crítico el modificar los planes de manejo de las áreas naturales protegidas y desarrollar proyectos y estrategias que aborden el establecimiento y monitoreo de bosques urbanos para mitigar el impacto de las islas de calor en las ciudades.

V.10 Referencias bibliográficas

- Aber J., D., Melillo J., M. (2001) *Terrestrial ecosystems*. Brooks Cole. pp. 556.
- Boserup E (2017). *The conditions of agricultural growth: the economics of agrarian change under population pressure*. Routledge, Abingdon.
- Chávez D., A., Flores L., H., E., de la Mora C., Ruíz C., J., A., Ramírez O., G. y Rubio C., E. 2014. Sensibilidad de zonas bioclimáticas de México frente al cambio climático. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Pub. Esp. Núm. 10 pp. 2021-2033.
- Cruz Angón, A., Ordorica Hermosillo, A., Valero Padilla, J., & Melgarejo, E. D. (Eds.). (2017). *La Biodiversidad en Jalisco, Estudio de Caso (1.ª ed., Vol. 1)*. Comisión Nacional Para el Uso de la Biodiversidad.
- Hui D., Deng Q., Tian H. y Luo Y. 2017. Climate change and carbon sequestration in forest ecosystems. In: *Handbook of climate change mitigation and adaptation*, pp 555-594.

- IPCC (2007) Forestry. Panel on Climate Change En: Climate change 2007: mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental 44p.
- Kindermann G., E., McCallum I., Fritz S., Obersteiner M. 2008. A global forest growing stock, biomass and carbon map based on FAO statistics. *Silva Fennica* 42:387-396.
- Leonel Jorge Ribeiro Nunes · Catarina Isabel Rodrigues Meireles · Carlos José Pinto Gomes · Nuno Manuel Cabral de Almeida Ribeiro 2020. Climate Change Impact on Environmental Variability in the Forest. SpringerBriefs in Environmental Science. Springer. 102 pp.
- Lorenz K. y Lal R. 2010. Carbon sequestration in forest ecosystems. Springer. 289p.
- Morales R., A., Cambrón S., V., H., Soto C., J., C., Wallace J., R. y Obregón Z., J., A. 2018. Efecto de la temperatura en poblaciones de *dendroctonus frontalis* zimmerman y *dendroctonus mexicanus* hopkins (coleoptera: curculionidae: scolytinae) bajo un escenario de cambio climático en la sierra gorda queretana. *Acta zoológica mexicana*. Vol. 34 1-8.
- Pecl GT et al (2017) Biodiversity redistribution under climate change: impacts on ecosystems and human well-being. *Science* 355(6332):eaai9214.
- Pereira JS et al (2006) Florestas e biodiversidade, Alterações climáticas em Portugal—cenários, impactos e medidas de adaptação (Projecto SIAM II). Gradiva, Lisbon, pp 301–343.
- Peterson D., L., Marcinkowski K., W. 2014 Recent changes in climate and forest ecosystems. En: Climate change and United States forests. Springer. pp. 3–12.
- Ruíz C., J., A., Medina G., G., Flores L., H., E., Ramírez D., J., L., de la Cruz L. L., Villalpando I., J., F., de la Mora O., C., Durán P., N., García R., G., E. y Ruíz A., O. 2016. Impacto del cambio climático sobre la estación de crecimiento en el estado de Jalisco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. Pub. Esp. Núm. 13. pp. 2627-2638.
- SEMADET. Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco. Áreas naturales protegidas del estado de jalisco. En línea: <https://sema-det.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/biodiversidad/areas-naturales-prottegidas>. Consultado el 28/09/20.
- SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consulta temática: incendios forestales: superficie afectada (hectáreas). http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RFORESTA05_02&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=*&NOMBRE-ANIO=*. Consultado el 28/09/20.

- SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consulta temática: número de incendios forestales. http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RFORESTA05_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=*&NOMBREANIO=*. Consultado el 28/09/20.
- Smith T., M., Smith R., L. 2007. Ciclos biogeoquímicos. En: Ecología. Pearson. pp. 496 – 517.
- Soto C., J., C., Avilés C., I., Giron G., D. y Cambrón S., V., H. 2019. Abundancia altitudinal de *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae) en relación a variables climáticas en Hidalgo, México. Revista de biología tropical. 67(3), 370-379.
- Srivastav A. (2019). The science and impact of climate change. Springer. 150pp.
- Torres Ribeiro K, Freitas L (2010) Impactos potenciais das alterações no Código Florestal sobre a vegetação de campos rupestres e campos de altitude. Biota Neotropica 10(4).

Vulnerabilidad Social y Cambio Climático

Blanca Alicia Bojórquez Martínez

Gabriela Hernández Pérez

Martha Georgina Orozco Medina

Resumen

Hablar de vulnerabilidad social y cambio climático es enfrentar una serie de aspectos que limitan el desarrollo y el bienestar de la población, es tocar aspectos que van desde riesgos y peligros asociados con la producción de alimentos, el almacenamiento de los mismos, la seguridad del patrimonio y vivienda, el acceso a fuentes de empleo, la posibilidad de limitar el recreo, el descanso e incluso la certidumbre o no, de saber si la creciente de un río o el deslave de un cerro mantendrá a salvo a los integrantes de una familia. Este capítulo, trata de explicar de alguna forma, desde cuando y como se ha venido desarrollando este fenómeno; identifica cuales son los grupos sociales vulnerables al cambio climático; finalmente presenta y sugieren algunas medidas de atención y mitigación a nivel internacional, nacional y estatal a nivel Jalisco para reducir la vulnerabilidad y responder ante situaciones de emergencia.

VI.1 Introducción

Hablar de Cambio climático y vulnerabilidad social, no es definitivamente un tema nuevo en el mundo, ya que se comenzó a tratar este asunto de manera indirecta en los años setentas del siglo XX, destacando la protección ambiental a través de la educación, concepto que toma forma y fuerza en la “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente” en Estocolmo 1972.

En 2003 resalta un documento llamado Declaración sobre seguridad en las Américas, cuyo párrafo 41 indica: “Reconocemos que el cambio climático global puede constituir una amenaza, una preocupación o un desafío para la seguridad de los Estados del Hemisferio. Nos comprometemos a trabajar coordinadamente en aras de mitigar los efectos adversos que el cambio climático global pueda tener sobre nuestros Estados y a desarrollar mecanismos de cooperación en concordancia con los esfuerzos internacionales en esta materia.”

Para 2006 en México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), ya consideraba seriamente el término “sustentabilidad” y dice “La sustentabilidad de México es uno de los mayores desafíos de nuestra generación. Ante un panorama de cambio climático global y de degradación ambiental, que lastima por la escasez del agua, la progresiva desaparición de los bosques y las selvas, la pérdida de la biodiversidad terrestre y marina, la contaminación y el crecimiento urbano, entre muchos otros problemas, lo que hace evidente la necesidad de lograr que los habitantes de nuestra nación estén preparados con los conocimientos y herramientas para enfrentar estos retos y encontrar soluciones viables a corto y mediano plazos”

El cambio climático supone diversas aristas y posibilidades de intervención, es además un factor considerado clave cuando se visualizan interacciones entre desastre y pobreza, y cuando se presentan las amenazas que son de origen climático e hidrometeorológico, se agudizan desigualdades, dado que se vinculan con la afectación de ecosistemas de donde dependen sus actividades económicas (Soares y Sandoval, 2016).

Aspectos de origen multidimensional como disparidades en las características fisiográficas, el desarrollo económico y social influyen de forma determinante en el aumento de la vulnerabilidad (Velázquez y Franco, 2015). La vulnerabilidad social requiere también de contar con una serie de capacidades comunitarias, sociales, políticas y organizacionales para incrementar la capacidad de adaptación, algunas se relacionan con contextos socioculturales y la fragmentación de lazos familiares o la pérdida progresiva de la identidad puede atenuar o incrementar esta condición de vulnerabilidad (Álvarez y Tuñón, 2016).

A lo largo de este capítulo las autoras les compartimos un análisis crítico y propositivo desde un abordaje socioambiental que en un primer momento sitúa al lector en un apartado de generalidades que expone algunos conceptos de referencia y debate sobre su magnitud y presencia, después

se presentan algunos de los principales aspectos que se pueden describir desde el punto de vista de la vulnerabilidad social asociada al cambio climático: el cultural y comunitario y el geográfico-productivo y ambiental, en un siguiente apartado se desarrollan algunas propuestas de atención integradoras hacia las cuales sugerimos se pueden orientar las acciones de intervención y finalmente cerramos con un apartado de reflexiones finales y conclusiones en donde debatimos acerca de la importancia de este fenómeno y a manera de autocrítica como se debe profundizar en un siguiente debate para ir construyendo sociedad resilientes ante la vulnerabilidad por el cambio climático.

VI.2 Desarrollo

La vulnerabilidad ante el cambio climático es distinta en cada región del mundo y en cada rincón de México y Jalisco, se expresa a manera de suceso o de emergencia dependiendo de la zona donde ocurre la contingencia o la dimensión del evento. (Velázquez y Franco, 2015) hacen mención de que:

En México, 319 son los municipios más vulnerables al cambio climático, en los que se congrega casi un cuarto de la población total y cuya ubicación se concentra en las áreas urbanas y rurales de la región Sursureste del país. Como factores principales que inciden en la vulnerabilidad social asociada al cambio climático destacan el no disponer de medios de comunicación, el analfabetismo y el grado bajo de escolaridad. Asimismo, se evidencia la presión ejercida sobre el medio ambiente a consecuencia de actividades antropogénicas que denotan mejores condiciones de bienestar y desarrollo.

Y aunado a lo anterior como lo señalan los autores se expresa de forma evidente la falta de instrumentos de adaptación en municipios con alto grado de marginación y por lo tanto una situación de vulnerabilidad social sensiblemente afectada por los fenómenos naturales; así es como se va construyendo un enorme y complejo circuito del que difícilmente se logra salir, muchos de los pobladores que se ven víctimas de algún desastre que lastima y daña su patrimonio, que pierde miembros de su familia, que pierde su modo de subsistencia, frecuentemente se ven orillados a optar por un cambio radical que va desde aceptar ofertas de la delincuencia organizada hasta migrar a distintas localidades a grandes ciudades o ver la forma de migrar al norte del país para intentar cruzar la frontera.

La Agencia de las Naciones Unidas para los Refugiados (2020), informa que: *Los impactos del cambio climático son numerosos. Los recursos naturales limitados, como el agua potable, probablemente se vuelvan aún más escasos en muchas partes del mundo. Los cultivos y el ganado luchan por sobrevivir en los “puntos calientes” del cambio climático donde las condiciones se vuelven demasiado calurosas y secas, o demasiado frías y húmedas, amenazando los medios de vida y exacerbando la inseguridad alimentaria. Las personas están tratando de adaptarse al entorno cambiante, pero muchas están siendo desplazadas por la fuerza de sus hogares por los efectos del cambio climático y los desastres, o se están reubicando para sobrevivir. Los nuevos patrones de desplazamiento y la competencia por los recursos naturales agotados pueden provocar conflictos entre comunidades o agravar vulnerabilidades preexistentes.*

A la luz de este complejo escenario y ante una incertidumbre que se incrementa, por las enormes brechas de desigualdad que persisten en el mundo en general y en particular en países de economías emergentes como Latinoamérica y en México con un fenómeno paralelo social de inseguridad y delincuencia (Millán-Valenzuela y Pérez Archundia, 2019)

A partir de las reflexiones anteriores se presenta un esquema concreto de interacciones que abordaremos en este capítulo, de cómo el cambio climático exacerba condiciones preexistentes de desigualdad, y afectación económica en grupos que laboran en el sector primario de producción de alimentos, aunado a un fenómeno latente de pobreza, violencia y analfabetismo ver fig. VI-1.



Figura VI-1. Vulnerabilidad asociada a eventos extremos de cambio climático, una realidad que hace más evidente las brechas de desigualdad en condición de pobreza (Orozco, Hernández, Bojórquez, 2020).

VI.3 Factores culturales y comunitarios asociados al cambio climático

Los factores culturales y comunitarios de una sociedad, que se ven influenciados ante los cambios paulatinos del cambio climático y más aún ante un desastre, van modelando la manera en la que responden y en su caso desencadenan acciones de respuesta, en algunos casos no tan afortunadas para garantizar el bienestar de las comunidades, en este sentido se consultó la publicación “Percepciones sobre vulnerabilidad frente al cambio climático en una comunidad rural de Yucatán” en la que Soares y Sandoval (2016), refieren que se cuenta con elementos para orientar medidas para la adaptación y mitigación, de forma que se incida en atenuar el impacto de posibles daños asociados con eventos en cambio climático. Diser-tan que cuando una sociedad enfrenta situaciones graves de desigualdad, los fenómenos ligados al cambio climático se acentúan y las consecuencias también se hacen más evidentes, algunas de estas diferencias que señalan las autoras pueden ser seguridad alimentaria y viabilidad para el desarrollo lo que deriva en una necesidad creciente de que el gobierno actúe para promover acciones de justicia social.

Gutiérrez y colaboradores (2012), comentan textualmente que: *En el marco de una marginalización histórica prevaleciente, las mujeres de las comunidades indígenas son más vulnerables que los hombres a los eventos climáticos extremos. Diversos estudios señalan que su nivel educativo suele ser más bajo y sus condiciones de salud precarias; además, están confinadas al hogar, dependiendo totalmente del capital social familiar (lo cual se traduce en poco acceso a información y pocos contactos con el exterior); tienen limitado acceso y control sobre los recursos naturales, productivos y de infraestructura; su conocimiento tradicional sobre la agrobiodiversidad es desestimando y su participación en espacios de toma de decisiones, impedida.*

Entonces ante estos referentes la parte de inequidad ligada al género también tiene connotaciones importantes que deben ser reflexionadas y abordadas. Buscando hacer un recuento de cuáles serían algunos de esos factores culturales y comunitarios se mencionan los siguientes (Pardo, 2007):

- Composición demográfica
- Empleo
- Tecnología
- Estructura social

- Organización política
- Educación
- Redes de apoyo, conflictos y adhesión social
- Normas y valores sociales
- Gobernanza
- Patrimonio cultural

Estos factores presentes a una escala estable y próspera que permitan la cohesión social, el desarrollo y el incremento de oportunidades pudiera favorecer la respuesta eficaz y oportuna ante las alteraciones asociadas con el cambio climático; sin embargo, si la composición demográfica no es favorable al tener una base productiva de economía de subsistencia elemental en donde hay un fenómeno de migración de hombres como jefes de familia, que no han retribuido aun a la comunidad y a las familias en términos económicos o ante la presencia de una organización política, débil, corrupta e impuesta que no alterna con procesos transparentes y eficaces de gobernanza, que han perdido credibilidad debido a situaciones de no correspondencia ante un desastre. Sitios en donde la educación es meramente básica y no existen las condiciones favorables para fomentar el desarrollo escolarizado de educación media y superior, así como la presencia de normas y valores sociales autoimpuestos que no impulsan el desarrollo y la adquisición de nuevas formas de empleo y el uso de tecnologías que fomenten la diversificación de actividades productivas y el voltear a ver otras alternativas después de una situación de emergencia asociada con un fenómeno de sequía, inundación o desastre, orilla a que la situación se torne aún más compleja y desigual.

VI.4 Factores geográfico-productivos y ambientales vinculados con el cambio climático

Ante los fenómenos intempestivos o los fenómenos paulatinos que se presentan como consecuencia del cambio climático, en mayor o menor medida existen afectaciones y variaciones en los aspectos geográfico-productivos y ambientales, es una situación muy compleja y multidimensional, que requiere de abordaje y atención interinstitucional y comunitaria efectiva y oportuna.

En el informe del IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático 2014), refieren algunos factores que se vinculan con los geográfico-productivo y ambientales como son:

- Restauración ecológica, Conservación del suelo,
- Forestación y reforestación, Conservación y replantación de manglares,
- Infraestructura verde (por ejemplo, árboles de sombra, azoteas con jardines o huertos); Control de la sobreexplotación pesquera,
- Ordenación conjunta de la pesca, Migración y dispersión asistida de especies,
- Corredores ecológicos,
- Bancos de semillas, bancos de genes y otras medidas de conservación ex situ,
- Gestión comunitaria de los recursos naturales,
- Sistemas de alerta temprana,
- Cartografía de peligros y vulnerabilidades,
- Diversificación de los recursos hídricos,
- Drenaje mejorado,
- Refugios contra inundaciones y ciclones,
- Códigos y prácticas de edificación,
- Gestión de tormentas y aguas residuales;
- Mejoras del transporte y la infraestructura vial.
- Gestión de ecosistemas: Mantenimiento de humedales y espacios verdes urbanos, Forestación costera, Gestión de cuencas fluviales y embalses,
- Reducción de la intensidad de otros factores de estrés sobre los ecosistemas y de la fragmentación de los hábitats;
- Mantenimiento de la diversidad genética,
- Manipulación de los regímenes de perturbación,
- Gestión comunitaria de los recursos naturales,
- Planificación espacial o de uso del suelo,
- Suministro de vivienda, infraestructuras y servicios adecuados,
- Gestión del desarrollo en las zonas inundables y otras zonas de alto riesgo,
- Planificación urbanística y programas de mejoras,
- Legislación sobre división territorial,
- Servidumbres, Áreas protegidas.

Pardo (2007), comenta que el cambio global es un factor de aumento de la conflictividad social entre países y dentro de cada país, por razones varias, entre las que se encuentra el acceso a recursos naturales básicos como el agua, las tierras agrícolas, los bosques, la pesca. A la inversa, esa conexión pone de manifiesto que la gestión adecuada de los recursos naturales y el medioambiente pueden construir cooperación y confianza entre los países y, por ello, contribuir a la paz, facilitando la necesaria cooperación para atravesar las líneas de tensión política. La violencia en

países como Brasil, México, Haití, Costa de Marfil, Nigeria, Ruanda, Paquistán y Filipinas, 12 entre otros, está impulsada en parte por estos factores, textualmente refiere que: *Los asentamientos humanos con poca diversificación económica, y en los que un elevado porcentaje de la renta proviene del sector primario sensible al clima (agricultura, silvicultura y pesca) son más vulnerables que aquellos con economías más diversificadas. Los más pobres de los pobres ocupan las áreas con más restricciones, limitaciones y de mayor fragilidad ambiental.*

Trasladando esa situación con lo que ocurre en México y en Jalisco, se tiene que los factores geográfico-productivos y ambientales vinculados con el cambio climático, atraviesan por distintas situaciones que van desde la composición demográfica como lo comentamos en el apartado anterior, hasta la crisis productiva y ambiental que afecta y perjudica a comunidades y sociedades enteras.

Una zona de bosque por ejemplo en la región sur del estado de Jalisco, puede verse afectada por una plaga de insectos, los cuales proliferan ante el incremento de temperaturas y potencialmente dañan grandes extensiones de bosque con esto se va una riqueza de biodiversidad y se pone en peligro un atractivo turístico como es el bosque con todos sus beneficios.

Las playas de la costa de Jalisco en las zonas de Melaque y Costa Alegre, eventualmente se ven afectadas por la llegada de tormentas tropicales y huracanes, las pérdidas económicas son cuantiosas y la posibilidad de recuperación es complicada debido a la falta de oportunidades y la carencia de un esquema confiable de rescate después del siniestro ocurrido.

El cambio climático puede ser considerado un problema de gestión de riesgo, donde los cambios en la temperatura y precipitación resultan del incremento en la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI), mientras que la vulnerabilidad surge del modelo de desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales. Para reducir la magnitud del peligro se ha propuesto la reducción de emisiones de GEI en lo que se conoce como mitigación. Para reducir la vulnerabilidad se propone diseñar e implementar estrategias de adaptación al cambio climático.

Algunos eventos recientes de importancia con relación a cambio climático desde 2001 a la fecha se refieren a continuación.

Cuadro VI.1. Eventos relacionados con Cambio Climático en el estado de Jalisco del 2001–2019.

Eventos en Jalisco asociados con Cambio Climático del 2001 al 2015

Elevada temperatura en Jalisco en el 2005, con días particularmente cálidos entre el 10 y 13 de junio. La temperatura de junio de 2005 para la superficie de Jalisco fue 10 °C más alta que el promedio de todos los meses de junio entre 2001 y 2010. Lo anterior representó una de las mayores olas de calor que se han presentado en Jalisco (Curiel et al., 2015).

Con respecto a las anomalías positivas de temperatura en el océano, el 12 de agosto de 2013 se presentó una de las mayores registradas, que alcanzó 3.5 °C arriba del promedio frente a las costas de Jalisco (Curiel et al., 2015).

En Jalisco, los tres años con mayor sequía, según el Monitor de Sequía de América del Norte, han sido 2011 con 10 meses de sequía, y 2006 y 2008 con seis meses cada uno (NOAA, 2012).

En septiembre de 2013 se presentó una de las anomalías positivas mayores de lluvia mensual en Jalisco, los valores registrados llegaron a 150 milímetros de lluvia por arriba del promedio (International Research Institute for Climate and Society, 2014).

Jalisco es una región planetaria que desde junio de 2005 ha presentado anomalías positivas máximas récords de temperatura (Curiel et al., 2015).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2011) indicó que en las regiones Altos Norte (cuenca lechera) y Norte sufrieron pérdidas de 45,000 hectáreas de cultivos forrajeros y miles de reses muertas.

Indicadores de salud ambiental de 2013 contabilizaron en Jalisco la mayor superficie afectada por incendios en lo que va del siglo XXI: 48,305 hectáreas afectadas por el fuego. En este mismo año, ocupó el segundo lugar nacional en cuanto a superficie afectada (Curiel et al., 2015).

Con respecto a epidemias, Jalisco ha sido uno de los estados más afectados por vectores que tienen una amplia respuesta al cambio de clima, fue la entidad que presentó mayor cantidad de casos (probables) de dengue durante 2009 (81,456 casos) –el año con mayor anomalía en precipitación y temperatura del primer decenio del siglo XXI–. También en casos confirmados, Jalisco fue el primer lugar nacional, siendo Guadalajara donde más se presentaron (> 1,750) (Curiel et al., 2015).

Eventos específicos del 2019 (Curiel et al, 2020):

Azota avalancha de lodo en la cabecera municipal de San Gabriel. Identifican pérdida forestal en partes altas de la cuenca del Río Salsipuedes.

Granizo alcanza dos metros de altura en calles de la Zona Industrial de Guadalajara.

Erosión de tierras el 21 de julio y 8 de septiembre, en Tlajomulco.

En junio se dispara la temperatura a 36° centígrados, en el Área Metropolitana de Guadalajara.

Posicionan a El Salto, Jalisco, como uno de los seis sitios más contaminados en México.

Jalisco es la entidad con mayor afectación en materia de incendios; se afectan 72 mil hectáreas.

La entidad lidera casos de picadura de alacrán, con 46 mil 554 registrados.

Aumentan los casos de asma en mujeres: suceden 12 mil 87.

Se registran 4 mil 14 casos de dengue en condición de alarma y grave.

Se registran 227 hombres afectados con diabetes mellitus tipo I.

Incremento de casos de muertes por enfermedades renales crónicas en El Salto y Poncitián.

VI.5 Propuesta

La presencia de símbolos y riqueza patrimonial, cultural o gastronómica, puede impulsar la recuperación económica y social después de un fenómeno y puede permitir la creación de nuevas oportunidades, el turismo rural, la diversificación de cultivos, las rutas ecoturísticas impulsando la colecta de hongos, la visita a lugares de interés arqueológico, el aprendizaje de técnicas y conocimientos tradicionales como tejidos y bordados, la visita a lugares de interés turístico en playas, bosques y montañas, son ejemplos de actividades que pueden impulsar e incrementar la resistencia ante los fenómenos de cambio climático.

Ante los eventos de cambio climático es importante hacer mención de que el contexto físico, social, económico y ambiental se vincula con la vulnerabilidad y atañe tanto a una región, sector o grupo social real o potencialmente afectado por eventos meteorológico o climático. Documentar las diferentes condiciones de vulnerabilidad pasadas y proyectadas hacia el futuro son necesarias (Magaña, 2013), para prevenir y contar con los elementos mínimos de actuación con enfoque preventivo y prospectivo idealmente más que correctivo.

De igual manera, siendo la Universidad de Guadalajara, la segunda en importancia del país, con cerca de 300,000 estudiantes de los niveles medio superior y superior, es de gran relevancia su Unidad de Protección Civil, quienes cuentan con personal en cada una de las escuelas, quienes realizan acciones preventivas, principalmente con la población estudiantil, así como para evaluar situaciones y actuar en caso de desastres naturales, colaborando a través de su red estatal y en alianza con autoridades locales, municipales y estatales, para brindar ayuda, médica, legal, humanitaria y de solidaridad con grupos vulnerables en caso de desastres naturales principalmente.

En México y particularmente en Jalisco, tenemos que darle crédito a la participación de los militares a través del PLAN DN III E (*Plan de Auxilio a la Población Civil en Casos de Desastre*) (SEDENA, 2020); este plan, consta de 5 actividades principales:

1. Búsqueda y rescate de personas.
2. Evacuación de comunidades en riesgo.
3. Administración de albergues.
4. Recomendaciones a la población.
5. Seguridad y vigilancia de las áreas afectadas.

La Secretaría de la Defensa Nacional aplica el Plan DN-III-E, en coordinación con las autoridades civiles, ya sea en forma preventiva (evacuando personas) o auxiliando a la población civil cuando los efectos del fenómeno hidrometeorológico ya han causado daños; a través de lo que se señala en el siguiente cuadro:

Cuadro VI.2. Plan DNIII Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)

Albergues Militares	Se proporciona alojamiento, comida y actividades de entretenimiento a la población civil afectada.
Centros de Acopio	Almacén de Alimentos Selección y Organización Por medio de los cuales, recibe, organiza y distribuye los víveres recibidos para beneficio de los damnificados
Puente Aéreo Ala fija y Ala rotativa	<p>Asimismo, el Personal Militar participa con las Autoridades Civiles, en las diferentes Juntas de Coordinación que se llevan a cabo con el propósito de coordinar las actividades de auxilio a la población civil, o para llevar a cabo la entrega de responsabilidades (una vez pasada la emergencia) a dichas autoridades, respecto al manejo de Albergues, Centros de Acopio y Actividades de Seguridad. Conformado por aeronaves de Ala fija y Ala Rotativa, pertenecientes a la Fuerza Aérea Mexicana, y por medio de las cuales, organizará el traslado de personal, víveres y material al área afectada. De igual forma se aprovecharán para la evacuación de personas. <i>Servicio odontológico a la población civil</i> (Células de Servicio Médico y Odontológico).</p> <p>Conformado por personal de Médicos, Odontólogos, Enfermeras y personal especializado, los cuales imparten consultas a la población que las requiere. Cocinas Comunitarias. (Preparación de Alimentos).</p> <p>Conformadas por plataformas con equipos de cocina con capacidad para elaborar y distribuir higiénicamente los alimentos en corto tiempo.</p>
Células de Búsqueda, Salvamento y Rescate	<p><i>Áreas afectadas</i></p> <p>Encargadas de evacuar a la población Civil de aquellas áreas afectadas o de difícil acceso, a los diferentes albergues o a las casas de familiares o amigos que se encuentran en áreas seguras.</p>
Células de Limpieza	<p><i>Remoción</i></p> <p>Encargadas de evacuar de las calles y avenidas, la basura generada por el paso del fenómeno.</p>

Células de Saneamiento	<i>Saneamiento y Desinfección</i> Encargadas de evacuar de las calles y avenidas, los desechos orgánicos generados por el paso del fenómeno, realizando además actividades de fumigación.
Células de Ingenieros	<i>Reconstrucción Limpia</i> Encargadas de las actividades de restablecimiento de las vías de comunicación y remoción de escombros.
Células de Seguridad	<i>Seguridad Resguardo</i> Encargadas de proporcionar seguridad en las zonas evacuadas, con el fin de garantizar la tranquilidad de la población que ha dejado sus domicilios, asimismo proporcionan seguridad a instalaciones importantes, tales como bancos, centros comerciales, museos, etc.
Coordinación con Autoridades civiles	Asimismo, el Personal Militar participa con las Autoridades Civiles, en las diferentes Juntas de Coordinación que se llevan a cabo con el propósito de coordinar las actividades de auxilio a la población civil, o para llevar a cabo la entrega de responsabilidades (una vez pasada la emergencia) a dichas autoridades, respecto al manejo de Albergues, Centros de Acopio y Actividades de Seguridad.

Conscientes de la problemática sobre el cambio climático, la SEDENA actúa de la siguiente manera:

- Fomenta la especialización y profesionalización del personal militar en temas del medio ambiente, impartiendo conferencias y cursos sobre el particular.
- Participación en Combate a Incendios Forestales.
- Aplicación del plan DN-III-E, auxiliando a la población en casos de desastres en cualquier lugar del territorio nacional con el fin de coadyuvar con el esfuerzo nacional para preservar a las personas, sus bienes y su entorno.
- Aplica programas de producción de árboles y de reforestación; en Jalisco, contamos con el Vivero Forestal de Ameca.

Otro aspecto muy importante a considerar, es el relativo a la participación de las Organizaciones no Gubernamentales, dedicadas a la colaboración con grupos y comunidades en situación de desastre, es por ello, que se tiene que orientar a los líderes comunitarios, para que acepten ayuda de estas organizaciones, ya que no sólo se dedican a atender la emergencia en

cuestión de comida y servicios médicos, sino que algunas de ellas también dan orientación sobre derechos humanos y protección a víctimas desde el punto de vista legal.

VI.6 Reflexiones finales

Según el Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC), México está entre los países más vulnerables ante este fenómeno; por sus características geográficas, condiciones socioeconómicas y su grado de susceptibilidad o incapacidad para enfrentar sus impactos. En reportes recientes, el INECC registra que el aumento de la temperatura, acompañado del aumento de días cálidos extremos y disminución de días gélidos extremos y heladas, han llevado hacia al aumento de ciclones de categoría 3 o más y sequías más severas que en conjunto han llegado a afectar al 90% del territorio. (INECC 2018).

Esto, obviamente repercute en la agricultura de nuestro estado de Jalisco, haciendo a los campesinos y a las zonas rurales parte de los grupos vulnerables, entre los que además se encuentran, los indígenas Wixárikas en el norte y los Náhuatl en el sur; los poblados costeros, que sufren por los huracanes; la población urbana que vive en zonas marginadas y zonas de inundación; de esta manera, podría decirse que siguen siendo los más pobres de nuestra entidad los más desprotegidos, pues si bien todos somos vulnerables a una inundación en cualquier calle de nuestra ciudad, las personas que viven con el salario mínimo y que dependen del trabajo diario, al pasar por una situación así, les lleva bastante tiempo recuperarse económicamente y esto los lleva a una situación más agobiante de pobreza.

¿Qué tareas tenemos pendientes en nuestro estado?, pues son muy variadas, entre las principales se encuentra sin duda la educación de la población en temas ambientales, formar nuevas generaciones bien informadas de cuál sería su participación para poder colaborar en esta titánica quehacer; Las alertas tempranas por parte del Centro Nacional de Prevención de Desastres, así como la difusión y capacitación para la actuación de la población vulnerable ante un fenómeno natural; la diversificación de las actividades económicas, contar con un plan B y C en caso de pérdidas de fuentes de trabajo como en el caso de los campesinos, los pescadores, las personas dedicadas al turismo por ejemplo.

Por otro lado, habría que hacer una revisión a los libros de la SEP, para ver si tienen integrados, contenidos educativos sobre riesgos y si no trabajar sobre ello.

El cambio climático tiene impacto sobre los sistemas sociales, en aspectos tales como la seguridad alimentaria, la capacidad laboral, la salud mental, el desplazamiento de la población y otros efectos sobre los sistemas de atención de la salud. La seguridad humana se verá progresivamente amenazada a medida que el clima vaya cambiando. Las principales amenazas en este ámbito están relacionadas con: el agotamiento de los medios de subsistencia, el riesgo de pérdida de los valores culturales y de identidad, el aumento de las migraciones y la reducción de la capacidad de los estados para garantizar dicha seguridad. (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España 2014).

Es necesario que se ejecuten acciones transversales orientadas a que la vulnerabilidad social ante el cambio climático sea una prioridad institucional, gubernamental, socio-organizativa, académica, científica y sobre todo parte de las acciones que transitan de forma comunitaria para una fortaleza social y participativa.

VI.7 Referencias bibliográficas

- ACNUR, Agencia de las Naciones Unidas para los Refugiados (2020). Boletín de cambio climático y desplazamientos por desastres. <https://www.acnur.org/cambio-climatico-y-desplazamiento-por-desastres.html>
- Álvarez Gordillo, Guadalupe del Carmen y Esperanza Tuñón Pablos. 2016. “Vulnerabilidad social de la población desplazada ambiental por las inundaciones de 2007 en Tabasco (México)”. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 25 (1): 123-138. DOI: 10.15446/rcdg.v25n1.52591
- Cambio Climático Plan DN-III-E. Consultado 30 septiembre del 2020 de <https://www.gob.mx/sedena/acciones-y-programas/cambio-climatico-plan-dn-iii-e>
- Curiel, A., Garibay, M. y Ramos, S. (2015). La atmósfera, el clima y sus impactos: cambios, riesgos globales y repercusiones locales. En Curiel, A. (Ed.) El clima cambiante: Conocimientos para la adaptación en Jalisco. Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara.
- Curiel, A., Garibay, M., y Regalado, J. (2020). Golpeó cambio climático a Jalisco durante 2019. Universidad de Guadalajara. Recuperado de: <http://www.udg.mx/es/noticia/golpeo-cambio-climatico-jalisco-durante-2019>
- Gutiérrez, I., Soares, D., Thibault, M., Rivas, G., Pinto, G., Ramírez, F., Romero, R., López, R., et al. (2012). Vulnerabilidad social ante el cambio climático: retos y propuestas de políticas desde un enfoque de equidad social. Síntesis para decisores, Policy Brief, PB 15 diciembre 2012, ISSN 1659-3480 URl<http://hdl.handle.net/11554/8613>

- International Research Institute for Climate and Society (IRI). (2014). Climate Monitoring: Monthly precipitation anomaly. Obtenido de <http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Precipitation/Anomaly.html?T=Sep%202013>
- Instituto Nacional de Ecología y cambio climático. Comunicado de prensa INECC, Ciudad de México, 12 de julio de 2018. Consultado 30 septiembre del 2020 de <https://www.gob.mx/inecc/prensa/mexico-entre-los-paises-mas-vulnerables-ante-cambio-climatico?idiom=es>
- Magaña, Víctor (2013). Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). SEMARNAT.
- NOAA National Climatic Data Center (2012). North American Drought Monitor. Obtenido de: <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/nadm/maps/>
- Pardo Buendía, M. (2007). El impacto social del cambio climático. Panorama social: (5).22-35. http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/grupos_investigacion/sociologia_cambio_climatico/Sociology_of_Climate_Change_and_Sustainable_Development/El%20impacto%20social%20del%20Cambio%20Clim%Etico.pdf
- Soares, Denise, & Sandoval-Ayala, Norma Cecilia. (2016). Percepciones sobre vulnerabilidad frente al cambio climático en una comunidad rural de Yucatán. Tecnología y ciencias del agua, 7(4), 113-128. Recuperado 27 agosto del 2020 de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000400113&lng=es&tlng=es.
- Velázquez, Mónica, & Franco, Arturo (2015). Condiciones socioeconómicas y ambientales en los municipios vulnerables al cambio climático. La situación demográfica de México 2015. CONAPO, México. P 249-270 http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/La_Situacion_Demografica_de_Mexico_2015
- Millán-Valenzuela, H., & Pérez-Archundia, E. (2019). Educación, pobreza y delincuencia: ¿nexos de la violencia en México? *Convergencia*, 26(80) http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-14352019000200001t
- Plan DN-III-E. (Plan de Auxilio a la población civil en casos de desastre). Consultado 30 de septiembre del 2020 de <https://www.gob.mx/sedena/acciones-y-programas/plan-dn-iii-e>
- SAGARPA (2011). Asegura SAGARPA que aumentan daños por sequía en el agro de Jalisco. El Informador. Obtenido de <http://www.informador.com.mx/jalisco/2011/321041/6/asegura-sagarpa-que-aumentandanos-por-sequia-en-el-agro-de-jalisco.html>
- SEMARNAT. 2006. *Estrategia de educación ambiental para la sustentabilidad en México (Versión ejecutiva)*. *Estrategia Nacional 2006-2014*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF.

CAPÍTULO VII

Clima y sociedad: aspectos socioculturales para la comprensión y el diseño de acciones climáticas

S. Lizette Ramos de Robles
Juan Alberto Gran Castro
Abril A. Rivera Valerio

Resumen

En este capítulo reflexionamos sobre los aspectos socioculturales y las acciones humanas relacionadas con el cambio climático. Pretendemos que las ideas expuestas sirvan de referencia para enriquecer la comprensión y diseño de acciones climáticas, tanto de mitigación y adaptación. Para lograrlo, presentamos como ejemplo, aportaciones de diferentes estudios, que tuvieron como objeto de estudio la comprensión de los aspectos socioculturales que caracterizan la toma de decisiones algunas comunidades en torno a las consecuencias del cambio climático. Dichos estudios refieren a investigaciones en salud ambiental que han adoptado un enfoque apegado a la tradición cualitativa de investigación, así como contribuciones de estudios en el estado de Jalisco. A partir de esta revisión de literatura, concluimos que es fundamental incorporar elementos de investigación participativa y alfabetización climática bajo la noción de complejidad y transdisciplina en los estudios de cambio climático que integran la dimensión social. Esto podría permitir transitar hacia estrategias de adaptación eficientes.

VII.1 Aspectos sociales y comportamiento humano ante el cambio climático

El reconocimiento del cambio climático como el principal problema ambiental global (Frumkin, 2010), ha ocasionado que se convierta el punto de interés y objeto de investigación de distintas disciplinas. La climatología en conjunto con otras ciencias como la oceanografía, ciencias de la atmósfera, geología, biología y la glaciología han realizado aportaciones en torno al comportamiento del sistema climático de la tierra y en específico al cambio climático. Desde estas ciencias el cambio climático ha quedado caracterizado e incluso se han realizado proyecciones de su comportamiento. No obstante, y dado que una de las principales necesidades consiste en atenuar aquellas acciones que acrecientan los cambios dañinos relacionados con el cambio climático, ha sido necesario desarrollar otras líneas de investigación desde las cuales se desarrollen estrategias de mitigación y adaptación. En dichas estrategias de mitigación y adaptación la acción humana es el eje clave, es decir, el conocimiento y el comportamiento del hombre en torno al cambio climático se convierte en objeto de estudio con la finalidad de analizar la interrelación actividad humana -cambio climático.

Si bien existe gran cantidad de información en torno a cambio climático: sus causas, sus manifestaciones, su posible comportamiento, etc., Al final la atención al mismo no es una cuestión científica o técnica, sino una cuestión social y ética, es por eso, que el análisis de los aspectos socioculturales resulta prioritario para abordar aquellos aspectos que abordan la la relación entre el ser humano y la naturaleza (Broome, 2008).

Polsky y Eakin (2013) reconocen que las investigaciones que relacionan Clima-Sociedad son inherentemente interdisciplinarias porque su desarrollo requiere no solo examinar las características del sistema climático sino su relación con el sistema social. Los autores presentan como ejemplo el vínculo entre la precipitación y el rendimiento de los cultivos para comprender la vulnerabilidad del sector agrícola de un país al cambio climático. Reconocen que el rendimiento de los cultivos depende no solo de los factores biofísicos sino sociales. Es decir, frente a un mismo fenómeno climático se puede ser más o menos vulnerable en función de los determinantes socioculturales, políticos y económicos. Para realizar análisis de vulnerabilidad social y de los aspectos culturales que condicionan las respuestas humanas en torno al cambio climático se recurre a perspectivas teórico-metodológicas de las ciencias sociales, las ciencias de la conducta y las humanidades.

En este mismo sentido, Urbina (2006), plantea la importancia de analizar las dimensiones humanas y psicosiales del cambio ambiental global y analiza cómo las dimensiones psicológicas están presentes de forma permanente en el proceso causal de los cambios ambientales y en el impacto que dichos cambios tienen sobre los individuos y las sociedades, donde la gente juega el doble papel de causante y víctima.

Es importante reconocer que, si queremos diseñar propuestas de adaptación ante el cambio climático, primero debemos considerar que existen obstáculos de índole moral, socio-político, cultural, socio-cognitivo y psicosocial que condicionan la representación social por parte de la población, y dificultan la adopción de cambios significativos en los estilos de vida, individuales y colectivos, relacionados con las actividades humanas que desequilibran el clima.

De acuerdo con las investigaciones desarrolladas en esta línea se ha podido comprobar cómo la capacidad adaptativa ante el cambio climático se ve disminuida cuando las personas no dimensionan sus consecuencias, es decir, cuando tienen una relativa percepción del riesgo del cambio climático. Dentro de los aspectos y/o percepciones que más limitan la toma de medidas adecuadas ante el cambio climático se han podido documentar las siguientes:

- Es poco lo que se puede hacer ante este problema mayúsculo.
- Hay otros problemas con mayor severidad, peligrosidad y urgencia.
- La baja probabilidad de que pase algo severo que exponga a la gente de manera directa.
- No hay experiencia personal que se tenga con situaciones de riesgo similares.
- Se acepta con mayor facilidad la abstracción y negación del riesgo que la personalización del mismo: “Nunca me sucederá a mí”. Si se considera que algo malo va a pasar, se cree que le ocurrirá a alguien más, pero no a la propia persona.
- La gente ignora la evidencia que es contraria a sus creencias. Aun cuando se le muestra evidencia explícita, rechaza la posibilidad de ocurrencia de un evento amenazante
- La gente realmente cree en sus habilidades para responder a desastres y suprime las medidas precautorias.
- Si una acción preventiva implica cambios estructurales en el estilo de vida, es rechazada o ignorada (Grothmann y Patt, 2005; Urbina, 2006; Nelson, 2007).

En consecuencia, la pertinencia de una estrategia de adaptación dependerá en gran medida de un buen diagnóstico que considere los aspectos socioculturales de los destinatarios. Estos planteamientos nos permiten concebir el problema de cambio climático a partir de una versión histórica que va más allá de la relación causal entre gases de efecto invernadero (GEI) y calentamiento global. Ulloa (2017) sostiene que la explicación causal entre GEI y calentamiento global ha borrado relaciones históricas de poder y desigualdad inmersas en los cambios ambientales y en las transformaciones climáticas. En realidad, el cambio climático tiene que ver también con la mercantilización de lo humano y la naturaleza, y con las relaciones de poder dadas en este proceso (Lezama, 2018). Esta versión crítica del cambio climático permite “desenmascarar” las lógicas de explotación y extracción ambiental, las cuales persisten incluso desde tiempos de la conquista y la colonización y que, además, van en incremento. Es necesario romper con la dicotomía entre clima y sociedad como dos sistemas o dominios separados, y que representan al cambio climático como una serie de perturbaciones externas a la sociedad (Taylor, 2014).

Bajo los planteamientos antes expuestos, en este documento buscamos destacar que, para el desarrollo de investigaciones relacionadas con el diagnóstico de vulnerabilidad social, así como el diseño de estrategias de adaptación ante cambio climático es importante recurrir a un enfoque interdisciplinario donde las ciencias sociales, las humanidades y de la conducta juegan un papel fundamental. Asimismo, promover el desarrollo de estudios a escala local que nos permitan documentar el problema a partir de las experiencias de los participantes quienes constituyen los destinatarios y ejecutores principales de las estrategias que se diseñen.

Para ejemplificar algunos casos de investigaciones desarrolladas bajo este enfoque y desde un campo interdisciplinario recurriremos la descripción de algunas investigaciones desarrolladas a partir de la Salud Ambiental y desde la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental de la Universidad de Guadalajara.

VII.2 Estudio de aspectos socioculturales asociados al cambio climático: un análisis desde la Salud Ambiental

El estudio de los efectos ambientales sobre la salud humana deriva de la disciplina de la salud pública. A esta rama se le conoce como salud ambiental, la cual concibe el medio ambiente como determinante de la salud. La visión

tradicional de la salud ambiental responde a una lógica unilineal de causa y efecto. Típicamente se evalúa el riesgo poblacional de experimentar daños a la salud frente a la exposición de factores ambientales. De tal modo, la salud pública ha utilizado métodos propios principalmente de la epidemiología y la toxicología para el estudio de los problemas de salud ambiental.

La definición de salud ambiental más difundida ha sido construida por la organización mundial de la salud (WHO, 2014b). En esta se establece que la salud ambiental se relaciona con todos los factores físicos, químicos y biológicos externos a la persona, englobando factores ambientales con potencial de incidir en la salud. Bajo esta perspectiva la salud ambiental excluye cualquier comportamiento que no se relacione con el medio ambiente, tales como el entorno social y económico.

En respuesta a lo anterior, autores como Merrill Singer plantearon una propuesta que contempla los aspectos socioeconómicos y políticos en torno a la salud ambiental para responder a preguntas como ¿por qué los humanos contaminan y degradan sus ambientes?, ¿cuáles son las consecuencias para la salud frente a este comportamiento?, ¿cómo se distribuyen los problemas de salud ambiental entre las sociedades y por qué?, ¿cómo las comunidades humanas perciben, entienden y enfrenten los problemas de salud ambiental?, y ¿cuál es el futuro de la salud humana? (Singer, 2016, p. 15).

También cabe reconocer que a salud ambiental se enfrenta a una serie de desafíos teórico-metodológicos que requieren de aproximaciones socioeconómicas y políticas: 1) el reto de atribución: dificultad de probar que ciertos cambios en el ambiente causan consecuencias específicas en la salud; 2) el reto de contradicción de las élites: cuestionamientos que demeritan los resultados de las investigaciones científicas, por parte de élites contaminadoras que son económica y políticamente poderosas; 3) el reto de la gobernanza partidista: preferencia de las políticas públicas por priorizar el bienestar de las élites contaminadores sobre la salud de la población (Singer, 2016).

Frente a esto, Brown (1987, 1990, 2013) reconoce la necesidad de establecer alternativas que permitan a las comunidades afectadas por problemáticas de salud ambiental demostrar los efectos de la contaminación en la salud. El autor ha denominado a este proceso *epidemiología social* o *epidemiología popular*, en el cual las personas utilizan elementos que van más allá de la información epidemiológica tradicional, y en donde se integran factores sociales. Esto viene a cuestionar el paradigma epidemiológico dominante que pregona la genética y los estilos de vida como

determinantes de la salud, haciendo a los individuos responsables de su propio sufrimiento (Wainwright y Chen, 2016).

Bajo la perspectiva de Brown se han desarrollado estudios que consideran que los modos en que las comunidades producen conocimiento e información, podrían ser utilizados para mejorar la toma de decisiones en salud y sostener las luchas de por la justicia de la salud ambiental (véase Coburn, 2005 para el caso de los impactos en la salud de poblaciones de bajos recursos frente a la contaminación del aire en Nueva York). Otros estudios han permitido establecer que, en los estudios de salud ambiental, los contextos sociales, políticos y culturales permiten hacer frente a diversos retos en casos de enfermedades mediadas por el ambiente contaminado (véase Singer, 2011, y Wainwright y Chen, 2016 para el caso de comunidades con altos índices de cáncer y exposición a contaminación industrial).

Los problemas de salud ambiental en enfermedades como el cáncer están enraizados en una lógica que Auyero y Swistun (2007) llaman *incertidumbre tóxica*: tras un estudio etnográfico en las periferias de Buenos Aires, los autores descubrieron que la exposición crónica a contaminantes genera una confusión e incertidumbre generalizada entre las personas. En este tipo de situaciones las relaciones de poder y dominación privilegian el bienestar de las empresas contaminantes sobre la salud humana. De tal modo, el análisis de las historias, percepciones y experiencias de las personas se convierten en reflejo de fuerzas sociales y ecológicas, han permitido argumentar que todo fenómeno biológico, incluyendo las enfermedades, es una entidad dinámica determinada por una combinación de factores tanto genético como sociales (Anglin, 2016).

Ahora bien, el cambio climático viene a complejizar aún más la relación entre sociedad, medio ambiente y salud. Nos enfrentamos a un contexto en donde la interacción entre enfermedades y riesgos ambientales es múltiple. Dos conceptos permiten entender mejor los nexos de dicha dinámica: *ecosyndemics*, la interacción entre diversas enfermedades promovidas por cambios ambientales (Singer, 2013); y *pluralea*, interacción entre dos o más amenazas, cuya sinergia produce impactos en el ambiente y la salud (Singer, 2016). El cambio climático, desde una perspectiva compleja, responde a estos mecanismos, siendo un problema de múltiples efectos en la salud y múltiples amenazas socioambientales. Es así que en las últimas décadas han surgido líneas de investigación para comprender aspectos que van desde el conocimiento o desconocimiento que tienen las personas en torno al cambio climático, las conductas que los pueden hacer

más o menos vulnerables a él, las percepciones y creencias que influyen en su actuación y toma de decisiones, entre otras.

Para ejemplificar estos aspectos presentamos cinco trabajos de investigación desarrollados en los últimos 10 años en la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, en ellas se abordan aspectos relacionados con: a) la capacidad adaptativa al cambio climático de distintos sectores productores de alimentos en Jalisco, b) aspectos socioeconómicos y vulnerabilidad social ante huracanes, c) percepción del riesgo a la salud y el riesgo potencial en un contexto de pobreza urbana en El Colli, Zapopan, asociada a los efectos del cambio climático.

Para el caso de los estudios que analizan la capacidad adaptativa de sectores productores de alimentos en Jalisco, son un claro ejemplo de la necesidad de estrategias diferenciadas en función de necesidades, percepciones y conocimientos diferentes en torno a su actividad y el cambio climático. Es decir, son dos estudios desarrollados bajo un mismo marco metodológico para la evaluación de capacidad adaptativa aplicado a dos sectores de producción de alimentos: uno dedicado a la producción de leche y otro de huevo para plato. En el primero de ellos desarrollado por Barbosa (2013), en el municipio de Encarnación de Díaz, Jalisco; se reconoce que la ganadería de leche es altamente sensible a los cambios en las condiciones climatológicas, principalmente por la susceptibilidad del ganado a las altas temperaturas.

La evaluación de la capacidad adaptativa se hizo a través de los capitales: humano y social, natural, animal, financiero y cultural, para evaluar cada uno de los criterios de la capacidad adaptativa. Se reconoce que el capital más vulnerable es el animal debido al estrés calórico del ganado lechero a las altas temperaturas de la región, seguido por el humano y social en el cual se identificaron pocos conocimientos de los productores en torno a las afectaciones del cambio climático en su sistema de producción, así como una edad avanzada y poca disposición para cambiar sus formas de producción. Con base en el diagnóstico se realizaron talleres para informar a los participantes de la problemática, se recomendó aumentar la densidad de la vegetación en el establo para enfriar el ganado, mantener registros, contar con seguro agrícola y ganadero además de involucrar a las nuevas generaciones en la actividad.

El segundo estudio realizado por Granados (2015), diagnosticó bajo el mismo marco metodológico la capacidad adaptativa del sector productor de huevo del municipio de Tepatlán de Morelos, Jalisco; frente a las con-

secuencias del cambio climático a través de la evaluación de los capitales. Se identificó que en todos los capitales existe un grado de vulnerabilidad considerable, el más crítico es presentado por el ecológico o natural. Debido a que los niveles de demanda de agua exceden la oferta. Es seguido por el capital físico donde existe una mayor vulnerabilidad debido al material de construcción de las casetas, ya que bajo la opinión de los productores cumplen con los fines productivos en su mayoría, pero no son suficientes para mantener al ave con bienestar. En tercero, el capital financiero relacionado con pérdida de producción debido a enfermedades como gripe aviar. El capital animal ocupó el cuarto lugar donde la mayor vulnerabilidad está asociado a las condiciones no aptas de bienestar animal. Por último, el capital social donde la vulnerabilidad está relacionada con los escasos o nulos apoyos que brinda el gobierno por las pérdidas en la producción relacionadas con la presencia de enfermedades. Al igual que el anterior estudio el trabajo propone una serie de acciones para la adaptación en función de los niveles de vulnerabilidad en cada uno de los capitales.

Estos dos estudios permiten identificar que la evaluación de dos sistemas de producción de alimentos bajo la metodología de capacidad adaptativa ante el cambio climático presenta niveles de vulnerabilidad distintos y por consecuencia no requieren las mismas estrategias de adaptación.

Otro estudio realizado por Villafán, (2013), analizó la amenaza de sequía y exceso de humedad y sus efectos para la producción de maíz blanco de temporal en Jalisco en el contexto del cambio climático. A nivel municipal se determinó la superficie sembrada de maíz, la producción por hectárea promedio, las pérdidas en la producción por siniestralidad, la población expuesta a daños por las pérdidas de producción de maíz tomando en cuenta el número de personas afectadas. Las principales amenazas hidrometeorológicas que se han presentado en el estado de Jalisco son las sequías, los huracanes, lluvias torrenciales e inundaciones. Estas amenazas ponen en riesgo la producción de maíz en Jalisco y con ello la seguridad alimentaria de la población. Los municipios que históricamente registraron mayor siniestralidad agrícola por amenazas hidrometeorológicas durante el período de estudio (2001-2010) son Encarnación de Díaz, Ojuelos de Jalisco, Teocaltiche, Tolimán, Jamay, Jilotlán de los dolores, Unión de San Antonio, Villa Hidalgo, Lagos de Moreno y Yahualica de González Gallo. Aunque no se analiza directamente en el estudio se considera que la variable económica y aspectos sociales pueden constituir una determinante importante en la siniestralidad.

López (2013), describe el impacto del cambio climático y particularmente los ciclones tropicales sobre el turismo de la población costera de Jalisco con un mayor énfasis en los municipios de Puerto Vallarta, Cihuatlán y la Huerta. Las zonas costeras de México son lugares importantes dentro del ámbito turístico, por lo que la investigación sobre su dinámica ante condiciones de calentamiento global será trascendental para adaptarse a los posibles efectos del cambio climático tales como intensidades crecientes de ciclones tropicales, mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos y eventos climatológicos severos a extremos. se identificó una disminución de muertes más no de los costos económicos que han dejado los ciclones tropicales durante el periodo de estudio (1970-2010); donde se puede construir la hipótesis de una creciente vulnerabilidad socioeconómica de la región. La vulnerabilidad social y turística ante el cambio climático en la costa de Jalisco mostró ser un tema preocupante además de que existen ya medidas de adaptación ante el cambio climático que pueden ser aplicadas para disminuir sus efectos.

Finalmente la investigación desarrollada por Gran (2018), analizó la relación entre la percepción del riesgo a la salud y el riesgo potencial en un contexto de pobreza urbana en El Colli, Zapopan, asociada a los efectos del cambio climático, específicamente a la variabilidad de temperatura y precipitación siendo el área de estudio una de las zonas con mayor grado de marginación del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), Jalisco cuyo territorio se conforma principalmente de asentamientos irregulares. Se aplicó una metodología mixta que permitió identificar la percepción del riesgo de la población, describir la amenaza particularmente de inundación en el área de estudio y estimar el grado de vulnerabilidad en términos sociales y físicos. La aceptación del riesgo fue elevada y las entrevistas revelan que esto se relaciona con la situación de pobreza, pues condiciona la elección de viviendas de bajos precios, pero en zonas de riesgo. Se concluyó que la reducción de riesgos al cambio climático requiere de la intervención directa en las zonas vulnerables, mediante estrategias de investigación participativas que permitan la co-producción de conocimiento desde y para las poblaciones vulnerables. Este estudio derivó en una publicación que compila los principales resultados del proyecto de tesis y amplía la discusión sobre la vulnerabilidad al cambio climático (Gran y Ramos, 2019). En el citado artículo, a partir del caso de El Colli, los autores comienzan a elaborar un argumento que permite pensar la vulnerabilidad como un proceso socialmente construido. Es decir que el impacto del

cambio climático en sí mismo se manifiesta no solo a partir de la intensidad física del riesgo, sino también a partir de las condiciones de sensibilidad, exposición y capacidad de respuesta de la población. Además, dichas condiciones, tienen que ver en buena parte con las diversas dinámicas urbanas que propician condiciones de riesgo y vulnerabilidad, como la urbanización acelerada. Este planteamiento permite entender que el cambio climático requiere colocar la reducción de la vulnerabilidad como base de las políticas de adaptación y mitigación.

Es a partir de la descripción de estos estudios como queremos enfatizar en la necesidad de desarrollar diagnósticos desde marcos metodológicos interdisciplinarios para poder comprender el problema a nivel local y diseñar estrategias de adaptación pertinentes. Asimismo, consideramos que este tipo de estudios podrían ser un derrotero para avanzar hacia aportaciones en la investigación en salud ambiental que propicien comunidades más saludables de frente al cambio climático.

VII.3 Estudios sobre cambio climático y aspectos sociales en Jalisco

A nivel estatal y municipal también se han desarrollado estudios donde se relaciona el cambio climático y aspectos sociales y económicos. Dichos estudios a pesar de tener una lógica distinta a los de carácter académico, también son un indicio de los avances en el estudio del cambio climático, específicamente a nivel local.

Desde aproximadamente una década se inició con el desarrollo del Plan Estatal de Acción ante Cambio Climático (PEACC), el cual surge en el marco de una iniciativa nacional para atender desde la mitigación y la adaptación las consecuencias del cambio climático. Para el caso del Estado de Jalisco los resultados se concentran en un reporte técnico que incluye un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero según los sectores del IPCC 2006 y se proponen medidas de mitigación. Asimismo, se analizan los cambios en temperatura y precipitación y el grado de vulnerabilidad del estado ante estos impactos. A partir de los estudios de vulnerabilidad se proponen una serie de medidas de adaptación para cada uno de los sectores analizados.

En su contenido podemos identificar que los vínculos disciplinares (natural-social) se hacen más notorios en el apartado destinado al diagnóstico de la vulnerabilidad a partir del cual se plantea la adaptación. La

vulnerabilidad queda planteada en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación. Las directrices para la adaptación que dependen de la participación individual y social apuntan al diseño de estrategias de comunicación las cuales surgen de estudios diagnósticos sobre cómo los jaliscienses viven y perciben el cambio climático. También en este Plan se presentan esbozos en torno a los impactos futuros y sobre las acciones que los diversos grupos de la sociedad tienen que apoyar para la adaptación y sufrir menos las consecuencias (SEMARNAT, INEEC Y COETCYJAL, 2014).

Derivado del PEACC, se empezaron a desarrollar los programas municipales de cambio climático (PMCC), de los cuales identificamos que al 2018, 76 municipios, poco más del 56% del territorio de Jalisco cuenta con su PMCC, aunado a siete planes regionales elaborados en juntas intermunicipales del Estado (SEMADET, s.f.). Los marcos de referencia para la elaboración de los diagnósticos que componen los PMCC transitan cada vez más hacia un enfoque más equilibrado entre los métodos cualitativos y cuantitativos. Dicha transición se viene dando principalmente en componentes de los diagnósticos como el análisis de riesgos y vulnerabilidades, la priorización de estrategias de mitigación y adaptación, el plan de gobernanza, los procesos de consulta pública y las estrategias de comunicación y socialización de los planes.

El caso del municipio de Tlajomulco de Zúñiga es representativo en términos de innovaciones en los PMCC desde un enfoque social. En 2018 se publicó el “Programa de Acción Climática Municipal para el Bienestar y la Sustentabilidad para el Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco” (PACMUBIS) (Ayuntamiento de Tlajomulco, 2018). En este esfuerzo se desarrolló un proyecto de adaptación al cambio climático vinculado con el bienestar social a nivel comunitario. Se planteó que la adaptación es una pregunta política, por tanto, es crucial el involucramiento de las personas en el proceso de planificación. Esto implicó una serie de actividades yendo desde un análisis básico del municipio aunado a estimaciones de la tendencia climática, hasta la elaboración de talleres sobre amenazas y adaptación comunitario a partir de un modelaje participativo realizado por zonas clave de Tlajomulco.

El involucramiento de las personas en el PACMUBIS, niños, adultos y personas de la tercera edad, se hizo a través de grupos focales, entrevistas con actores clave y encuestas a población en general. El hilo conductor de

estos instrumentos fue el tema de los sueños y las visiones de bienestar de la población. Esto nos habla de otras formas de entender y problematizar el cambio climático a partir de lo social. Incluso nos habla de modelos climáticos sociales que recuperan la historia, experiencias y percepción de la gente, quienes han vivido en carne propia y de generación en generación, el cambio ambiental y social de su entorno.

VII.4 Orientaciones teórico-metodológicas para promover la adaptación al cambio climático

Exponer los anteriores planteamientos que permiten reconocer la interacción entre lo natural y lo social para abordar aspectos de cambio climático, da cuenta de que su abordaje y su investigación debe ser compleja. Podríamos como comenta Magaña (2015), seguir el camino sencillo que marca un paradigma naturalista en el que el tiempo o el clima son los causantes de nuestros problemas, para no reconocer los errores de gobierno y sociedad en cuanto a la prevención del desastre. De optar por esta visión los desastres serían la más clara expresión de la naturaleza sobre una sociedad pasiva y simplemente receptora de los impactos, lo que implica que los desastres sean casi inevitables, pero estaríamos excluyendo quizá la principal causa de los mismos: la acción humana. De esta manera, uno de los patrones de ajuste más frecuentes consiste en no hacer nada y enfrentar las pérdidas, pero esto tiene que cambiar si queremos sociedades más justas y un medio ambiente que ofrezca bienestar. El análisis de la interacción de lo social con lo natural, es precisamente lo que nos permite problematizar el objeto de investigación y comprenderlo de una mejor manera.

Las investigaciones que mostramos en el apartado anterior han comenzado a lidiar con este reto de la complejidad, la cual implica diseñar métodos que conjuguen diversas técnicas y procesos de investigación. Habría que partir de considerar que el cambio climático requiere de una multiplicidad de puntos de vista que van de lo singular concreto a la unidad compleja de integración y viceversa (Luengo, 2014). Por tanto, surge la necesidad de prácticas interdisciplinarias y de métodos mixtos que respondan verdaderamente a los problemas de investigación en torno al cambio climático sin contemplar las fronteras entre lo cualitativo y lo cuantitativo.

Sólo como ejemplo podemos mencionar que una de las metodologías propuestas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO, 2008) plantea que una vez diagnosticado el problema asociado

al cambio climático a nivel local, se realice un “Diseño participativo para una estrategia de comunicación”. Se considera importante desarrollar una investigación participativa en campo previa al diseño de una estrategia de comunicación. Para lo cual también sugiere un “Diagnóstico Participativo de Comunicación Rural: comenzando con la Gente” (FAO, 2008) esto con el fin de conocer a la comunidad destino y asegurar que la estrategia no fracase. Un aspecto importante es la construcción social y colectiva de conocimientos donde se puedan entretrejer los conocimientos de expertos y del conocimiento local.

En el mismo tenor, este tipo de esfuerzos han comenzado a plasmarse en investigaciones concretas. Tal es el caso de las aportaciones de Caroline Moser, quien ha hecho valiosas aportaciones al tema de la vulnerabilidad social desde principios de los noventa. En Moser y Stein (2011) se propone una guía metodológica para el estudio e intervención de medidas de adaptación participativas. A su vez, Hardoy (*et al.*, 2018) y Morchain (*et al.*, 2019), han desarrollado sus propuestas muy claras para abordar este tema de la integración de distintas perspectivas. Debemos reconocer que la adaptación al cambio climático implica un complejo proceso social, político y cultural con la capacidad de generar ganadores y perdedores (Morchain, 2018).

Por otra parte reconocemos que el reto de transitar hacia estrategias de adaptación más eficientes y basadas en conocimientos científicos, es mayor en comunidades o países donde la alfabetización científica no es un aspecto destacable (como el caso de México), donde se tiene que trabajar primero en la identificación no solo de las percepciones o las conductas sino con las cosmovisiones (espiritualidad, símbolos, lenguajes, festividades, tradiciones, etc.) que integran las costumbres y tradiciones.

En este sentido y de acuerdo con Ramos y Curiel (2015), una tarea indispensable, es desarrollar un programa de alfabetización sobre cambio climático. Esta demanda ha sido un llamado tanto internacional como local, al reconocer que la educación es una de las principales estrategias para hacer frente a las consecuencias adversas del cambio climático. De acuerdo con la American Association for the Advancement of Science (2010), la alfabetización sobre cambio climático debe promover que los individuos: comprendan los principios esenciales del sistema climático de la Tierra, sepan cómo acceder y seleccionar información científica y confiable sobre el clima, tengan capacidad para comunicar ideas sobre el clima y el cambio climático de manera significativa, sean capaces de

tomar decisiones informadas y responsables con respecto a las acciones que pueden afectar el clima. Solamente así podríamos estar transitando hacia la construcción de futuros diferentes que nos ofrezcan bienestar.

VII.5 Referencias bibliográficas

- American Association for the Advancement of Science (2010). Atlas of science literacy: project 2061, vol. 2. Washington: AAAS.
- Anglin, M. K. (2016). Ecosocial and environmental justice perspectives on breast cancer: responding to capitalism's ill effects, in Singer, M. (ed.), *A companion to the anthropology of environmental health* (pp. 21-43). UK: Jhon wiley & Sons, Inc.
- Auyero, J., & Swistun, D. (2007). Expuestos y confundidos. Un relato etnográfico sobre sufrimiento ambiental, *Iconos. Revista de Ciencias Sociales*, 28, 137-152.
- Ayuntamiento de Tlajomulco (2018). Programa de acción climática municipal para el bienestar y la sustentabilidad para el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco (PACMUBIS). Informe técnico (agosto, 2018).
- Barbosa, X. (2013). "Análisis de la capacidad adaptativa al cambio climático del sector productor de leche en Encarnación de Díaz y diseño de una estrategia de comunicación." (Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.
- Broome, J. (2008). The ethics of climate change: Pay now or pay more later? *Scientific American*, 298 (6). Extraído el 12 Noviembre, 2013, de <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=the-ethics-of-climate-change>.
- Brown, P. (1987). Popular epidemiology: Community response to toxic waste-induced disease in Woburn, Massachusetts. *Science, Technology, & Human Values*, 12(3/4), 78-85.
- Brown, P. (2003). Qualitative methods in environmental health research. *Environmental Health Perspectives*, 111(14), 1789.
- Brown, P. (2013). Integrating medical and environmental sociology with environmental health: crossing boundaries and building connections through advocacy. *Journal of Health and Social Behavior*, 54(2), 145-164.
- Corburn, J. (2005). *Street science: community knowledge and environmental health justice (urban and industrial environments)*. England: Massachusetts Institute of Technology Press.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2008). "Diseño participativo para una estrategia de comunicación". Roma: FAO.
- Frumkin, H. (2010). *Environmental Health: from global to local*. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud.

- Gran, J. A., y Ramos, S. L. (2019). Climate change and flood risk: vulnerability assessment in an urban poor community in Mexico. *Environment and urbanization*, 31(1), 75-92.
- Gran, J. A. (2018). "Percepción del riesgo a la salud asociado al cambio climático desde una comunidad en pobreza urbana, Zapopan, Jalisco 2017". (Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.
- Granados, R. A. (2015). "Capacidad adaptativa del sector productor de huevo para plato en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco frente al cambio climático". (Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.
- Grothmann, T. y Patt, A. (2005). Adaptive capacity and human cognition: the process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change*, 15, pp. 199-213.
- Hardoy, J., Ebru, G., & Manuel, W. (2018). Planificación participativa para la resiliencia al clima en ciudades de América Latina: los casos de Dosquebradas (Colombia), Santa Ana (El Salvador), y Santo Tomé (Argentina). *Medio Ambiente y Urbanización*, 88(1), 29-61.
- Lezama, J.L. (2018). La política internacional del cambio climático y el Acuerdo de París, en Lezama (coord.). *Cambio climático, ciudades gestión ambiental*. México: Colegio de México (pp. 23-58).
- López, C. A. (2013). "Cambio Climático y turismo: Adaptación de la población costera de Jalisco ante sus efectos". (Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.
- Luengo, E. (2014). *El conocimiento de lo social II. El método-estrategia*. México: Iteso.
- Magaña, V. (2015). Prólogo. En Curiel, A., Garibay, M., Ramos, S. L., Ramírez, G., Amaya, F., Ruiz, J. A. (Eds.). *El clima cambiante. Conocimientos para la adaptación en Jalisco*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Moser, C., & Stein, A. (2011). Implementing urban participatory climate change adaptation appraisals: a methodological guideline. *Environment and Urbanization*, 23(2), 463-485.
- Morchain, D. (2018). Rethinking the framing of climate change adaptation: knowledge, power, and politics. In *A Critical Approach to Climate Change Adaptation*. Routledge, (pp. 77-96).
- Morchain, D., Spear, D., Ziervogel, G., Masundire, H., Angula, M. N., Davies, J., ... & Hegga, S. (2019). Building transformative capacity in southern Africa: Surfacing knowledge and challenging structures through participatory vulnerability and risk assessments. *Action Research*, 17(1), 19-41.
- Nelson, D.R., Adger, W.N. y Brown, K. (2007). Adaptation to environmental change: contributions of a resilience framework. *Annual Review of Environment and Resources*, 32, pp. 395-419.

- Polsky, C. y Eakin, H. (2013). Global Change Vulnerability Assessments: Definitions, Challenges, and Opportunities. En Dryzek, J., Norgaard, R. and Scholosberg, D. (Eds). *The Oxford Handbook of Climate Change and Society*. United Kingdom: Oxford University Press.
- Ramos, S. L. y Curiel, A. (2015). Estrategia de comunicación, cultura y alfabetización en materia de adaptación al clima cambiante. En Curiel, A., Garibay, M., Ramos, S. L., Ramírez, G., Amaya, F., Ruiz, J. A. (Eds.). *El clima cambiante. Conocimientos para la adaptación en Jalisco*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara. Pp. 89-100.
- SEMADET, Secretaría de medio ambiente y desarrollo territorial (s.f.). Cambio climático, acceso 04 de octubre del 2020 en: <https://semadet.jalisco.gob.mx/temas-ambientales/cambio-climatico>
- SEMARNAT, INEEC y COETCYJAL. (2014). *Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático (PEACC) del Estado de Jalisco*. Guadalajara: SEMARNAT, INEEC y COETCYJAL.
- Singer, M. (2011). Down cancer alley: the lived experience of health and environmental suffering in Louisiana's chemical corridor. *Medical Anthropology Quarterly*, 25(2), 141-163.
- Singer, M. (2013). Respiratory health and ecosyndemics in a time of global warming. *Health Sociology Review*, 22(1), 98-111.
- Singer, M. (2016). Pluralea interactions and the remaking of the environment in environmental health, in Singer, M. (ed.), *A companion to the anthropology of environmental health* (pp. 437-457). UK: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Taylor, M. (2014). *The political ecology of climate change adaptation: Livelihoods, agrarian change and the conflicts of development*. Routledge.
- Ulloa, A. (2017). Dinámicas ambientales y extractivas en el siglo XXI. *Desacatos*, (54), 58-73.
- Urbina, J. (2006). Dimensiones psicológicas del cambio ambiental global. En: J. Urbina y J. Martínez (comps.), *Más allá del cambio climático. Las dimensiones psicológicas del cambio ambiental global*. México, D.F.: Semarnat-INE-UNAM.
- Villafán, N. I. (2013). "Amenaza de sequía y exceso de humedad para la producción de maíz blanco de temporal en el contexto del cambio climático en Jalisco. Implicaciones para la seguridad alimentaria." (Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.
- Wainwright, A. L. y Chen. A. (2016). China's cancer villages: contested evidence and the politics of pollution, in Singer, M. (ed.), *A companion to the anthropology of environmental health* (pp. 398-416). UK: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- WHO, World Health Organization. (2014b). "Environmental health", acceso 03 de octubre de 2020 en: http://www.searo.who.int/topics/environmental_health/en/

Parques urbanos y sus vínculos con el cambio climático

Martha Georgina Orozco Medina
Javier Omar Martínez Abarca

Resumen

Los parques urbanos proporcionan invaluable servicios ambientales que permiten que las sociedad reciban beneficios como salud, bienestar, actividades recreativas en contacto con la naturaleza, son reguladores climáticos, para la biodiversidad representan zonas de refugio, alimentación y reproducción de fauna como aves, insectos y anfibios, el arbolado urbano presente en los bosques urbanos, funciona también como captador de contaminantes, retiene agua de lluvia, su belleza paisajística tiene beneficios directos a la salud mental, física y emocional de las personas y en atención al tema que nos ocupa, son particularmente esenciales ante la vulnerabilidad por el cambio climático. El trabajo presente aborda los vínculos que mantienen los bosques urbanos y las ciudades con el cambio climático, la disertación se enfoca en el ámbito de las estrategias multidimensionales de la agenda 2030 para atender los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS), además de documentar la problemática con datos internacionales y locales, finaliza con una propuesta que en manos de tomadores de decisión orienta acciones de agenda y políticas públicas.

VIII.1 Introducción

Los parques urbanos proporcionan invaluable servicios ambientales que permiten que las sociedad reciban beneficios como salud, bienestar, actividades recreativas en contacto con la naturaleza, son reguladores climáticos, para la biodiversidad representan zonas de refugio, alimentación

y reproducción de fauna como aves, insectos y anfibios, el arbolado urbano presente en los bosques urbanos, funciona también como captador de contaminantes, retiene agua de lluvia, su belleza paisajística tiene beneficios directos a la salud mental, física y emocional de las personas y en atención al tema que nos ocupa, son particularmente esenciales ante la vulnerabilidad por el cambio climático, tanto en lo relativo a consecuencias por intensidad y frecuencia de lluvias como también frente a eventos de sequía, en caso de ráfagas de viento actúan como barreras, además mantienen la biodiversidad, situación que en últimas fechas ha cobrado gran relevancia por su importancia en la salud ambiental (WHO, 2017; Orozco et al., 2020).

Así mismo con relación al contexto de éste capítulo, las ciudades son escenarios complejos donde se desarrollan distintas funciones; como lo menciona Frumkin (2013) desde el punto de vista de la salud ambiental, la gente tiene espacios para su desarrollo, alimentación, recreación, traslado, trabajo y estudio así también, por el patrón de crecimiento frecuentemente limitado en cuanto a planificación por criterios ambientales o de ordenamiento ecológico, en estas, se presentan distintas situaciones resultado de eventos catastróficos ligados a cambio climático, eventos de lluvias intensas y frecuentes, que derivan en inundaciones donde no se respetaron las zonas de recarga de acuíferos, con la consecuente afectación a zonas de vivienda que en la mayoría de las ocasiones coincide con el patrimonio de personas de escasos recursos. Otra situación que vincula cambio climático y ciudades, es la saturación de zonas de construcción sin cuidar la proporción de metros cuadrados de vegetación por habitante que recomienda la OMS, el cambio y la invasión frecuente de terrenos de cultivo para urbanización, de zonas de vegetación y arbolado nativo por zonas de cultivo, así se van presentando distintas transformaciones que repercuten de forma directa en la fisonomía urbana y traen por consecuencia un deterioro ambiental y una vulnerabilidad manifiesta, a partir de los fenómenos de cambio climático.

Esta contribución aborda los vínculos que mantienen los bosques urbanos y las ciudades con el cambio climático, la disertación se enfoca en el ámbito de las estrategias multidimensionales de la agenda 2030 para atender los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS), además de documentar la problemática con datos internacionales y locales, finaliza con una propuesta que en manos de tomadores de decisión orienta acciones de agenda y políticas públicas.

VIII.2 Desarrollo

Desde 1972, que se llevó a cabo la reunión de Estocolmo de desarrollo humano, se implementaron diferentes acciones para regular los problemas ambientales, a partir de ahí surgen diferentes estrategias globales y locales; casi 40 años después se han escrito varias historias de éxito a partir de esfuerzos de instituciones y gobierno. En la actualidad, se están ejecutando proyectos para atender los objetivos del “Plan Estratégico con la multidimensionalidad y complejidad que requiere la Agenda 2030, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, está implementando seis enfoques intersectoriales del desarrollo que se conocen como soluciones emblemáticas orientadas al logro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible: Mantener a las personas fuera de la pobreza, gobernanza para forjar sociedades pacíficas, justas e inclusivas, prevención de las crisis y más resiliencia, medio ambiente: soluciones basadas en la naturaleza para el desarrollo, energía no contaminante y asequible empoderamiento de la mujer e igualdad de género” (UNDP, 2020), además con motivo de esta discusión, el abordaje y análisis se orienta en específico a prevención de la crisis y más resiliencia y al de soluciones basadas en la naturaleza para el desarrollo.

Diferentes investigaciones científicas afirman que el cambio climático en curso es antropogénico (Bárcena et al., 2020; Fong et al., 2020; Abatzoglou et al., 2019; Sánchez et al., 2016; Cruz & Martínez, 2015;). Es diferente al proceso planetario cíclico que ocurre de forma natural, debido a su gran velocidad y el desarrollo de múltiples fenómenos climáticos que se han dado en lugares nunca antes vistos. El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producto de las altas tasas de producción y consumo a nivel global, tienen ya un efecto visible sobre el clima (Bárcena et al., 2020). De Castro (2017) afirma que la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera, la principal sustancia que provoca el efecto invernadero, ha crecido desde el siglo XVIII más de un 40%, pasando de unos 278 ppm a una cifra cercana a 400 ppm en la actualidad, tomando en cuenta que hay consistentes análisis paleológicos señalando que la actual concentración es la más elevada de al menos, los últimos 800 000 años.

La temperatura media mundial aumentó 0,85 °C (entre 0,65 °C y 1,06 °C) de 1880 a 2012, y hay indicios de que las últimas tres décadas han sido progresivamente más cálidas (Figura VIII-1): es probable que el período transcurrido entre 1983 y 2019 haya sido el de mayor temperatura en los últimos 14,00 años (Bárcena et al., 2020).

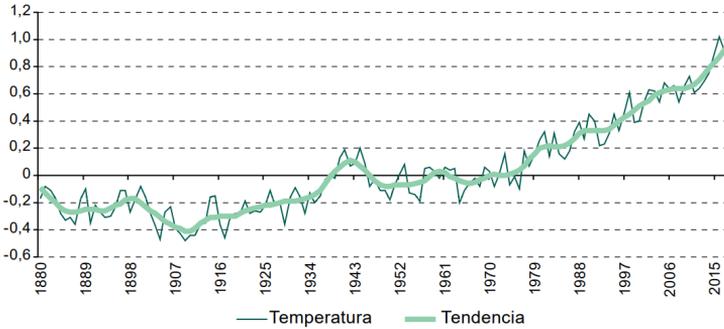


Figura VIII-1. Anomalías de la temperatura combinada de la superficie terrestre y oceánica con respecto al período 1951-1980, 1880-2018a (en grados centígrados). Fuente: CEPAL, 2020.

En la conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático en París, COP 21, los gobiernos acordaron que se requiere urgentemente una acción climática más fuerte y ambiciosa para lograr los objetivos del Acuerdo de París (2015). La acción debe provenir de gobiernos, ciudades, regiones, empresas e inversores. Todos tienen un papel que desempeñar en la implementación efectiva del Acuerdo de París.

Uno de los principales resultados de la COP21 en el Acuerdo de París es poner en valor la importancia de adaptarse a los efectos adversos del cambio climático, estableciendo un objetivo global de aumento de la capacidad de adaptación y reducción de la vulnerabilidad, en un contexto en el que todos los países se están enfrentando a los impactos derivados del cambio climático. Para ello, los países tienen que participar en procesos de planificación, así como presentar y actualizar periódicamente comunicaciones sobre adaptación.

Las infraestructuras verdes y azules constituyen herramientas de carácter estratégico para la adaptación y mitigación climáticas. Se trata de medidas de muy diferente tipología y funcionamiento, pero que comparten atributos como la multifuncionalidad, la generación de variados servicios ecosistémicos, y su elevada capacidad de adaptación a las dinámicas territoriales y socio-ambientales (Magdaleno et al., 2018).

Según la Comisión Europea (EC, 2014), la infraestructura verde comprende una “red estratégicamente planificada de zonas naturales y seminaturales de alta calidad con otros elementos medioambientales, diseñada y gestionada para proporcionar un amplio abanico de servicios

ecosistémicos y proteger la biodiversidad tanto de los asentamientos rurales como urbanos”. En la misma Comunicación, se señala que, “al tratarse de una estructura espacial que genera beneficios de la naturaleza a las personas, la infraestructura verde tiene como objetivo mejorar la capacidad de la naturaleza para facilitar bienes y servicios ecosistémicos múltiples y valiosos, tales como agua o aire limpios”.

Las infraestructuras verdes y azules conforman los ecosistemas urbanos, que a menudo se presentan como integradores tanto de la infraestructura construida o “gris” y la infraestructura ecológica o “verde”. El concepto de infraestructura ecológica captura el papel que juegan el agua y la vegetación en o cerca del entorno construido en la prestación de servicios ecosistémicos a diferentes escalas espaciales (Edificio, calle, barrio, región). Incluye todos los “espacios verdes y azules” que se pueden encontrar en zonas urbanas y periurbanas, incluidos parques, cementerios, jardines y patios, solares, baldíos, parcelas urbanas, bosques urbanos, árboles individuales, techos verdes, humedales, arroyos, ríos, lagos y estanques (Gómez-Baggethun et al., 2013).

Taylor & Hochuli (2017) en su búsqueda por encontrar una adecuada definición de “espacio verde”, reconoce que la investigación por estos lugares no progresará sin considerar los hallazgos de múltiples componentes, como los aspectos sociales y ecológicos, debido a la complejidad de su integración. Esto es particularmente relevante en las ciudades, donde los componentes sociales y ecológicos, incluidos los espacios verdes, están bajo presiones asociadas con la urbanización.

Definir límites claros para los Ecosistemas Urbanos a menudo resulta difícil, porque muchos de los flujos e interacciones relevantes necesarias para comprender su funcionamiento, van mucho más allá de los límites urbanos definidos por razones políticas o biofísicas. Por lo tanto, el alcance relevante del análisis de los Ecosistemas Urbanos va más allá del área de la ciudad; no solo comprende la infraestructura ecológica dentro de las ciudades, también el interior que se ve directamente afectado por los flujos de energía y materiales del núcleo urbano y las tierras suburbanas (Gómez-Baggethun et al., 2013).

En las últimas convenciones internacionales, se propone mitigar los efectos del cambio climático en periodos claves, primero al 2030 y reconocer un cambio tangible al 2050, todo esto propiciado por el fuerte impacto de la crisis medioambiental, producto de una constante globalización y derivada de la revolución industrial del siglo XIX. Para ello, se decide activar

el modelo de las “Ciudades Verdes”. Una ciudad, donde todas las formas de la naturaleza (organismos vivos, biocenosis y sus hábitats) son componentes de gran importancia para la infraestructura verde. En una Ciudad Verde, estas formas únicas que nos brinda la naturaleza son preservadas, mantenidas y extendidas para el beneficio de todos los habitantes de las ciudades. Los ecosistemas urbanos son un proveedor ideal de servicios y son un concepto clave para el desarrollo de las ciudades (Breuste, 2020).

Efectivamente, una herramienta clave que se desempeña como un pilar fundamental de las infraestructuras verdes dentro de los ecosistemas urbanos, son los parques. En los últimos años, la importancia de los parques y espacios verdes urbanos ha recibido especial atención en el campo de las comunidades sostenibles. Los indicadores de sostenibilidad para el desarrollo urbano se centran en gran medida en el estado de los elementos naturales como es el caso de los parámetros de calidad de áreas verdes, aire y agua. Por ejemplo, es bien sabido que cuantas más plantas nativas haya en un área, mayor será la protección contra las inundaciones, la contaminación del aire y del agua. Además, la satisfacción de los ciudadanos y la percepción de sus entornos de vida también juegan un papel en el desarrollo de programas de sostenibilidad que no solo deben ser exitosos, sino también sostenibles (Orozco et al., 2020).

Ciudades y cambio climático

Desde finales del siglo pasado, la población mundial se ha mantenido en constante crecimiento. En la actualidad, existen 7.6 millones de humanos en el planeta, y se calcula que para el 2050 aumentará a aproximadamente 9.9 millones de personas (ONU, 2017). Lo curioso de esta cantidad, es que la mayoría de la población mundial prefiere o está optando por irse a vivir a zonas urbanas. Estadísticas de la Oficina de Referencia Poblacional (2018), señalan que para el 2050, el 68% de la población mundial vivirá en ciudades. El resultado de esta expansión descontrolada se resume en la disminución de áreas verdes y espacios agrícolas, comprometiendo los recursos naturales activos como lo son los bosques, selvas, parques, lagos, lagunas, costeras y manglares; sistemas que nos brindan oxígeno y funcionan como los “pulmones de las ciudades” para depurar la contaminación antropogénica (Figura VIII-2), añadiendo que son importantes indicadores de salud y bienestar (Allam et al., 2020).

Garibay en 2012 hace una revisión de las principales causas y riesgos por cambio climático en México, donde alerta que el principal factor de emergencia son las olas de calor, seguido del incremento de temperatura y eventos climáticos extremos. Además, reconoce que el aumento de la vulnerabilidad en el país se debe también a la carencia de políticas y la baja eficiencia del sistema de salud, la baja generación de investigación en temas de cambio climático y sus efectos en la salud y la vulnerabilidad de la población, desarrollo limitado de planes y programas de seguimiento de enfermedades sensibles al cambio climático, y medidas de adaptación para la población, así como la inexistente sistematización de información útil y de calidad.

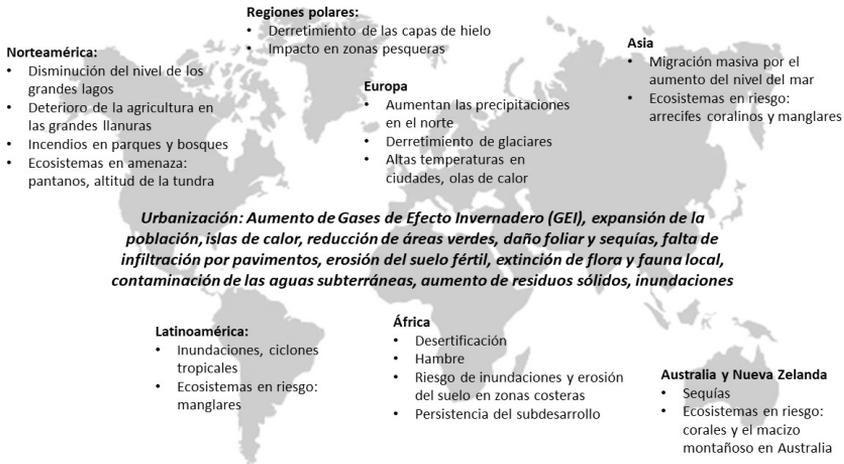


Figura VIII-2. Proyecciones del cambio climático: 2050-2100 (Fuente: Adaptado de Bifani-Richard, 2012).

Guadalajara es el centro metropolitano del estado de Jalisco, que por el número de pobladores y su constante expansión lo han catalogado en foco rojo por la mayoría de investigaciones ambientales en ciudades junto a Monterrey y Ciudad de México, derivado de las prácticas económicas que suelen explotar, como la industria, agricultura y la ganadería. Algunos eventos clave de cambio climático en el estado de Jalisco del 2019, señalados por expertos (Curiel y Garibay, 2020) son:

- Avalancha de lodo en San Gabriel, debido a la pérdida forestal en partes altas de la cuenca del Río Salsipuedes.
- Granizadas que alcanzaron los dos metros de altura en calles de la Zona Industrial de Guadalajara.
- Erosión de tierras el 21 de julio y 8 de septiembre en Tlajomulco.
- 36° C en el Área Metropolitana de Guadalajara en el mes de junio.
- El Salto, Jalisco es nombrado como uno de los sitios más contaminados en México.
- 72,000 hectáreas afectadas en Jalisco a causa de incendios.
- 46, 554 casos registrados por picaduras de alacrán.
- Aumento de casos de asma, dengue, diabetes mellitus tipo I y el número de muertes por enfermedades renales crónicas.

Davydova et al., (2019) en una publicación destinada al análisis comparativo de tendencias de temperatura media en Jalisco para estimar señales de cambio climático destacan la presencia de incrementos de temperatura media anual a 0.31°C en 1971-2000, 0.61°C en 1981-2010 y un incremento muy intenso, 0.81°C, para el período de 1991-2010. Asimismo, mencionan que las costas de Jalisco muestran un incremento de 0.2 a 0.4°C mientras la región continental registra un incremento hasta 0.8°C. Sin embargo, recomienda una mejor atención a las estaciones meteorológicas, ya que en México todavía no existe una base de datos de alta resolución a escala nacional que cumpla con un control de calidad incluyendo la revisión de homogeneidad de series largas.

VIII.3 Los parques, espacios de naturaleza urbana

La naturaleza urbana engloba la totalidad de los elementos naturales en áreas urbanas, incluye el propio ecosistema con sus respectivas relaciones funcionales en relación a su uso. Por lo tanto, la naturaleza urbana engloba a todos los seres vivos, biocenosis y sus hábitats en las ciudades (Figura VIII-3); predominan principalmente en espacios abiertos, pero también se puede encontrar en, sobre o dentro de edificios. En áreas conocidas como de “naturaleza urbana dominante”, se presenta una intensa actividad y se presentan como prados, pastos, parques, jardines, bosques urbanos, etc. En ocasiones se pueden encontrar espacios en las ciudades que mantienen su esencia original como humedales, zonas pantanosas y bosques (Breuste, 2020).

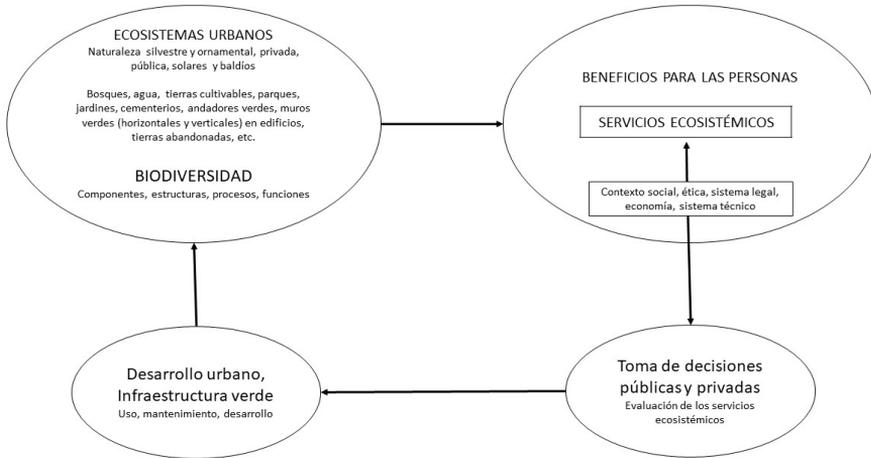


Figura VIII-3. El concepto de naturaleza urbana (Adaptado de Breuste, 2020).

Anaya (2001) define parque urbano como aquellas áreas socialmente concebidas en los contextos urbanos, regularmente abiertas, donde se establecen relaciones humanas de esparcimiento, recreación, y convivencia social, en donde coincide la presencia de elementos naturales previamente planificados por la sociedad para el individuo con carácter de uso público. Además, son concebidas también con fines funcionales para facilitar el flujo de la dinámica urbana, integrando las cuatro funciones (ecológica, arquitectónica, estética y de salud) coexistiendo en estos espacios las interacciones sociedad-naturaleza y social-social, además, los parques urbanos constituyen un fenómeno ambiental, estas no son solo simples elementos que rodean al hombre, sino como elementos que derivan de la propia actividad del hombre en su interacción con la naturaleza.

Según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio organizada por la Organización de las Naciones Unidas, en 2005 agrupó los servicios de los ecosistemas en cuatro categorías amplias: aprovisionamiento, regulación, apoyo y culturales. Limón y Vega (2012) hacen un resumen muy breve de los beneficios que proporcionan los parques urbanos, mismos que se detallan en el cuadro VIII.1.

Cuadro VIII.1. Servicios ecosistémicos de los parques urbanos.

Servicio ambiental	Característica
Regulación del clima	<p>La temperatura en los núcleos de las grandes ciudades frecuentemente es más elevada que en la periferia o en las zonas rurales en respuesta a la actividad antropogénica, como la emisión de calor por vehículos y el consumo de energía eléctrica, la actividad industrial y sus procesos productivos, así como la infraestructura del espacio construido, como edificios y carpeta de rodamiento vehicular con tendencia a la acumulación de la temperatura.</p> <p>El proceso de constante transpiración de las plantas resulta en la liberación de aproximadamente el 98% del agua que absorben para efecto de sus procesos metabólicos como la fotosíntesis, de ahí que en conjunto con la sombra que proveen, el agua en forma de vapor que liberan es un elemento que disminuye el efecto de las islas de calor que se presentan en los núcleos urbanos.</p>
Disminución de la fuerza de precipitación de la lluvia	<p>El efecto protector de las copas y troncos de árboles ante la precipitación pluvial se presenta por obstrucción del desplazamiento de las gotas, disminuyendo la fuerza de impacto en el suelo o infraestructura; así, se evita la erosión del suelo, los daños humanos y materiales</p>
Disminución de la fuerza de corrientes de agua	<p>La cubierta vegetal contribuye a la compactación del suelo, evitando así su erosión ante el arrastre por efecto de las corrientes de agua; de igual manera contribuyen a la absorción de agua disminuyendo las inundaciones y sus consecuentes daños materiales y humanos.</p>
Disminución de la fuerza de los vientos	<p>La cubierta vegetal, en particular las copas y troncos de los árboles, como barrera natural, impiden el avance de los vientos, disminuyen su velocidad protegiendo así de la erosión al suelo por el arrastre de las partículas, así como la resuspensión de los contaminantes en la atmósfera de los ambientes urbanos.</p>
Reducción de contaminantes atmosféricos	<p>Como resultado de las actividades antropogénicas se libera una amplia gama de gases y partículas contaminantes, algunos de los cuales son incorporados por las plantas para sus procesos metabólicos, e inclusive, las partículas suspendidas son retenidas en las hojas de las mismas, disminuyendo significativamente su concentración en la atmósfera. De esta manera se contribuye de manera indirecta a la protección de la salud de la población.</p>

Protección y alimento para la fauna	Por su condición autótrofa, las plantas representan el inicio de la cadena alimenticia, por lo tanto, varias especies animales dependen directamente de su presencia y cantidad para completar su ciclo de vida, además, su morfología contribuye a la protección y es refugio para insectos y aves, constituyendo el fiel de la balanza en el equilibrio ecosistémico.
Amortigua-miento del ruido	La barrera física natural constituida por copas de árboles y sus copas desvían y atenúan la expansión de las ondas sonoras, disminuyendo el efecto de los ruidos propios de los núcleos urbanos y promoviendo un ambiente acústico sano.
Esparcimiento y convivencia	Las características climáticas en las áreas verdes favorecen la convivencia social y el esparcimiento. Un clima más fresco, una atmósfera más limpia y niveles de ruido menores promueven las condiciones adecuadas para la relajación y convivencia, favoreciendo las relaciones interpersonales y de identidad.

Fuente: Limón y Vega, 2012.

VIII.3 Propuesta

Como se planteó al inicio, para efectos de esta discusión el abordaje y análisis se ha venido orientando en específico a prevención de la crisis y más resiliencia, así como al de sugerir soluciones basadas en la naturaleza para el desarrollo, a continuación, se describen algunas alternativas que pueden orientar a tomadores de decisión para la puesta en marcha de acciones de atención.

Cuadro VIII.2. Alternativas para acciones de tomadores de decisiones.

Estrategia de los ODS	Descripción	Necesidades y Acciones propuestas
Prevenición de la crisis y más resiliencia	<p>En 2014, 87% de los desastres naturales fueron causados por el clima.</p> <p>Las ciudades contribuyen de forma significativa al cambio climático a pesar que representan menos del 2% de la superficie terrestre, ahí se consume el 78% de la energía mundial, y se produce más del 60% del total de dióxido de carbono, y elevadas concentraciones de las emisiones de los gases del efecto invernadero, (Grifeu, 2018; WHO,2017).</p>	<p>Generar diagnósticos actualizados de emisiones para conocer el parque vehicular, contar con inventarios de emisiones constantes y actualizados de las industrias pequeñas, medianas y grandes.</p> <p>Identificar las zonas de mayor concentración de contaminantes y proyectar parques urbanos, corredores biológicos urbanos y parques horizontales.</p> <p>Contar un atlas detallado a nivel municipal en donde se señalen los puntos críticos por inundaciones.</p> <p>Realizar e implementar una estrategia de divulgación a todos los niveles (federal, estatal, municipal, escolar, universitario, empresarial y de la sociedad civil) para impulsar las acciones para reducir la vulnerabilidad e incrementar la resiliencia frente a los eventos extremos asociados con cambio climático.</p> <p>Contar un inventario actualizado de áreas verdes para generar un diagnóstico de salud del arbolado, identificar las especies en riesgo de caída y programar derribos y reemplazos.</p>

Soluciones basadas en la naturaleza para el desarrollo	<p>“Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) son un nuevo concepto que abarca a todas las acciones que se apoyan en los ecosistemas y los servicios que estos proveen, para responder a diversos desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria o el riesgo de desastres. Entrado el siglo XXI, emerge el término de Soluciones basadas en la Naturaleza, consolidando un cambio de perspectiva: entendiendo que la población no es solo un beneficiario pasivo de los productos y servicios de la naturaleza, sino que también puede proteger, gestionar y restaurar proactivamente y de forma estratégica los ecosistemas, ayudando así a resolver los desafíos de desarrollo y reducción de la pobreza” (UICN 2017).</p>	<p>Creación de un sistema integrado municipal de paisajes con la intención de restaurar funciones ecosistémicas con beneficios directos a la población, de ésta forma se promueve la infraestructura natural para contrarrestar las agresiones de la construcción, de las edificaciones y de las extensas superficies de concreto producto de la urbanización acelerada (construcciones de vivienda, parques tecnológicos, fraccionamientos, centros comerciales y vialidades), de ésta forma se le hace frente a las consecuencias del cambio climático y se generan beneficios sociales, ambientales y económicos adicionales, de ésta forma se impulsa el cumplimiento de los objetivos del Desarrollo Sustentable y se potencian las funciones eco sistémicas en las ciudades con la promoción de parques y espacios verdes.</p>
--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

VIII.4 Reflexiones finales

Con ésta disertación y análisis, se analizaron los vínculos que mantienen los bosques urbanos y las ciudades con el cambio climático, se abordó cómo las estrategias de la agenda 2030 de los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS), se pueden vincular a la creación de una agenda para la respectiva implementación de políticas públicas en el marco del tema en cuestión.

Los retos son diversos y complejos porque en las ciudades latinoamericanas no se ha avanzado de una forma constante y sostenible hacia la mitigación del cambio climático, faltan esquemas que promueven la creación y mantenimiento de parques, por lo que es recomendable e impostergable, incluir en los planes estatales y municipales de desarrollo un “Programa de bosques urbanos” con un financiamiento fijo, con personal capacitado, con una planeación estratégica que incluya la conservación de un banco de germoplasma de especies locales, el desarrollo de infraestructura que promueva actividades de educación ambiental y valoración del patrimonio

natural, así como también la promoción de la fauna como una alternativa de conservación de la biodiversidad.

Es importante reconocer que la riqueza natural que ofrecen los espacios verdes está en riesgo, producto de una compleja relación de factores que intensifica el cambio climático. Si no se toman las medidas adecuadas, se intensifica la generación de contaminantes y se compromete la permanencia de la biodiversidad, al alterar los hábitats, también se puede incrementar la dispersión de especies invasoras y de vectores que causan graves enfermedades como el mosquito *Aedes aegypti*, un organismo con distribución principalmente tropical, pero que debido a las alteraciones climáticas en el temporal de lluvias, sus estadios se han prolongado por más tiempo, provocando más infecciones.

La belleza escénica, los beneficios a la salud física, mental, emocional y la promoción de actividades lúdicas, recreativas, deportivas y educativas son perspectivas que de la mano de los parques urbanos pueden también potenciarse además de los beneficios asociados con la mitigación de los efectos del cambio climático ya de por sí bastante complicados en las grandes ciudades.

Los parques recrean los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), principalmente fomentan la salud y bienestar (3), agua limpia y saneamiento (6), ciudades y comunidades sostenibles (11), acción por el clima (13) y los ecosistemas terrestres (15); hay que reconocer, que en la mayoría de la literatura en Latinoamérica se menciona la falta de política pública y el mal manejo de estos espacios, producto de la corrupción y el apoyo a la industrialización, justificándolo con la generación de nuevos empleos, aquí la reflexión nos lleva a plantear preguntas como ¿Somos felices en la “infraestructura gris”? ¿Vale la pena sacrificar los recursos naturales por un modelo de desarrollo basado en la economía de consumo? Precisamente en ese sentido, debemos conocer las nuevas formas de adaptación que este libro aborda y que, sin duda alguna, se sabe que tanto el mantenimiento de los parques y la expansión y conservación de las áreas verdes son bienes únicos y son un eje clave en la resiliencia urbana frente a los desafíos del *Cambio Climático*.

VIII.5 Referencias bibliográficas

- Abatzoglou, J., Williams, A., & Barbero, R. (2019). Global emergence of anthropogenic climate change in fire weather indices. *Geophysical Research Letters*, 46(1), 326-336.
- Allam, Z., Jones, D. & Thondoo, M. (2020). Urban resilience and climate change. En: Allam, Z., Jones, D. & M. Thondoo. *Cities and climate change: Climate policy, Economic Resilience and Urban Sustainability*. Springer Nature, Cham, Switzerland.
- Anaya, M. (2001). Los parques urbanos y su panorama en la zona metropolitana de Guadalajara. *Vinculación y ciencia*, 4(9): 4-16.
- Bárcena, A., Cimoli, M., García-Buchaca, R., Samaniego, J. & Pérez, R. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?*, Libros de la CEPAL, N° 160 (LC/PUB.2019/23-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Breuste, J. (2020). The Green city: General concept. In: Breuste, J. (ed.), Artmann, M., Loja, C. & Qureshi, S. (co-eds.). *Making green cities: Concepts, challenges and practice* (pp. 1-17). Switzerland. Springer Nature.
- Bifani-Richard (2012). Challenges for the 21st Century-Climate change and gender. En: Garibay, M. (cood.), Bifani, P., Moreno, A., Curiel, A. & Alalouni, U. *Trends of global change: Climate change* (Pp. 17). Universidad de Guadalajara.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL. (2020). Base de datos del Instituto Goddard de Estudios Espaciales (GISS), el Centro Nacional de Datos sobre Nieve y Hielos (NSIDC) y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA).
- Cruz, Y. & Martínez, P. (2015). Cambio climático: bases científicas y escepticismo. *Cultura Científica y Tecnológica*, (46).
- Curiel, A., Garibay, M. & Regalado, J. (13 enero 2020). Nota de prensa para analizar el impacto en Jalisco de fenómenos climatológicos ocurridos en 2019. *Prensa UdeG*. Disponible en: <http://www.udg.mx/es/noticia/golpeo-cambio-climatico-jalisco-durante-2019>
- EC (European Commission) (2014). EU policy document on Natural Water Retention Measures. By the Drafting team of the WFD CIS Working Group Programme of Measures (WG PoM). Technical Report 2014 - 082.
- Fong, L., Leng, M. J. & Taylor, D. (2020). A century of anthropogenic environmental change in tropical Asia: Multi-proxy palaeolimnological evidence from Singapore's Central Catchment. *The Holocene*, 30(1), 162-177.

- Davydova, V., Godínez, A., Navarro, R. & Orozco, M. (2019). Comparative analysis of average temperature trends in Jalisco, Mexico, based on original and homogenized series to estimate signs of Climate Change. *Journal of Environmental Sciences and Natural Resources*, 5-15: 1-10.
- De Castro, M. (2016). Sobre las bases científicas del cambio climático antropogénico. *Revista ambiental*, (114), 44-53.
- Frumkin, H. (2013). The evidence of nature and the nature of evidence. *American Journal of Preventive Medicine*, 44(2):196 -197.
- Garibay-Chávez, M. (2012). Climate Change, Vulnerability, and its Effects on Health: The Situation in Mexico. En: Garibay, M. (cood.), Bifani, P., Moreno, A., Curiel, A. & Alalouni, U. *Trends of global change: Climate change* (Pp. 83-125). Universidad de Guadalajara.
- Gifreu, J. (2018). Ciudades adaptativas y resilientes ante el cambio climático: Estrategias locales para contribuir a la sostenibilidad urbana. *Revista Aragonesa de Administración Pública*, 52, 102-158.
- Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Barton, D. N., Langemeyer, J., McPhearson, T., O'Farrell, P.,... & Kremer, P. (2013). Urban ecosystem services. In *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities* (pp. 175-251). Springer, Dordrecht.
- Limón, C. & Vega, G. (2012). Procesos de Contaminación y Degradación Ambiental: Los Servicios Ecosistémicos de los Parques Urbanos. En: *Propuestas para la gestión de los Parques en México 2012*, (pp. 15-26). Tercera sección-Ambiental. Disponible en: http://www.organicaeditores.mx/biblioteca/parques2012/contenido/3_Ambiental/3_03_Limon_Aguirre.pdf
- Magdaleno, F., Sánchez, F. & Martín, B. (2018). Infraestructuras verdes y azules: estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático. *Revista Digital del Cedex*, (191), 105-112.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO. (2016). Fortalecer la resiliencia ante las amenazas y las crisis. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5342s.pdf> (Consultado el 19 de agosto del 2020).
- Orozco, M., Martínez, J. Figueroa, A. & Davydova, V. (2020). Environmental Health Diagnosis in a Park as a Sustainability Initiative in Cities. *Sustainability*, 12, 6436.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD. (2020). Boletín de seis soluciones emblemáticas. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/six-signature-solutions.html>
- Population Reference Bureau. (2018). *2018 world population data sheet*. Retrieved from Washington, DC.

- Sánchez-Santillán, N., Lanza-Espino, G., Garduño, R., Sánchez-Trejo, R. (2015). La influencia antropogénica en el Cambio Climático bajo la óptica de los Sistemas Complejos. *Rev. Iberoam. Ciencias*, 2(6), 69-84.
- Taylor, L., & Hochuli, D. F. (2017). Defining greenspace: Multiple uses across multiple disciplines. *Landscape and Urban Planning*, 158, 25-38. doi:10.1016/j.landurbplan.2016.09.024
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-UICN. (2017) ¿Qué son las soluciones basadas en la naturaleza? Recuperado de: <https://www.iucn.org/node/28778> (Consultado el 22 de agosto del 2020).
- United Nations Development Programme-UNDP. Recuperado de: <https://www.undp.org/> (Consultado el 22 de agosto del 2020).
- United Nations Human Settlements Programme-UN-Habitat, (2010). «State of the World's Cities 2010/2011: Bridging the Urban Divide». Consultado el 20 de julio del 2020 en línea de <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=%20view&type=400&nr=1114&menu=35>
- United Nations. (2017). *World population prospects: Key findings & advance tables*. New York, NY: Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- World Health Organization-WHO (2017). *Urban green spaces: a brief for action*. The regional Office for Europe. Copenhagen, Denmark. Recuperado de https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/342289/Urban-Green-Spaces_EN_WHO_web3.pdf%3Fua=1
- World Health Organization-WHO. (2017). Sustainable Development Goals Knowledge Platform, Consultado el 20 de agosto del 2020.

Isla de calor y confort térmico en la Zona Metropolitana de Guadalajara

Daniel Alamilla Chan

Valentina Davydova Belitskaya

Resumen

El crecimiento de la Zona Metropolitana de Guadalajara está haciendo cada vez más evidente la presencia de las islas de calor como las que prevalecen en ciudades densamente construidas y está modelando nuevos microclimas para los habitantes lo que conlleva a riesgo de padecimientos por acumulación de calor en el cuerpo. El presente trabajo realiza un elaborado estudio de Temperatura Efectiva (TE) de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) a partir del análisis de datos de ocho estaciones meteorológicas de la Red Automática de Monitoreo Ambiental (RAMA), proporcionado por la Comisión Estatal de Ecología de Jalisco. La serie de datos incluye registros horarios de temperaturas y humedad relativa, durante un período de 20 años entre 1999 y 2018.

Entre los resultados más importantes del trabajo se encuentra que la intensidad de la isla de calor de la ZMG se cataloga como cálido ligero con una TE de 23.30° C. ubicando sus picos en la zona Industrial de Tlaquepaque y Centro de Guadalajara, así como en algunas colonias al oriente del municipio.

La temperatura media estimada es de 21.3° C y los meses más cálidos van desde abril hasta agosto donde las temperaturas máximas oscilan entre son entre 30 y 34 °C durante los cuales los riesgos de exposición a estrés térmico, agotamiento e insolación son elevados.

IX.1 Introducción

Entre los temas actuales de interés mundial como son la contaminación ambiental, el deterioro de la calidad de vida y las enfermedades pandémicas; el aumento de las temperaturas globales no es menos importante. Existen dos indicadores del aumento de las temperaturas. Una de ellas es el calentamiento global como lo demuestran las evidencias científicas recientes a causa de altas concentraciones de gases invernaderos (IPCC, 2013 y 2018), (WMO, 2019). Como consecuencia, se observan las olas de calor más frecuentes, más intensas y prolongadas llegando a ser el peligro meteorológico más mortífero en actualidad. Por ejemplo, a su causa durante el período 2015–2019 fueron registradas más de 8900 muertes, aquejando a todos los continentes. Eventos, que también contribuyeron a que se registrase un nuevo récord de aumento de la temperatura media mundial de 1,1 °C desde la era preindustrial (WMO, 2019).

La otra es una planeación inadecuada de las ciudades, siendo aspecto que cobra relevancia en el momento de entender la variación térmica urbana y explicar el aumento de las temperaturas percibidas en las zonas altamente construidas (Tan et al., 2010; Tomlinson, et al., 2011; Kleerekoper, Van Escha, & Baldiri Salcedo, 2012; Córdova Sáez, 2011; Ferrelli, Bustos, & Piccolo, 2016; Mirzaei, et al., 2020).

La isla de calor es un fenómeno de origen térmico que se desarrolla en las áreas urbanas causado por la diferencia de temperatura existente entre los sectores más densamente edificados de la ciudad y la de sus alrededores afectando directamente el microclima de cada zona. Consiste en la dificultad de la disipación del calor durante las horas nocturnas y, como consecuencia, se registra un significativo incremento de temperatura mínima que a su vez condicionan el acrecentamiento local o regional de temperaturas medias (Jauregui, 1986; Jauregui, Godínez. & Cruz, 1992; Balogun, et al., 2010; Wicki, Feigenwinter, & Parlow, 2018).

Se ha observado que el fenómeno de la isla de calor aumenta con el tamaño de la ciudad y que es directamente proporcional al tamaño de la mancha urbana (Wicki, Feigenwinter & Parlow, 2018). De esta forma, algunas enfermedades o problemas de salud podrían relacionarse “geográficamente” con las islas de calor de grandes urbes, y como tales son susceptibles de un tratamiento espacial (Torneró, et al. 2006) y su cartografía para un mejor entendimiento de roles de ambiente urbano, rural o natural en éstos.

De acuerdo a lo que nos cuentan lugareños más antiguos de Guadalajara, esta ciudad históricamente se conocía como “el lugar de eterna primavera”, pero dado su caótica y excesiva urbanización a partir de los años 70s, llegó a perder su característica de comfortable. Lo mismo se observa en los cuatro municipios pertenecientes a su zona metropolitana: Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan. Varios estudios climatológicos recientes muestran resultados que evidencian la tendencia creciente tanto para la temperatura mínima ($0.94^{\circ}\text{C}/10$ años) como para la temperatura máxima ($2.27^{\circ}\text{C}/10$ años) (Davydova y Alamilla, 2019; Curiel, 2018).

Como consecuencia, este incremento de temperaturas representa riesgo no solo para el medio ambiente sino también para la salud de la población de la ZMG. Dado que la zona termoneutral humana está entre los 24 y 31°C , el exceder este nivel de confort los organismos se enferman, su rendimiento disminuye. Cuando las temperaturas superan un límite que puede regular el cuerpo humano, esto puede condicionar la muerte. (Curiel, Garibay y Ramos, 2015). El aumento de las temperaturas también se ha relacionado con la mortalidad por enfermedades isquémicas del corazón (Parada, 2012), con enfermedades del sistema circulatorio (Estrella, 2017), hasta con trastornos en el comportamiento y tendencias al suicidio (Gaxiola, et al., 2013).

En un primer acercamiento al estudio de confort térmico en la ZMG realizado por López y Márquez en el 2018, se encontraron los límites de bioconfort aplicando método de temperatura efectiva (*TE*) para los municipios que actualmente compongan la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG). Sus resultados reconocen un relativo confort de entre las 8 am y 5 pm durante la temporada de lluvias (julio - septiembre), mientras para los meses de abril a octubre identificaron un confort cálido ligero y para los meses de noviembre a febrero se identificaron condiciones de fresco a frío.

Considerando un intenso y continuo desarrollo de la mancha urbana de la zona metropolitana de Guadalajara se levanta la pregunta que el presente trabajo trata de responder: ¿El aumento de las temperaturas en la ZMG están modificando las condiciones de confort de la sociedad? Para solventar ese cuestionamiento se analizó la base de datos horarios/diarios de temperatura y humedad relativa para el período 1999 – 2018 de la Red Automática de Monitoreo Ambiental de la Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Jalisco (SEMADET). La estimación de bioconfort y su tendencia durante los últimos 20 años en la región de estudio se llevó a cabo mediante la temperatura efectiva (*TE*) siendo uno de los índices de confort más populares.

Entre los resultados más importantes del estudio se infiere un marcado crecimiento de la isla de calor por la expansión urbana, la temperatura en la estación Centro muestra un aumento de entre 1 a 1.7 °C en comparación con las estaciones Miravalle, Águilas y Atemajac respectivamente. La temperatura efectiva calculada posiciona a la Zona Conurbada en un rango de cálido ligero con un promedio de 24.5°C de *TE* para el quinquenio 2014 – 2018.

IX.2 Área de estudio

La región de estudio, el área metropolitana de Guadalajara que enmarca 6 municipios Guadalajara, Tlaquepaque, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos, Tonalá y Zapopan (Fig. IX-1) se ubica al centro del Estado de Jalisco, en la región centro-occidente del país. Sus coordenadas extremas corresponden a latitud norte 20°46'00'', latitud sur 20°32'08'', longitud oriental 103°12'30'' y longitud occidental 103°29'00'' aproximadamente, con una altitud promedio de 1,540 metros sobre nivel del mar.

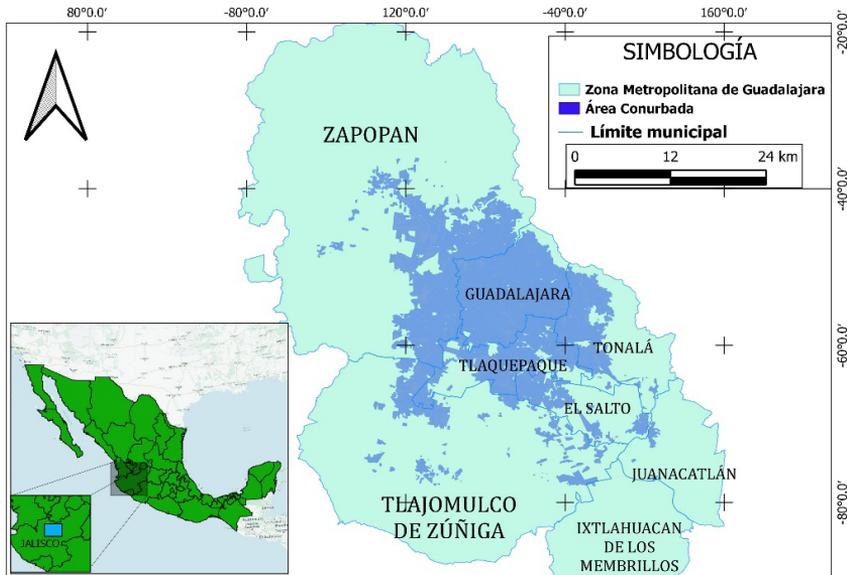


Figura IX-1. Delimitación de la Área Metropolitana y Zona Conurbada de Guadalajara, Jalisco, México. Fuente: Elaboración propia.

La región se caracteriza con un clima templado mesotermal de tipo C de acuerdo a la clasificación de Köppen y cuenta con dos temporadas: seca (noviembre-abril) y húmeda (mayo-octubre) con precipitación total promedio anual de aproximadamente 900 mm. De acuerdo a las estadísticas del último periodo climático representativo 1981-2010 el régimen de temperatura mínima es muy variable mostrando un promedio de 12,4 °C durante la temporada seca y de 16,7 °C durante la temporada húmeda mientras la temperatura máxima registró un promedio de 26,6 °C y 28,2 °C, respectivamente.

El proceso de crecimiento y desarrollo urbano de Guadalajara queda de manifiesto, en los últimos años, en los grandes desarrollos habitacionales tanto horizontales como verticales cada vez más a la periferia de la gran urbe forzando la construcción de carreteras, el uso excesivo de recursos naturales y servicios eco-sistémicos. Este crecimiento intensifica el desequilibrio climático y aumenta los riesgos ambientales para la sociedad mediante fenómenos meteorológicos severos tales como olas de calor, lluvias intensas, inundaciones y granizadas insólitas (Fig. IX-2).



Figura IX-2. Fenómenos meteorológicos severos observados en Jalisco: la nevada en 32 municipios del estado, 06/03/2016; incendio en el bosque “La Primavera”, abril 2017; lluvia torrencial que provocó la inundación de 1.5 m de profundidad en avenida Lázaro Cárdenas, 24/08/2018; la granizada con un espesor mayor a 1 m de altura, 30/06/2019.

IX.2 Materiales y métodos

Existen múltiples índices para evaluar el bioconfort humano (Binartia, et al., 2019). Aunque generalmente involucra varios agentes ambientales que actúan simultáneamente, incluida la calidad del aire y los factores térmicos, acústicos y de iluminación, este estudio se limitó al bienestar térmico mediante el índice de temperatura efectiva (TE), ya que juega un papel crucial en afectar la percepción del confort en ambientes exteriores, es capaz de medir la temperatura efectiva de la superficie del cuerpo humano o de la piel, sobre todo de que es efectivo y con validez universal por estar sustentados por la Primera Ley de la Termodinámica (Shoosh-tarian, 2019).

La temperatura efectiva se define como la temperatura del termómetro seco que para una humedad del 50% haría sudar a una persona con la misma intensidad que en las condiciones ambientales dadas (González, *Et al.* 1986). Es uno de los índices de mayor aceptación, ya que fue adoptado en su origen por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción y Ventilación (ASHVE o ASHRAE, en las siglas en inglés). En base a Méndez (2004) que afirma que en zonas tropicales la TE ha sido uno de los índices más utilizados, se ha elegido el índice de temperatura efectiva de Missetard (1937) el cual se valora mediante la siguiente ecuación:

$$TE = T - 0.4[1 - 0.01 * HR(T - 10)]$$

Aquí:

T es la temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$),

HR es la humedad relativa (%).

Para analizar la dinámica de la isla del calor urbano y evaluar la temperatura efectiva se utilizó la base de datos de temperatura y de humedad relativa registradas en las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Ambiental, SEMADET, comprendida para el período 1999 – 2018. Las series de tiempo contienen datos horarios, los cuales han sido depurados de modo que no existan registros sospechosos por mal funcionamiento de los equipos o poco consistentes, creando una base de datos para su posterior análisis y estimación del índice TE . También se realizó el procedimiento de control de calidad incluyendo la persistencia de datos (75% o más de datos observados al día, mes y año).

A continuación, en el cuadro IX.1 se muestra la ubicación de las estaciones en el territorio de la zona conurbada de Guadalajara (ZCG), mientras los cuadros IX.2 y IX.3 se muestra el comportamiento de temperaturas medias anuales y humedad relativa promedios anuales respectivamente, a partir de los cuales se calcularon valores de temperatura efectiva.

Cuadro IX.1. Ubicación de las estaciones del SIMAJ en la zona conurbana de Guadalajara, Jalisco.

Estación	CLAVE	MUNICIPIO	LATITUD (°N)	LONGITUD (°W)	ALTITUD (MSNM)
Atemajac	S1 (ATM)	Zapopan	20,719	-103,355	1593
Oblatos	S2 (OBL)	Guadalajara	20,700	-103,246	1608
Loma Dorada	S3 (LDO)	Tonalá	20,629	-103,264	1645
Tlaquepaque	S4 (TLA)	Tlaquepaque	20,641	-103,313	1622
Miravalle	S5 (MIR)	Guadalajara	20,614	-103,343	1622
Las Águilas	S6 (AGU)	Zapopan	20,631	-103,417	1633
Vallarta	S7 (VAL)	Zapopan	20,680	-103,398	1640
Centro	S8 (CEN)	Guadalajara	20,674	-103,333	1582

Fuente de consulta: <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/calidad-del-aire>

Cuadro IX.2. Temperaturas medias anuales en las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Ambiental (RAMA) de la zona conurbada de Guadalajara (ZCG).

Año/ Est	Temperaturas medias anuales, °C							
	AGU	ATM	CEN	LDO	MIR	OBL	TLA	VAL
1999	20.1	20	21.3	20.6	21	20.5	21.6	19.9
2000	22.2	20.6	21.9	21.2	21.1	20.7	21.8	21.3
2001	21.6	20.5	19.1	19.2	21	21.1	21.5	20.9
2002	20.6	20.6	22	20.8	21.2	21.8	21.7	21
2003	20.6	20.8	23.7	20.9	21.1	SD	21.7	21.1
2004	20	20.1	22.8	20.2	21.6	SD	20.9	20.2
2005	20.5	21.5	24	20.8	22.3	SD	21.5	21.2
2006	20.2	20.7	22.4	20.4	21.1	SD	21.2	20.8
2007	19.6	22	21.4	20.7	21.5	20.2	21.3	20.5
2008	20.7	21	21.4	20.7	21.6	20.5	21.4	20.6
2009	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2010	19.7	14.6	20.7	20.6	21.2	SD	21.2	20.4
2011	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2012	21.3	21.3	SD	23.6	21.1	21.5	21.3	21.2
2013	21	21.2	SD	22.4	21	21.1	21.6	21.4
2014	20.9	22.2	SD	20	21.9	21	22.2	21.8
2015	20.9	21.6	20.3	21.1	22.7	22.4	22.3	22.7
2016	20.9	22.1	SD	21.3	22.8	23	21.9	22.7
2017	22.5	22.5	21.8	21.6	23.1	23.8	20.4	22.6
2018	22.7	23.3	SD	SD	SD	SD	SD	23.4

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del RAMA en: <https://sema-det.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/calidad-del-aire>. Nota: SD – Sin Datos.

Cuadro IX.3. Humedades relativas medias anuales en las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Ambiental (RAMA) de la zona conurbada de Guadalajara (ZCG).

Año / Est	Humedades relativas medias anuales, %							
	AGU	ATM	CEN	LDO	MIR	OBL	TLA	VAL
1999	51.3	55.7	49.9	54.8	54.4	53.9	51.6	52.2
2000	49.3	57.8	52.5	59.6	56.7	55.5	54.8	53.4
2001	51.6	59.7	54.2	61.5	59.3	56.5	56.9	55.7
2002	56.2	63.1	55.4	64.5	62.3	57.9	60.3	58.7
2003	53.3	60.8	48.7	62.1	53.8	SD	57.5	56.1
2004	58.3	64.0	51.5	67.3	52.9	SD	58.8	59.5
2005	50.9	53.6	47.1	47.0	52.6	27.1	54.3	48.7
2006	58.1	65.3	54.6	53.6	62.9	58.4	60.7	59.2
2007	55.7	60.3	53.9	58.1	61.5	57.4	58.5	61.6
2008	55.6	56.4	55.5	54.4	61.7	58.7	59.7	60.6
2009	38.1	46.9	39.1	SD	46.8	42.0	45.3	42.6
2010	54.1	63.1	51.8	7.9	61.7	54.5	5.0	32.3
2011	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2012	51.6	51.0	50.6	50.6	51.8	52.4	47.6	51.4
2013	53.5	51.6	50.3	51.9	53.3	47.3	50.0	53.1
2014	54.4	SD	54.7	SD	53.5	SD	51.2	53.8
2015	57.1	55.3	59.7	58.4	57.6	60.1	53.7	55.9
2016	51.1	47.8	53.1	51.5	51.6	56.4	46.8	50.3
2017	48.5	SD	52.2	SD	53.1	58.1	47.6	48.7
2018	54.1	43.4	58.1	SD	38.7	SD	56.2	SD

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del RAMA en: <https://sema-det.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/calidad-del-aire>. Nota: SD – Sin Datos.

El proceso de depuración y control de calidad de los datos del RAMA permite observar una baja densidad de estos en años los 2009, 2011 y 2018. Las estaciones de Oblatos, Centro y Loma Dorada son los que presentan mayor porosidad en cantidad también irregularidad de los datos diarios, mensuales y anuales. Esta falta de datos podría sesgar de manera significativa los promedios del quinquenio correspondiente. Sin embargo, con la cantidad de datos aceptados se logra visualizar la tendencia hacia poco confort en las áreas densamente construidas.

IX.3 Resultados

Dinámica de la isla del calor en el área metropolitana de Guadalajara.

En el cuadro IX.4 se muestra el comportamiento de temperatura máxima y media promedias quinquenales. Su análisis con nivel de confianza de 90% permite visualizar un significativo incremento de temperaturas medias con un gradiente de 0.6 a 0.8 °C/10 años, mientras el incremento de las temperaturas máximas alcanza 1.7 - 2.2 °C/10. Es importante subrayar la menor densidad de datos en estaciones, Centro, Oblatos y Loma Dorada especialmente en los dos últimos períodos.

Examinando el compartimento espacial de la temperatura media, se ubica el epicentro de la isla del calor de la mancha urbana en el centro del área conurbana de Guadalajara (Fig. IX-3), por otro lado, el análisis espacial de la humedad relativa muestra un comportamiento inverso, el centro se nota cada vez más seco que las periferias (Fig. IX-4), ambos comportamientos similares a los encontrados en estudios de Davydova y Skiba (1999) y Parada Gallardo (2012).

Cuadro IX.4. Comportamiento de temperatura media y máxima promedias (°C) en las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Ambiental, SEMADET.

Estación	Temperatura media, °C				Temperatura máxima, °C			
	1999-2003	2004-2008	2009-2013	2014-2018	1999-2003	2004-2008	2009-2013	2014-2018
AGU	21.03	20.2	20.65	21.58	27.88	26.41	28.96	30.09
ATM	20.5	21.07	19.05	22.35	27.79	28.26	27.45	30.49
CEN	21.57	22.4	20.66	24.68	28.27	28.53	26.47	28.39
LDO	20.53	20.55	22.18	20.99	28.34	26.76	30.76	29.7
MIR	21.09	21.63	21.09	22.63	28.95	27.65	29.03	31.47
OBL	21.02	20.34	21.3	22.53	27.79	26.17	30.29	31.63
TLA	21.66	21.25	21.33	20.89	30.01	28.74	30.77	30.62
VAL	20.85	20.67	21.01	22.63	27.97	27.26	26.96	32.29

Fuente: Estimaciones y diseño propios en base a los datos del RAMA en: <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/calidad-del-aire>

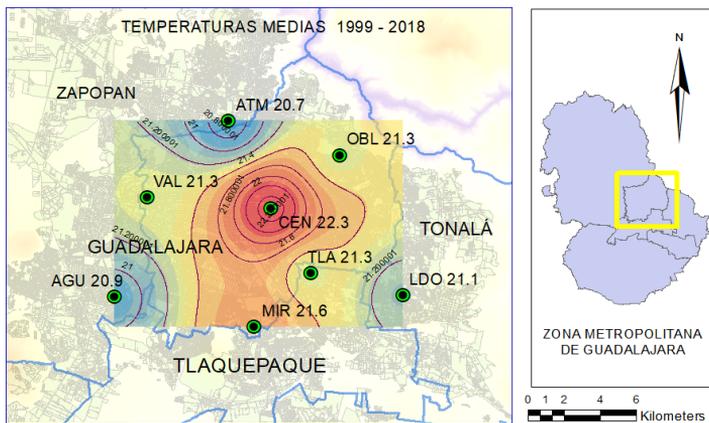


Figura IX-3. Distribución espacial de la temperatura media en la Zona Conurbada de Guadalajara, 1999 – 2018. Fuente: Elaboración propia.

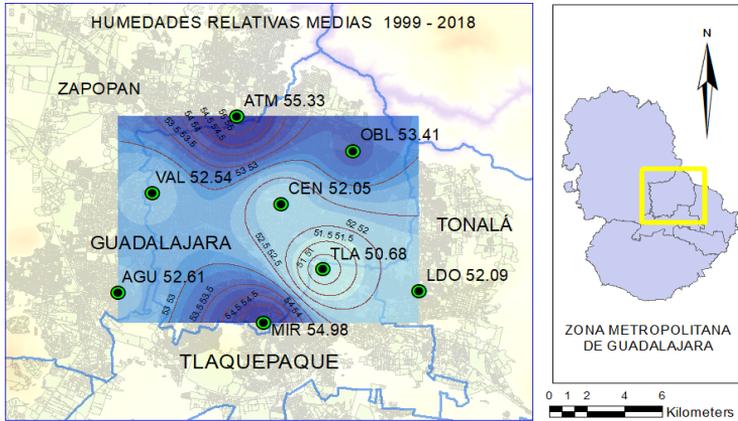


Figura IX-4. Distribución espacial de la humedad relativa media anual en la Zona Conurbada de Guadalajara, 1999 – 2018. Fuente: Elaboración propia.

Valoración del bioclima mediante el índice de temperatura efectiva.

Observando el comportamiento de la temperatura media para el área metropolitana de Guadalajara, se visualiza su tendencia a crecer con un gradiente de 0.7 °C/10 años, mientras la humedad relativa decrece con un gradiente de aproximadamente 5 %/10 años marcando la modificación del clima local hacia más seco y más caluroso (cuadro IX.5 y figura IX-5).

Cuadro IX.5. Oscilación de temperatura media y humedad relativa (°C/5 años) en las estaciones de la RAMA, Guadalajara, Jalisco: 1999-2018.

Período	T, °C	HR, %
1999-2003	21.0	56.14
2004-2008	21.1	56.37
2009-2013	20.9	46.64
2014-2018	22.3	52.66

Fuente de consulta: Estimaciones y diseño propios en base a los datos del RAMA en <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/calidad-del-aire>

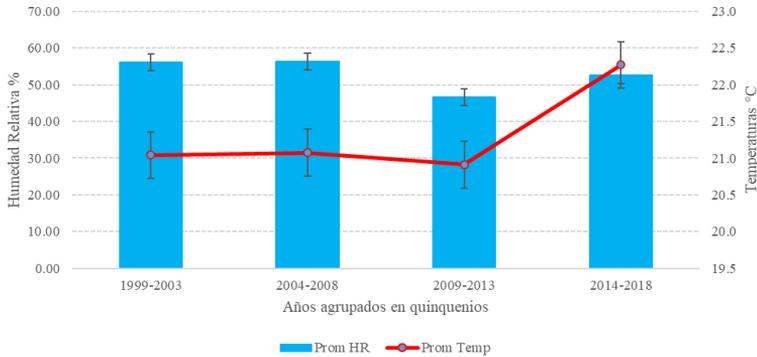


Figura IX-5. Tendencias de la humedad relativa y temperaturas promedio para los cuatro quinquenios. Fuente: Estimaciones y diseño propios en base a los datos del RAMA en: <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/calidad-del-aire>

Según los datos de TE calculada para el periodo (Cuadro IX.6) y su análisis espacial (Figura IX-6) se observa que la parte central de la Zona Metropolitana de Guadalajara es donde se acentúan las condiciones de desconfort principalmente en los meses más calurosos que van desde mayo hasta agosto. En base a la escala de sensaciones térmicas de López y Márquez (Cuadro IX.7) esta área se puede catalogar como fresco durante los meses de diciembre y enero, cálido ligero para los meses de febrero y marzo. A pesar de que las estaciones Atemajac y Águilas muestran condiciones más confortables comparados con el Centro se pueden catalogar dentro del rango de cálido ligero con un promedio de 22.7 y 22.8 TE respectivamente.

Cuadro IX.6. Comportamiento de las Temperaturas Efectivas en las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Ambiental, SEMADET.

AÑOS	Temperaturas Efectivas (TE)							
	AGU	ATM	CEN	LDO	MIR	OBL	TLA	VAL
1999-2003	22.94	22.60	23.59	22.68	23.23	23.09	23.88	22.85
2004-2008	22.08	23.32	24.60	22.51	23.94	22.02	23.48	22.74
2009-2013	22.36	20.57	22.31	23.57	23.05	23.11	22.61	22.58
2014-2018	23.64	24.36	27.55	23.01	24.80	25.05	22.72	24.87

Fuente de consulta: Estimaciones y diseño propios en base a los datos del RAMA en <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/calidad-del-aire>

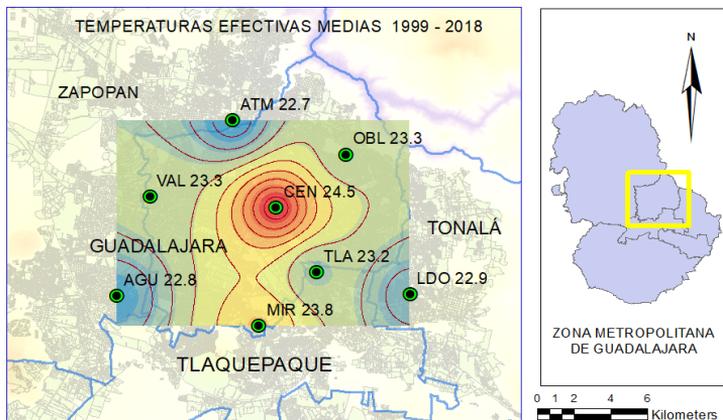


Figura IX-6. Distribución espacial de la Temperatura Efectiva calculada para la Zona Conurbada de Guadalajara, 1999 – 2018. Fuente: Elaboración propia.

La temperatura media anual para el periodo analizado es de 21.3°C similar a lo encontrado por López y Márquez (2018) la “Temperatura media anual para la AMG es de 21.1°C y los límites para el rango de confort de 19.7 a 22.9°C , siendo de 3.2°C el rango de oscilación calculado para las siete sensaciones térmicas”.

Estas pequeñas variaciones en temperatura y humedad relativa traen consigo grandes riesgos a la salud de los habitantes vulnerables (Navarro, et al., 2019.) lo cual exacerba enfermedades cardiovasculares y pulmonares e inclusive puede llevar a la muerte (Parada, 2012; Estrella, 2017; Gaxiola, et al., 2013).

Cuadro IX.7. Escalas de TE estandarizadas a la escala de ASHRAE.

Sensación térmica	Intervalos de TE ($^{\circ}\text{C}$)	
Muy caluroso	>29.3	
Caluroso	26.1	29.3
Cálido ligero	22.9	26.1
Confortable	19.7	22.9
Fresco ligero	16.5	19.7
Fresco	13.3	16.5
Frío	<13.3	

Fuente: Diseño y datos en base a López y Márquez, (2018).

IX.4 Reflexiones finales

De acuerdo al análisis de la base de datos histórico de la Red Automatizada de Monitoreo Ambiental del SEMADET en el periodo 1999 – 2018 a pesar de la densidad de los datos se puede concluir que la isla de calor en la ZCG está siendo evidente, la temperatura media estimada es de 21.3° C y los meses más cálidos van desde abril hasta agosto donde las temperaturas máximas oscilan entre son entre 30 y 34 °C ubicándose principalmente en las zonas Industrial de Tlaquepaque y Centro de Guadalajara, así como en algunas colonias al oriente del municipio.

Según los resultados de las estimaciones con método de temperaturas efectivas (*TE*) se puede concluir que la ZMG está perdiendo sus condiciones de bioconfort de manera gradual dado, que **ésta temperatura alcanza los valores 23.1°C** o mayor a lo largo de primavera. Esta magnitud de *TE* se considera como cálido ligero, condición la cual los habitantes de la ZMG ya están notando. A pesar de muy altos valores de temperatura ambiental que se registra en el centro, oriente y sur de la ciudad las temperaturas efectivas están en rango normal a cálido ligero, a causa relativamente baja humedad relativa a lo largo del mismo período del año. Desafortunadamente la baja densidad de estaciones ambientales y un mal funcionamiento de algunas de éstas no permite visualizar el comportamiento de *TE* con mayor detalle, por lo que es importante verificar los niveles de bioconfort de la región aplicando otros indicadores, por ejemplo, la temperatura aparente.

IX.5 Referencias bibliográficas

- Ahmed A. Balogun, Ifeoluwa A. Balogun & Zachariah Debo Adeyewa (2010). Comparisons of urban and rural heat stress conditions in a hot-humid tropical city, *Global Health Action*, 3:1, 5614, DOI: 10.3402/gha.v3i0.5614.
- American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineers 1989. *Handbook Fundamentals*; Atlanta, GA, USA.
- Binartia, F., Koerniawana, D., Triyadia, S., Sesotya, S. and Matzarakisd, A. 2019. A review of outdoor thermal comfort indices and neutral ranges for hot-humid regions. *Urban Climate* 31 (2020) 100531. doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100531
- Córdova Sáez, K. (2011). Heat Island Impacts, and Urban Heat Islands in the Environment and Human Health. Comparative Seasonal Analysis: Caracas, October 2009, March 2010. *Terra*, XXVII(42), 95-122.

- Curiel A., Garibay M. y Ramos S. 2015. El clima cambiante. Conocimientos para la adaptación en Jalisco. Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas, CUCBA. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México. 11-15 pp.
- Curiel C. 2018. Indicadores de salud ambiental desde un entorno saludable para la prevención de muertes prematuras en el área metropolitana de Guadalajara. Tesis. Universidad de Guadalajara. Jal. México.
- Davydova Belitskaya, V., Skiba, Y. (1999). Climate of Guadalajara City (Mexico), Its Variation and Change within Latest 120 Years. *World Resource Review*, 11(2), pp 258-270.
- Davydova Belitskaya, V., Skiba, Y., Martínez Zatarain, A., Bulgakov, S. (1999). Modelación matemática de los niveles de contaminación en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México. Modelo numérico de transporte de contaminantes y su adjunto. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 17(2), 97-107.
- Davydova Belitskaya, V. y Alamilla Chan D. 2019. Variación de la temperatura relacionada con el intenso desarrollo de la Zona Conurbada de Guadalajara, México (1996-2018). *Revista Ecorfan*, 75-63pp. Disponible en: http://www.ecorfan.org/collections/Collection_Biotecnologia_y_Ciencias_Agricolas_TI/Collection_Biotecnolog%C3%ADa_y_Ciencias_Agr%C3%ADcolas_TI.pdf consultado el 26 de septiembre del 2020.
- Estrella. 2017. Correlación entre datos retrospectivos (2000 al 2014) de extremos de temperatura con enfermedades del sistema circulatorio. Tesis. Universidad de Guadalajara. Jal. Mex.
- ETESA. 2009. Empresa de Transformación Eléctrica. Índice de confort, Sensación térmica e Impacto de las Olas de Calor en las personas. Disponible en: http://www.hidromet.com.pa/sensacion_termica.php Consultado: 02 de octubre de 2019.
- Ferrelli, F., Luján Bustos, M., & Piccolo, M. C. (2016). La expansión urbana y sus impactos sobre el clima y la sociedad de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. *Estudios Geográficos*, LXXVII(281), 469-489. doi:10.3989/estgeogr.201615
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Gaxiola R. *Et al.* 2013. Incremento de la temperatura ambiental y su posible asociación al suicidio en Baja California Sur (BCS) 1985-2008. *Salud Mental*; 5:36-421-427. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S. México.
- González, E., *et al.* (1986): Proyecto clima y arquitectura. Méjico. Ed. Gili. 3 vols.
- IIEG. 2018. Guadalajara. Diagnóstico municipal. Instituto de Información Estadística y Geográfica. Disponible en <http://www.iieg.gob.mx>

- ISO 7243. 2017. Ergonomics of the Thermal Environment—Assessment of Heat Stress Using the WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) Index. Disponible en línea: <https://www.iso.org/standard/67188.html> (revisado el 29 de septiembre del 2020).
- IPCC. 2013. 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”. ISBN 978-92-9169-338-2. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- IPCC. 2018. Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. In press.
- Jáuregui, E. (1986). The Urban Climate of Mexico City. En T. Oke (Ed.), Proceedings WMO Technical Conference on Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas (págs. 63-86). Ginebra: WMO.
- Jauregui E., Godínez L. and Cruz F. (1992). Aspect of Heat – Island Development in Guadalajara, México. Atmospheric, Environmental. Vols 26B, 3, pp 391-396.
- Kleerekoper, L., Van Escha, M., & Baldiri Salcedo, T. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling*, 64, 30-38. doi:10.1016/j.resconrec.2011.06.004
- López A. y Márquez B. 2018. Caracterización del régimen bioclimático humano en el Área Metropolitana de Guadalajara, México. *Revista Geográfica* 159. Universidad de Guadalajara. Jalisco México.
- Martínez, J. y Fernández, A. (2004). Cambio climático: Una versión desde México. Instituto Nacional de Ecología. ISBN 968 817 704 0. México DF. Disponible en <http://www.ine.gob.mx>
- Méndez, I. 2004. Consideraciones bioclimáticas para el establecimiento de las tarifas eléctricas domésticas en los estados de Tabasco, Veracruz y Tamaulipas. Tesis de Maestría en Geografía, Facultades de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Mirzaei, M., Verrelst, J., Arbabi, M., Shaklabadi, Z., & Lotfizadeh, M. (2020). Urban Heat Island Monitoring and Impacts on Citizen’s General Health Status in Isfahan Metropolis: A Remote Sensing and Field Survey Approach. *Remote Sensing*, 12(8 (1350)), 1-17. doi:10.3390/rs12081350

- Missernard, A. 1937. *L'Homme et le climat*, Eyrolles, Paris.
- Moreno, M., y Serra, J. (2016). El estudio de la isla de calor urbana en el ámbito mediterráneo. Una revisión bibliográfica. *Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*. Universidad de Barcelona. España. XXI (1179), 742-98.
- Navarro, J., Robles, A., Díaz, R. and Vivonic, E. 2019. Heat risk mapping through spatial analysis of remotely-sensed data and socioeconomic vulnerability in Hermosillo, México. *Urban Climate*. 31 100576. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100576>
- Pacheco, S. y Petrus, J. (2013). *Vocabulario climático. Para comunicadores y divulgación general*. AEC-ACOMET. ISBN-10:84-695-9892-9 ISBN-13:978-84-695-9892-4. Disponible en http://www.acomet-web.com/vocabulario_climatico.pdf. Consultado el 30 de septiembre de 2019.
- Paliatsos, A. and Nastos, P. (1999) Relation between Air Pollution Episodes and Discomfort Index in the Greater. Athens Area, Greece. *Global Nest: The International Journal*, 1, 91-97.
- Parada, G. 2012. Variabilidad climática, Ozono, PM10, y mortalidad enfermedades isquémicas del corazón y neumonías y enfermedades isquémicas del corazón Zona Metropolitana de Guadalajara. 1996 al 2009. Tesis. U de G. Jal. Mex.
- Public Health England, 2016: Heatwave Mortality Monitoring Summer 2016. London, PHE. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/714933/PHE_heatwave_mortality_monitoring_report_2016.pdf.
- Ramírez, G. (2019). Área Metropolitana de Guadalajara. Gobierno del Estado de Jalisco. Jalisco, México. Disponible en <https://www.jalisco.gob.mx/es/jalisco/guadalajara>.
- Ramírez, H., Andrade, M., De la Torre, O., García, M., Meulenert, A., García, O., Alcalá, J. (2008). Evaluación de eventos climáticos extremos y su impacto en la salud en América Latina. ISBN: 978-970-27-1324-1. Universidad de Guadalajara, México: 180.
- Riojas, R. H., Schilmal, A., López, C. L., Finkelman, J. (2013). La salud ambiental en México: Situación actual y perspectivas a futuro. *Salud Pública de México*. 5 (6), pp. 638-649.
- SEMARNAP/SS/GEJ (1997). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales / Secretaría de Salud / Gobierno del Estado de Jalisco. Programa para el mejoramiento de la calidad del aire en la zona metropolitana de Guadalajara. 1997-2001. Págs. 240.

- Shooshtarian, S 2019. Theoretical dimension of outdoor thermal comfort research. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101495. RMIT University, Melbourne, Australia.
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., . . . Chen, H. (2010). The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *Int J Biometeorol*, 54, 75-84. doi:10.1007/s00484-009-0256-x
- Thom, E.C. (1959) The Discomfort Index. *Weatherwise*, 12, 57-60 <http://dx.doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
- Tomlinson, C. J., Chapman, L., Thornes, J. E., & Baker, C. J. (2011). Including the urban heat island in spatial heat health risk assessment strategies: a case study for Birmingham, UK. *International Journal of Health Geographics*, 10(42), 1-14. Obtenido de <https://ij-healthgeographics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-072X-10-42>
- Tornero, J., Pérez, A., Gómez, F. (2006). Ciudad y confort ambiental: Estado de la cuestión y aportaciones recientes. E.T.S. Arquitectura. Universidad de Valencia. Departamento de Geografía. Valencia. España. 80, 147 – 182.
- Ulloa, H., García, M., Pérez, A., Meulenert, A., Ávila D. 2011. Clima y radiación solar en las grandes ciudades: Zona Metropolitana de Guadalajara (estado de Jalisco, México). *Investigaciones Geográficas*, 56, p-p 165-175. Instituto Interuniversitario de Geografía. Universidad de Alicante. España.
- Wicki, A., Feigenwinter, C. y Parlow, E. 2018. Evaluación y modelado de la intensidad de las islas de calor urbano en Basilea, Suiza. Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Basilea, CH-4056 Basilea, Suiza. *Climate*, 6, 55; DOI: 10.3390/cli6030055
- WMO. 2015. Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development. WMO No. 1142. ISBN 978-92-63-11142-5. Geneva 2, Switzerland.
- WMO (2019). The Global Climate in 2015 – 2019. JN 191303. Geneva 2, Switzerland: pp. 24.

Normas y política de gestión climática en Jalisco

Arturo Figueroa Montaña
Valentina Davydova Belitskaya
Cecilia Garibay López

Resumen

Después de 30 años de escepticismo acerca de la naturaleza del cambio climático, hoy en día, existe un reconocimiento de que el cambio climático es el producto de la acción antropógena bajo una visión y gestión fallida sobre el uso de los recursos que el planeta nos brinda para nuestra subsistencia. Para salvaguardar el desarrollo en áreas afectadas por la variabilidad y el cambio climático es necesario gestionar los riesgos asociados a las amenazas climáticas. La identificación y reducción de estos riesgos puede ayudar a proteger a las personas, sus medios de vida y sus bienes. La gestión del riesgo climático se debe centrar en el desarrollo de sectores que, como la agricultura, los recursos hídricos, la seguridad alimentaria, la salud, el medio ambiente y los medios de subsistencia, son muy sensibles al cambio y a la variabilidad del clima. Así la gestión y la prevención de los riesgos climáticos implica no sólo el replanteamiento de los modelos de desarrollo, las políticas y los marcos institucionales tradicionales, sino también el fortalecimiento de las capacidades locales, nacionales y regionales para diseñar e implementar medidas de gestión de riesgos, mediante la coordinación de una amplia gama de actores, entre los que se encuentran gobierno, sector económico, organizaciones no gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y miembros de la comunidad científica.

X.1 Introducción

El cambio climático global es la mayor amenaza que enfrenta la vida tal y como hoy la conocemos debido a los impactos diversos que el aumento de la temperatura promedio global está generando sobre los componentes geoambientales, sociales, económicos, agroalimentarios, políticos y de salud en el planeta (UNFCCC, 2019)

Después de 30 años de escepticismo acerca de la naturaleza del cambio climático, hoy en día, existe un reconocimiento de que el cambio climático es el producto de la acción antropógena bajo una visión y gestión fallida sobre el uso de los recursos que el planeta nos brinda para nuestra subsistencia. Históricamente, los primeros avances sobre la gestión del cambio climático quedan plasmados en el convenio internacional del Protocolo de Kyoto cuya intención era limitar globalmente las emisiones de gases efecto invernadero (GEI). Así el 11 de diciembre de 1997, los países industrializados se comprometieron, en la ciudad de Kioto, a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. (SEMARNAT, 2016)

Los GEI son componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como de origen humano, que absorben y reemiten radiación infrarroja de regreso a la superficie terrestre cumpliendo así la función de mantener las condiciones climáticas que sustenten la vida en el planeta. Sin embargo, debido a la acumulación de estos gases y a su largo periodo de vida en la atmosfera es que contribuyen al efecto del calentamiento global en el planeta. Los GEI de mayor relevancia en el calentamiento global descritos en el Anexo A del protocolo de Kyoto se listan en el cuadro 1.

Cuadro X.1. Gases de Efecto Invernadero (GEI).

GEI	FUENTE
Bióxido de carbono (CO ₂)	Proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural, o sus derivados) en la producción de energía, en el funcionamiento de los procesos industriales, y en su uso en el sector transporte. También proviene de los procesos industriales (como la producción de cemento, cal, sosa, amoníaco, carburos de silicio o de calcio, acero, y aluminio), la deforestación que provoca la descomposición de la materia orgánica y de la quema de la biomasa vegetal
Metano (CH ₄)	Proviene de la agricultura (cultivo de arroz), el uso del gas natural (el metano es un componente del gas natural), la descomposición de los residuos en los rellenos sanitarios, y del hato ganadero.
Óxido nitroso (N ₂ O)	Se genera en la producción de ácido nítrico y ácido adípico, el uso de fertilizantes, en incineración de residuos, y en la quema de combustibles en el sector transporte.

Perfluorocarbonos (PFC's) Hidrofluorocarbonos (HFC's)	<p>El Perfluoroetano (PFC's) y los Hidrofluorocarbonos (HFC's) se generan en la producción de aluminio, espumas de poliuretano, ciertos solventes especializados de limpieza, aerosoles, y compuestos empleados en extintores.</p> <p>También pueden emitirse a la atmósfera por fugas o mal uso de los gases refrigerantes contenidos en refrigeradores, congeladores, equipos de aire acondicionado de casas, comercios y automóviles, y en equipos de refrigeración de empresas, transporte (tráileres con frigorífico), o de empresas productoras de hielo.</p>
Hexafluoruro de azufre (SF6)	<p>El hexafluoruro de azufre (SF6) se genera durante la producción de ciertos tipos de aluminio, en fundiciones de aluminio o magnesio, y puede emitirse a la atmósfera por fugas o accidentes con equipo eléctrico de alto voltaje que emplea al SF6 como aislante.</p>

Fuente: Elaboración propia con los datos del Anexo A del Protocolo de Kyoto.

Los gobiernos signatarios del protocolo pactaron reducir en al menos un 5% en promedio las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004 (SEMARNAT, 2016).

Los avances más significativos en materia de gestión del clima se inician a partir del año 2007, en que el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) publica el informe sobre Cambio Climático, como producto de las investigaciones concluyentes de por lo menos unos 2,500 científicos procedentes de 130 países que trabajaron durante seis años para precisar y contrastar la evolución de los datos del tercer informe de evaluación, presentados en 2001 (Houghton et al, 2001; Pachauri & Reisinger, 2007).

El IPCC está formado por un amplio grupo de expertos en materia de cambio climático de todo el mundo. Fue creado en el seno de la Organización de Naciones Unidas (ONU) por la Organización Mundial de Meteorólogos (OMM) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en 1988. Desde 1990 el IPCC ha elaborado informes que se han convertido en referentes, dada la elevada capacitación técnica y especializada de sus miembros, cientos de científicos y meteorólogos de reconocido prestigio de numerosos países, incluyendo México.

Los informes del IPCC parten de los más recientes avances de la ciencia climática publicados en las revistas especializadas a partir de los cuales

se centra el debate internacional sobre el cambio climático. Expertos en materia de cambio climático, refiere al informe 2007 del IPCC, como “la evaluación más completa y rigurosa que jamás ha sido hecha sobre el cambio climático”. (Bruynincky, 2018).

Desde el punto de vista científico, el informe fue dedicado a los fundamentos de la ciencia Física a partir de los cuales se establece que las actividades humanas son las principales responsables del calentamiento global registrado en los últimos 50 años.

La figura 1 evidencia que el calentamiento del sistema climático es inequívoco, como se observa en el incremento del promedio mundial de la temperatura de superficie (a) el promedio mundial del nivel del mar (b) y el deshielo generalizado de nieves y hielos del Hemisferio Norte (c) (Pachauri et al, 2007).

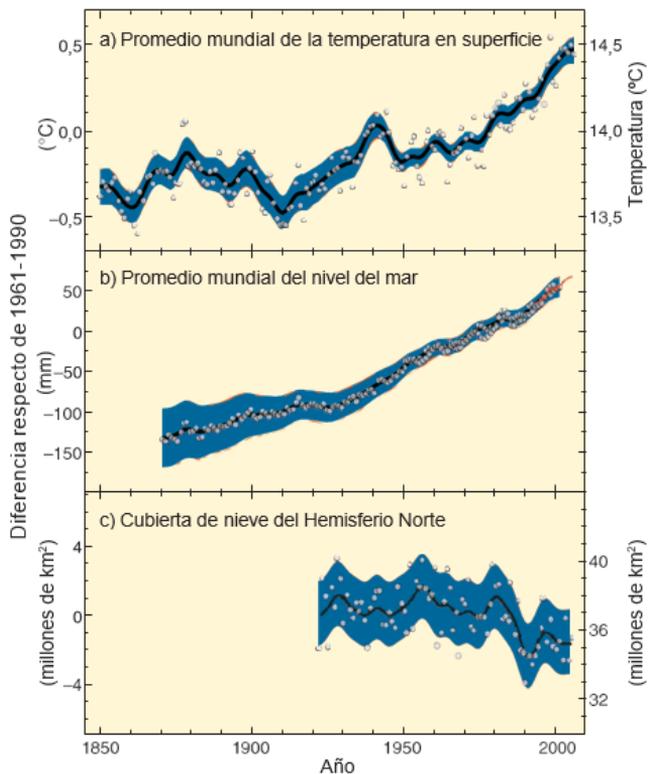


Figura X-1. Variación observada de: a) el promedio mundial de las temperaturas en superficie; b) el promedio mundial del nivel del mar; y c) la cubierta de nieve del Hemisferio Norte. Fuente: Pachauri et al, 2007.

Conclusiones de los científicos que han analizado este fenómeno, apuntan a climas y fenómenos climáticos cada vez más extremos e intensos. En general, los veranos serán más cálidos y los patrones de las lluvias se modificarán lo que dará lugar a una variación en la frecuencia de sequías e inundaciones. También se teme que las capas de hielo que actualmente permanecen en las partes más frías del planeta se vayan derretiendo lo que ocasionará un aumento en el nivel del mar y la posible inundación permanente de amplias zonas costeras. En particular los pronósticos a nivel mundial refieren que entre 1990 y 2100 la temperatura promedio del planeta aumentará entre 1.4 y 5.8 °C, además de pronósticos en el aumento el nivel del mar entre 9 y 88 cm. El cambio climático podría también afectar la productividad de los ecosistemas terrestres y marinos, con pérdida potencial de diversidad genética y de especies; podría acelerar la tasa de degradación de la Tierra, y aumentar los problemas relacionados con la cantidad y calidad del agua en muchas zonas geográficas. Todo lo anterior, afectará el clima de la Tierra al cambiar las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero, el balance radiativo de la atmósfera y el albedo de la superficie. (UNFCCC, 2020).

Las mismas proyecciones indican que el ciclo hidrológico se intensificaría dando lugar a precipitaciones frecuentes e intensas en algunas regiones, y prolongadas sequías en otras. Debido al incremento en la temperatura promedio global y por las concentraciones constantes de CO₂ en la atmósfera, se han proyectado cambios significantes en la estructura y función de los ecosistemas y en las interacciones ecológicas de las especies, con consecuencias predominantemente negativas para la biodiversidad y los bienes y servicios de los ecosistemas (agua, madera, alimento, belleza escénica, etc.) (Dryzek, et al., 2011).

Particularmente para México, los especialistas identifican al país especialmente vulnerable ante este fenómeno debido a sus características geográficas, condiciones socioeconómicas y su grado de susceptibilidad o incapacidad para enfrentar sus impactos.

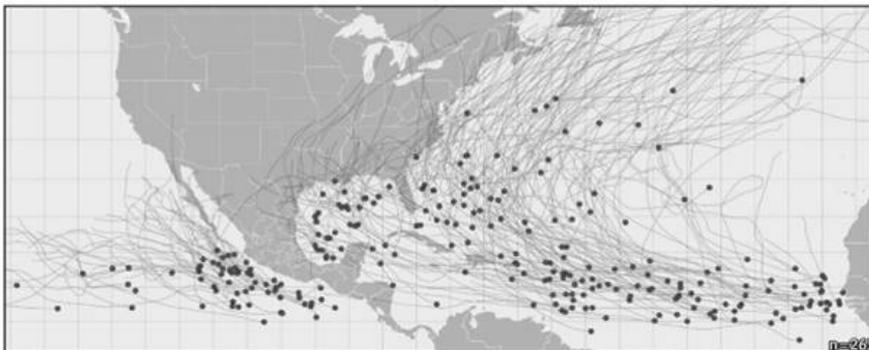


Figura X-2. Origen y trayectoria de ciclones tropicales durante los primeros 10 días de septiembre, 1851-2015. Fuente: Zepeda et al, 2018.

Entre las principales condiciones que hacen al país vulnerable a desastres naturales, se encuentran: En primer lugar, los eventos geológicos porque su territorio se ubica entre las fallas de la placa de Norte América y la placa de Cocos, lo que define ciertas zonas del país como regiones altamente sísmicas. En segundo lugar, porque el país está rodeado por los océanos Pacífico y Atlántico en el trópico de Cáncer y en las cuencas I y II definidas por el Comité de Huracanes RA IV de la Organización Meteorológica Mundial (Figura 2). En tercer lugar, porque asentamientos humanos importantes se ubican precisamente en zonas geográficas donde hay actividad sísmica o donde pueden impactar huracanes. En el cuadro 2 se resumen algunos de los efectos de mayor relevancia que confirman la vulnerabilidad del país.

Cuadro X.2. Recuento de la ocurrencia de desastres naturales relacionados al cambio climático durante el periodo 1900-2017.

Tipo de desastre	Subtipo de desastre	Número de desastres ocurrido en el periodo	Total de muertos	Total de afectados	Daño total (USD)
Tormenta	Ciclón tropical	92	5100	8040775	31,144,510.00
Inundación	Inundación fluvial	28	478	3358696	3,159,000.00
Inundación	-	20	2680	373545	336,400.00
Inundación	Inundación repentina	15	254	405227	25,000.00

Temperatura extrema	Ola de frío	14	718	136000	582,600.00
Deslizamiento de tierra	Deslizamiento de tierra	12	332	320	0
Sequía	Sequía	7	0	2565000	1,610,000.00
Tormenta	-	6	229	310800	250,000.00
Tormenta	Tormenta convectiva	5	175	261591	4,500.00
Inundación	Inundación costera	4	912	746060	1,054,000.00
Temperatura extrema	Ola de calor	3	470	0	0
Incendio	Incendio forestal	3	50	0	91,200.00
Incendio	Incendio de tierra (pasto, arbustos y pastura)	2	60	0	0
Total		211	11458	16198014	38,257,210.00

Fuente: Modificado de Zepeda et al, 2018.

Debido a que hoy en día es ampliamente reconocido que el cambio climático es producto de la actividad humana por el uso no racional y sustentable de los recursos es que es necesario implementar acciones de gestión enfocadas a la mitigación y/o adaptación de los efectos del cambio climático. Para salvaguardar el desarrollo en áreas afectadas por la variabilidad y el cambio climático es necesario gestionar los riesgos asociados a las amenazas climáticas. La gestión de los riesgos asociados al clima constituye, por lo tanto, un factor clave para el desarrollo. La identificación y reducción de estos riesgos puede ayudar a proteger a las personas, sus medios de vida y sus bienes, sobre todo porque las hipótesis relativas a la frecuencia y gravedad de las amenazas climáticas derivadas de la experiencia histórica dejen de ser una base fiable para la evaluación de riesgos a corto plazo. (Fernández, et al., 2020)

Si bien es cierto que la conciencia acerca de los riesgos climáticos ha aumentado notablemente, todavía a menudo las instituciones naciona-

les no están lo suficientemente preparadas para responder y prevenir los riesgos asociados a las nuevas y múltiples amenazas que afectan a distintos sectores. Esto se suma a una falta de claridad sobre mandatos y distribución del trabajo entre los distintos organismos y departamentos que se reparten las responsabilidades de la gestión de los riesgos de desastre. La gestión del riesgo climático se debe centrar en el desarrollo de sectores que, como la agricultura, los recursos hídricos, la seguridad alimentaria, la salud, el medio ambiente y los medios de subsistencia, son muy sensibles al cambio y a la variabilidad del clima. Así la gestión y la prevención de los riesgos climáticos implica no sólo el replanteamiento de los modelos de desarrollo, las políticas y los marcos institucionales tradicionales, sino también el fortalecimiento de las capacidades locales, nacionales y regionales para diseñar e implementar medidas de gestión de riesgos, mediante la coordinación de una amplia gama de actores, entre los que se encuentran gobierno, sector económico, organizaciones no gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y miembros de la comunidad científica.

X.2 Política Nacional de Cambio Climático

México cuenta con el Sistema Nacional de Cambio Climático (SNCC) orientado a propiciar sinergias para enfrentar de manera conjunta la vulnerabilidad y los riesgos del país y establecer las acciones prioritarias de mitigación y adaptación al Cambio Climático (Fig. 3).

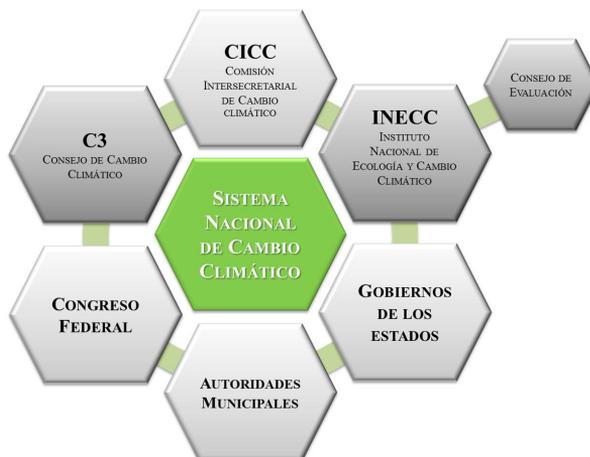


Figura X-3. Sistema nacional de cambio climático. Fuente: INECC, 2018.

Cada uno de los ejes integradores del SNCC cumple funciones específicas orientadas al cambio climático. Entre estas se destacan mecanismos permanentes de: coordinación de acciones (CICC); consulta, asesoría y recomendación de estudios para frenar los efectos adversos (C3); coordinación y realización de estudios y proyectos de investigación científica y tecnológica con instituciones académicas nacionales o extranjeras, así como la evaluación de la Política Nacional en su conjunto (INECC); promover leyes o modificaciones de ley que favorezcan la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, e impulsar estrategias de mitigación y adaptación (Congreso Federal); formular, conducir y evaluar políticas y acciones de mitigación y adaptación orientadas a la preservación, restauración, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, los recursos hídricos, infraestructura, transporte eficiente y sustentable (Gobiernos Estatales y Municipales) (INECC, 2018)

El punto de partida del SNCC es la Ley General de Cambio Climático (LGCC) publicada en Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012, con la última reforma publicada en DOF 13-07-2018. Dicho instrumento determina de manera clara el alcance y contenido de la política nacional de cambio climático, las obligaciones de las autoridades del Estado y las facultades de los tres órdenes de gobierno, además establece los mecanismos institucionales necesarios para enfrentar este reto. (COFEPRIS, 2017).

Conforme a LGCC, la federación es la encargada de formular y conducir la política nacional de cambio climático de acuerdo con principios claramente definidos, entre los que destaca de manera relevante la corresponsabilidad social. Los objetivos y principios rectores de la LGCC se enlistan en el cuadro 3. (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2018)

Cuadro 3. Objetivos de la LGCC y principios rectores que sustentan la Política Nacional de Cambio Climático.

OBJETIVOS	PRINCIPIOS RECTORES
<p>-Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero;</p> <p>-Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógena peligrosas en el sistema climático considerando, en su caso, lo previsto por el artículo 2o de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma</p> <p>-Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático;</p> <p>-Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno;</p> <p>-Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático;</p> <p>-Establecer las bases para la concertación con la sociedad.</p> <p>-Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable, de bajas emisiones de carbono y resiliente a los fenómenos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático</p> <p>-Establecer las bases para que México contribuya al cumplimiento del Acuerdo de París, que tiene entre sus objetivos mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 °C, con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir con los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C, con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.</p>	<p>-Sustentabilidad en el aprovechamiento o uso de los ecosistemas y recursos naturales.</p> <p>-Corresponsabilidad entre el estado y la sociedad.</p> <p>-Precaución ante la incertidumbre.</p> <p>-Prevención de los daños al medio ambiente y preservación del equilibrio ecológico.</p> <p>-Adopción de patrones de producción y consumo sustentables.</p> <p>-Integralidad y transversalidad al adoptar un enfoque de coordinación y cooperación entre los órdenes de gobierno, así como con los sectores social, público y privado.</p> <p>-Participación ciudadana efectiva.</p> <p>-Responsabilidad ambiental.</p> <p>-Transparencia, acceso a la información y justicia.</p> <p>-Compromiso con la economía y el desarrollo económico sin vulnerar la competitividad frente a los mercados internacionales.</p>

Fuente: Elaboración propia

X.3 La gestión climática en Jalisco

Jalisco es un Estado altamente vulnerable a las consecuencias del cambio climático no solo por contar con una gran diversidad biológica y ser limítrofe con el Océano Pacífico, sino porque cuenta también con una actividad importante agrícola e industrial. En 2015, por ejemplo, el huracán Patricia, uno de los más poderosos en la historia, pasó por las costas de Jalisco con vientos de 270 Km/h, llevando a miles de pobladores a buscar refugio y a pérdidas cuantiosas en biodiversidad, infraestructura y servicios, particularmente las de comunicaciones. (SEMADET, 2018)

Reconociendo la alta vulnerabilidad del estado a eventos de tipo climático, es que se han implementado acciones específicamente dirigidas a contrarrestar los efectos del cambio climático bajo ejes estratégicos de mitigación, adaptación y políticas transversales que incidan positivamente en la gestión del clima.

Entre estas acciones se destaca la Ley para la Acción ante el Cambio Climático del Estado de Jalisco (LACCEJ) publicada en 2015, donde se establece el mandato de elaborar un Programa Estatal para la Acción ante el Cambio Climático (PEACC), como el instrumento de planeación, rector y orientador de la política estatal en materia de cambio climático con alcances, proyecciones y previsiones en el mediano y largo plazos (Congreso del Estado de Jalisco, 2015)

Este Programa tiene como objetivos generales enfrentar los efectos adversos del cambio climático que en la actualidad están ocurriendo; prepararse para los impactos futuros; identificar los estudios necesarios para definir metas de mitigación, las necesidades del Estado para construir, así como fomentar capacidades de adaptación y mitigación, transitar hacia una economía sustentable, competitiva, así como de bajas emisiones de GEI y, finalmente, ser instrumento de salvaguarda tanto de la salud y seguridad de la población, el territorio, las actividades productivas y los ecosistemas.

El Programa está alineado a nivel nacional a la LGCC, la Estrategia Nacional y el Programa Especial, e internacionalmente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el Acuerdo de París y compromisos internacionalmente adquiridos por el Estado, induciendo a una alineación de política verticalmente alineada. Esta base le otorgó al PEACC cuatro elementos innovadores de carácter técnico que permiten no solo alinearse a los preceptos legales establecidos a nivel federal y estatal, sino capitalizar la experiencia del Estado en sus instrumentos de planeación.

Respecto a los elementos innovadores, el primero a resaltar es su carácter incondicional, lo que implica que el Estado se compromete a poner en marcha acciones de mitigación y adaptación con sus propios recursos presupuestarios. No obstante, de existir recursos adicionales disponibles, las metas del PEACC podrían aumentar su nivel de ambición. Un segundo elemento es la inclusión de un sistema de Medición, Reporte y Verificación (MRV) para acciones de mitigación y de Monitoreo y Evaluación para las de adaptación (ME) que permitirá a las distintas Secretarías responsables y partícipes seguir, evaluar y, mejorar el Programa. (SEMADET, 2018).

El tercer elemento es la participación corresponsable de la sociedad jalisciense, mediante las consultas públicas que establece el Artículo 60 de la LACCEJ, en el ejercicio de elaboración de este Programa que enriqueció no solo el contenido del documento sino el quehacer del gobierno. El cuarto elemento de gran relevancia fue la inclusión del enfoque o perspectiva de género como tema transversal al cambio climático, dadas las implicaciones diferenciadas en los efectos e impactos que éste ejerce sobre los diversos grupos de la sociedad.

Otro de los aspectos valiosos que suman a la gestión climática del estado, es la consolidación de alianzas estratégicas locales, nacionales e internacionales que buscan catalizar la implementación de proyectos con miras a reducir la emisión de compuestos GEI y, a su vez, brindar medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático. Algunos de los ejemplos de estas alianzas internacionales son con los gobiernos de Canadá y Estados Unidos; la Alianza Mexicana Alemana de Cambio Climático de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ); el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF); el Grupo de Trabajo Gobernadores para los Bosques y el Clima (GCF); el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y; a nivel local, Jalisco ha conformado ocho Juntas Intermunicipales de Medio Ambiente y un Instituto metropolitano (Flores G., 2018)

En 2015, Jalisco se adhirió al Acuerdo de Colaboración de la Coalición “Under2 MOU”, mediante el cual se busca limitar el calentamiento global a menos de 2.0°C en comparación con los niveles de 1990 y/o lograr una meta de emisiones anuales per cápita de menos de dos toneladas métricas para 2050. Además, los gobiernos firmantes se comprometen a reportar de manera periódica el progreso de los compromisos mencionados a través de mecanismos como el “Compact of States & Regions” y el “Compact of Mayors”. Otros de las iniciativas a las que Jalisco se suscribió en materia de adaptación fueron la Declaración de Lima 2014 sobre la Biodiversidad

y Cambio Climático, así como la iniciativa de “RegionsAdapt que facilita la vinculación de actores locales en el desarrollo de políticas de manejo de sustentable del territorio, a partir se están elaborando los indicadores de Biodiversidad y Cambio Climático en Áreas Naturales del Estado, con la ayuda de la cooperación alemana (GIZ) (SEMADET, 2018).

En 2016, Jalisco fue sede de la II Cumbre de Cambio Climático de las Américas, en donde se discutieron las estrategias y los compromisos de gobiernos subnacionales para mitigar la emisión de GEI, así como para aumentar la resiliencia ante el cambio climático. Además, se emitió la Declaración “Llamado a la Acción de Jalisco”, que funciona como instrumento rector de la política en materia de cambio climático y fue firmado por 18 gobiernos subnacionales. También en este año, y gracias a la participación del Estado en el Programa Estados Bajos en Carbono, una iniciativa lanzada por *Carbon Trust*, financiada por el Fondo de Prosperidad del Ministerio de Asuntos Exteriores del Reino Unido y con el apoyo de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y el *International Council for Local Environmental Initiatives* (ICLEI) se publicó el Plan de Gestión de Carbono (PGC). Con ello el estado asumió compromisos para reducir hasta en un 40% las emisiones GEI provenientes del consumo de energía eléctrica y combustibles fósiles en las dependencias del Estado para el año 2018 con respecto al año base de 2013. Así mismo, en el plano local en este mismo año se creó la Agencia de Energía (SE) con la participación de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología (SICyT), la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) y la Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO). El objetivo de dicho organismo es promover la seguridad, eficiencia y sustentabilidad energética del Estado de Jalisco, a través de la innovación tecnológica, la promoción económica y el aprovechamiento del potencial renovable, fomentando así la reducción en la emisión de GEI. (SEMADET, 2018)

En 2016, se puso en marcha la Estrategia Estatal para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación forestal (REDD) más la conservación, el manejo forestal sustentable y el aumento de las reservas forestales de carbono (REDD+). Esta Estrategia contiene lo relativo a salvaguardas sociales y ambientales; nivel de referencia estatal; medición, reporte y verificación (MRV); arreglos institucionales; arquitectura financiera y distribución de beneficios; y evaluación y seguimiento. Asimismo, Jalisco es parte de la Iniciativa de Reducción de Emisiones

(IRE) que consiste en una propuesta presentada por México ante el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF) como la iniciativa nacional para lograr la reducción en las emisiones del sector forestal, al tiempo que se pilotea el modelo de intervención y el esquema de pago por resultados para REDD+ (SEMADET, 2018).

En el plano local se conformaron las Juntas Intermunicipales, para coadyuvar con el Gobierno del Estado y los municipios a desarrollar sus Programas Municipales de Cambio Climático (PMCC) así como los Programas Regionales de Cambio Climático que incorporan aspectos de cuenca y paisaje, que serán el instrumento programático rector de la política municipal en materia de cambio climático (SEMADET, 2018).

Por sus características, la gestión climática demanda acciones integrales que enfrenten de manera global la amenaza del cambio climático, aunque es en el nivel local donde pueden alcanzarse los mayores logros.

Estructura del PEACC

Para el desarrollo del PEACC el punto de partida fue el inventario de GEI realizado en 2012 y su reciente actualización llevada a cabo en 2019, en el que se encontró de manera general un incremento de las emisiones GEI de hasta 1.3 veces mayor con respecto al año base. En concordancia con los lineamientos del IPCC los inventarios GEI se deben enfocar en evaluar las emisiones de los sectores: Energía, Industria, Residuos, AFOLU (Agricultura, Ganadería, Forestal y Usos del suelo). De estos sectores, en Jalisco los que más contribuyen a las emisiones GEI son en primer lugar el sector energía con un 60%. En este sector es importante destacar los más de 3 millones de vehículos particulares registrados en relación a los 8 millones de habitantes en el Estado. En segundo lugar, el AFOLU genera un emite un 19% de GEI (SEMADET, 2020). Finalmente, la disposición final de residuos genera el 14%. (Figura X.4)

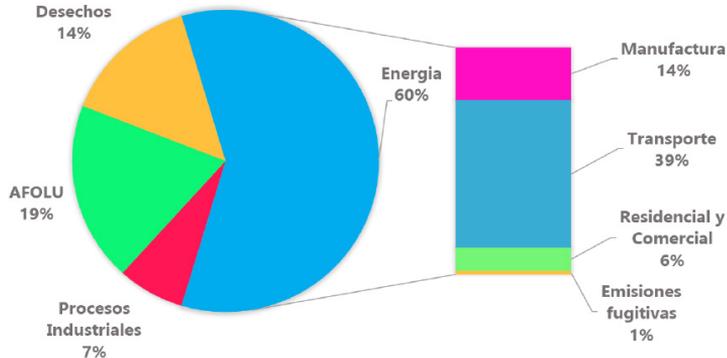


Figura X-4. Contribución por categoría al Inventario Estatal de GEI de Jalisco. Fuente: Centro Mario Molina, 2019.

En base a lo anterior el PEACC se enfoca en estrategias de mitigación orientadas a las problemáticas arriba mencionadas, así como estrategias de adaptación a los efectos del cambio climático y finalmente la transversalidad mediante la creación y/o ejecución de programas encaminados a la disminución de GEI y la sustentabilidad.

Mitigación

La mitigación es uno de los enfoques de atención del cambio climático, y consiste en reducir las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero (CyGEI) y aumentar las absorciones y el almacenamiento de carbono en sumideros. Involucra, por lo tanto, acciones que se desarrollan transversalmente en sectores tan diversos como residuos, transporte, producción y consumo de energía, emisiones industriales y, de forma muy relevante, actividades agropecuarias, uso y cambio de uso del suelo, entre otras. Así, la mitigación de emisiones permite evitar un aumento en la concentración de CyGEI en la atmósfera, y esto a su vez, reduce el ritmo del incremento de la temperatura global, regional y local (SEMADET, 2018).

Cuadro X.4. Acciones de Mitigación por sector (Modificado de SEMADET, 2018)

Sector	Medida
ENERGÍA	<ul style="list-style-type: none"> -Cogeneración de energía eléctrica a partir de biogás en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: El Ahogado y Agua Prieta. -Implementación e innovación tecnológica para la disminución en el consumo energético. -Instalación de infraestructura para generación de energía mediante fuentes renovables. -En edificios administrativos: Implementación de programas de eficiencia energética, energía renovable. -Crear infraestructura para la movilidad no motorizada, a partir del trazo en desuso del ferrocarril. -Crear un sistema de transporte semi-automatizado para préstamo de bicicletas en las regiones Valle, Ciénega y Sur. -Instalación de corredores metropolitanos. -Diseñar e Implementar estrategias que desincentiven el uso del auto particular como único medio de traslado escolar. -Cambio de vehículos del gobierno mayores a 10 años por vehículos más recientes con tecnología más avanzada como vehículos eléctricos. -Fomentar la construcción de estaciones de abastecimiento energético en el Estado. -Creación de nuevos puntos y rutas viales para la bicicleta pública.
INDUSTRIA	<ul style="list-style-type: none"> -Provisión de hornos eficientes a ladrilleras artesanales para el proceso de horneado, disminuyendo así las emisiones asociadas al mismo.
AFOLU	<ul style="list-style-type: none"> -Reforestación del área de amortiguamiento de los sitios Arqueológicos a cargo de la Secretaría de Cultura.. Así como de los sendero de Vías Verdes. -Manejo de Áreas Naturales Protegidas de carácter Estatal, las coadministradas con la CONANP, Sitios Ramsar y Otras Modalidades de Conservación. -Proyectos de declaratorias de carácter estatal; Sierra El Cuale y Cinturón Verde del Lago de Chapala, Barrancas de los Ríos Santiago y Verde. -Reforestación en zonas forestales que hayan presentado pérdida o degradación forestal en Jalisco. -Aumento de la superficie con plantaciones forestales maderables en Jalisco. -Mantenimiento y conservación del parque aledaño a las instalaciones de la UEPC.

Adaptación

La adaptación es un proceso que hace referencia a los ajustes o cambios que experimentan los grupos sociales de mujeres y hombres o naturales frente a las nuevas condiciones que genera el cambio climático. El propósito final de los procesos de adaptación es el de disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia (capacidad de las comunidades de absorber una alteración sin perder su estructura básica o funcionamiento) de los sistemas humanos, productivos, infraestructura estratégica y servicios ecosistémicos.

La vulnerabilidad por su parte, es el nivel de susceptibilidad de los efectos adversos del cambio climático, que se encuentra en función de la exposición de un sistema o sector, su sensibilidad a ser afectado, y su capacidad de adaptación. La Figura 5, ilustra de manera clara la vulnerabilidad del estado a eventos adversos relacionados al clima como lo son las inundaciones y heladas, a partir del cual se deberán diseñar las estrategias de adaptación.

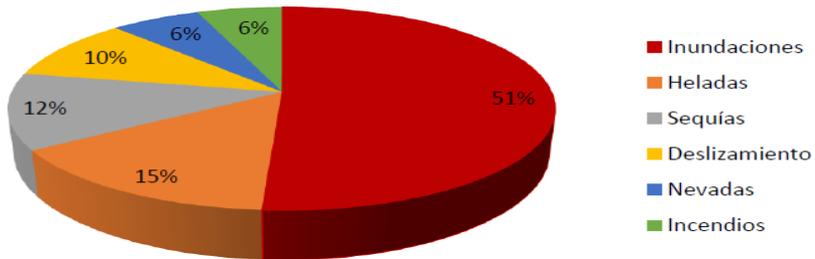


Figura X-5. Fenómenos de mayor presencia en el Estado desde 1970

Fuente: SEMADET, 2018.

Agenda transversal

El objetivo de la agenda transversal es plantear las soluciones de política pública para que el Estado de Jalisco esté en capacidad de enfrentar el cambio climático. Parte importante de ello requiere de un sólido andamiaje institucional, legal y técnico. Este conjunto de condiciones, contribuye al trabajo coordinado y eficiente de múltiples instituciones y actores, los

cuales forman parte de la política estatal en la materia. Además de los enfoques de adaptación y mitigación, el PEACC contempla una agenda transversal, cuyo objetivo es impulsar los marcos legales: leyes, reglamentos, normas, etcétera; institucionales: dependencias responsables coordinadas, entidades creadas para atender el tema del cambio climático.

X.4 Reflexión final

El Acuerdo de París representa un paso histórico en la lucha contra el cambio climático. Reconoce que se necesita una acción transformadora y urgente y crea un mandato sin precedentes e impulso para esto. La tarea global ahora es identificar y ejecutar acciones en el tremendo ritmo y escala necesarios para lograrlo, bajo la plena conciencia de que nuestro clima está cambiando.

Los estudios científicos demuestran que la temperatura media del planeta va en aumento y que los patrones de precipitación están cambiando. También evidencian que se están derritiendo los glaciares, los hielos árticos y la capa de hielo de Groenlandia. El Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático revela que el calentamiento registrado desde mediados del siglo XX se debe fundamentalmente al incremento de las concentraciones de GEI a consecuencia de las emisiones generadas por la actividad del ser humano.

El uso de combustibles fósiles y los cambios en los usos del suelo son los principales factores responsables de este incremento, por lo que tenemos que reducir las emisiones globales de GEI de forma sustancial si queremos evitar los efectos más negativos del cambio climático. También es evidente que hemos de adaptarnos a los cambios del clima. Aunque logremos reducir estas emisiones en gran medida, se estima que el clima va a sufrir cambios que se notarán en todo el mundo. Es previsible que las sequías y las inundaciones sean cada vez más frecuentes e intensas. El aumento de las temperaturas, los cambios en los niveles y pautas de precipitación o los episodios meteorológicos extremos afectan ya a nuestra salud, al medio ambiente natural y a la economía. Quizá no seamos conscientes de ello, pero el cambio climático nos afecta a todos: agricultores, pescadores, asmáticos, ancianos, niños, habitantes de las ciudades, esquiadores, bañistas, etc.

X.5 Referencias bibliográficas

- Bruyninckx H. (2018). Entender la complejidad del cambio climático. y actuar. European Environment Agency News Letter. Issue 3(17):1-7 pp
- Cámara de Diputados del H congreso de la Unión. (2018). Ley General de Cambio Climático. DOF, Julio 13, 2018.
- Centro Mario Molina. (2019). Actualización del inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Afecto Invernadero de Jalisco, 2017. SEMADET, Gobierno del Estado de Jalisco.
- COFEPRIS. (2017). Política Nacional de Cambio Climático: Marco regulatorio. Disponible en: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/politica-nacional-de-cambio-climatico-arco-regulatorio#:~:text=El%20Programa%20Especial%20de%20Cambio,adaptaci%C3%B3n%20y%20mitigaci%C3%B3n%20con%20un>. Consulta: Septiembre 3, 2020.
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (2017). Política Nacional de Cambio Climático. Disponible en [https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/politica-nacional-de-cambio-climatico-marco-regulatorio#:~:text=Cambio%20Clim%C3%A1tico%20\(SINACC\)-,M%C3%A9xico%20cuenta%20con%20el%20Sistema%20Nacional%20de%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20orientado,El%20Sistema%20est%C3%A1%20integrado%20por%3A&text=Consejo%20de%20Cambio%20Clim%C3%A1tico](https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/politica-nacional-de-cambio-climatico-marco-regulatorio#:~:text=Cambio%20Clim%C3%A1tico%20(SINACC)-,M%C3%A9xico%20cuenta%20con%20el%20Sistema%20Nacional%20de%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20orientado,El%20Sistema%20est%C3%A1%20integrado%20por%3A&text=Consejo%20de%20Cambio%20Clim%C3%A1tico). Consulta: Septiembre 9, 2020
- Congreso del Estado de Jalisco. (2015). Ley para la acción ante el cambio climático del Estado de Jalisco. H. Conhreso del Estado de Jalisco. Agosto 4 de 2015
- Dryzek J., Noprgaard R.B., Schlosberg D. (2011). The Oxford Handbook of Climate Change and Society. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=RsYr_iQUs6QC&oi=fnd&pg=PA161&dq=climate+change+action&ots=r6TJ27leoH&sig=BuAlCA_irjXELcdORUE1SGHF-C6w#v=onepage&q=climate%20change%20action&f=false. Septiembre 12, 2020.
- Fernández B.R., Santana E.M., Olvera V.M.E. (2020). México ante el cambio climático: Acción climática. INECC. Disponible en : www.gob.mx/inecc. Septiembre 13, 2020.
- Flores G. (2018). Las contribuciones de Jalisco ante el cambio climático. Disponible en: <https://semadet.jalisco.gob.mx/gobernanza-ambiental/cambio-climatico/las-contribuciones-de-jalisco-ante-el-cambio-climatico>. Septiembre 8, 2020.

- INNEC. (2018), Sistema Nacional de Cambio Climático. Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-cambio-climatico-sinacc>. Septiembre 14, 2020.
- Nakićenovič, N. y R. Swart (directores de la publicación): 2000: Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos.
- Pachauri R.K., y Reisinger, A. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. IPCC, Ginebra, Suiza.
- SEMADET. (2018). Programa Estatal para la Acción Ante el Cambio Climático del Estado de Jalisco. Gobierno del Estado de Jalisco. 136 pp.
- SEMADET. (2020). Acciones del Estado de Jalisco ante el Cambio Climático (video). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=lArC3mJ9Llg&feature=youtu.be>. Septiembre 18, 2020.
- Houghton J.T., Din Y., Griggs D.J., Noguer M., Van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnson C.A. (2001). *Climate change 2001: The Scientific Basis*. IPCC, Cambridge University Press. USA.
- SEMARNAT. (2016). Protocolo de Kioto sobre cambio climático. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/protocolo-de-kioto-sobre-cambio-climatico?idiom=es>. Septiembre 11, 2020.
- UNFCCC. (2020). United Nations Climate Change: Annual Report 2019. United Nations Climate Change, Germany.
- Zepeda R.G., Huerta P.A., Sánchez C.M.K, Sánchez R.M.C. (2018). *La vulnerabilidad de México ante el cambio climático: Una visión del Sistema Nacional de Protección Civil*. Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República. 164 pp.

Conclusiones y perspectivas

La vulnerabilidad puede definirse como el grado en el que un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos ante un fenómeno, incluidos la variabilidad y los extremos del clima y está en función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático, así como de su sensibilidad y capacidad de adaptación de sistemas afectados.

De acuerdo al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de México, la capacidad de adaptación ante el cambio climático se define como la habilidad de un sistema para ajustarse a dicho fenómeno, moderar daños posibles y aprovechar las oportunidades emergentes o enfrentarse a las consecuencias. Por lo tanto, la capacidad de adaptación es el mecanismo fundamental para reducir la vulnerabilidad.

La vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático tiene implicaciones no sólo por su definición, sino sobre todo por la dificultad de medirla social, económica y ecológicamente. Por lo anterior, cualquier esfuerzo para identificar, medir o estimar la vulnerabilidad es un paso indispensable para desarrollar acciones de adaptación.

Entre medidas forzosas para disminuir la vulnerabilidad subrayamos lo siguiente: contar con tecnología de alerta temprana; promover normas institucionales que fortalezcan el sistema fiscal para crear incentivos; apoyar a las académicas en una investigación continua de impactos ante el cambio climático, su mitigación y direcciones críticas en adaptación, y lograr la participación pública en la toma de decisiones.

El manejo de riesgos es un enfoque y una opción para incluir en las medidas de adaptación, y evitar medidas inciertas que pueden provocar males mayores, como una adaptación deficiente. Asimismo, es recomendable que las medidas para reducir la vulnerabilidad estén integradas a la planeación nacional, y se reflejen en proyectos y políticas, tales como el Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN).

Las proyecciones climáticas a medias del siglo XXI exigen una formulación de estrategias y políticas preventivas de adaptación para reducir la vulnerabilidad de regiones, sectores productivo e hídrico, áreas urbanas y ambientes naturales. Ésta adaptación sólo podrá realizarse a través de actores clave dentro de la comunidad, promoviendo un incremento en las capacidades para responder a los retos y amenazas asociados con el clima.

La adaptación es un proceso continuo que se visualiza en tres etapas: identificación de impactos, generación de capacidad, e implementación y apropiación de la adaptación. La evaluación y ajuste de las medidas forma parte del proceso cíclico, a través de esquemas de monitoreo de resultados de modelación o de indicadores físicos, biológicos y sociales.

El desarrollo de capacidades se manifiesta a través de instrumentos de política, instituciones, sociedad participativa y conocimiento local. La utilidad de cada proyecto de adaptación depende de que haya un usuario o beneficiario, es decir quien experimenta las consecuencias positivas o negativas del clima y de la medida. En todo proceso de adaptación, la participación activa y continua de los actores clave es fundamental.

Además de evaluar los impactos presentes y futuros del clima, es importante realizar un análisis consensuado con los actores locales, quienes deberán sancionar y estar de acuerdo, o bien ajustar el diagnóstico de la vulnerabilidad de los municipios o de localidades en donde se aplica el proyecto de adaptación. De esta manera se podrá evaluar conjuntamente con la sociedad si la medida propuesta es la más adecuada a las necesidades de cada sitio y resulta viable su aplicación, además de prever arreglos o acuerdos para su implementación.

Con ésta publicación se fomentan conocimientos para explorar la problemática ambiental y social ante los impactos climáticos, y cobrarán un significado en la medida que los estudiantes y académicos, la utilicen para continuar con el diagnóstico climático en función de la vulnerabilidad de los jaliscienses.

Sobre los autores



Alamilla Chan, Daniel

Es Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia egresado de la Universidad Autónoma de Chapingo. Actualmente es estudiante de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, en la Universidad de Guadalajara en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, CUCBA. Su tema de investigación se enfoca principalmente a problemas socioambientales relacionados con el cambio climático.



Bojórquez Martínez, Blanca Alicia

Profesor Docente Titular C del Departamento de Ciencias Ambientales, CUCBA quien radica en la Universidad de Guadalajara más de 35 años. Se formó con una especialidad en Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Colegio de Posgraduados, Campus Puebla, México. Recibió grado de Maestra en Ciencias en Desarrollo Rural de la Universidad Austral de Chile. Actualmente desarrolla sus actividades de investigación en Educación Ambiental para la Sustentabilidad, así como en docencia de asignaturas Sociología Rural y Sociedad y Naturaleza para biólogos e ingenieros agrónomos en formación. Entre los proyectos de investigación se destacan Revive Tú Entorno: Reforestación, tenencia responsable de mascotas, huertos familiares y escolares, reciclado de PET; Protección y Conservación de Tortugas Marinas Selva Negra, UDG; Proyecto zoonosanitario y de producción en el sur del estado; Proyecto de desarrollo sustentable en comunidades rurales e indígenas de Jalisco; Producción de hortalizas orgánicas bajo un sistema de ahorro de agua; Proyecto de educación ambiental para niños de sexto de primaria: Protectores del bosque; Producción agrícola con fines terapéuticos en el hospital psiquiátrico SALME. Subdirectora de la Revista Sembrando Conciencia, responsable de tres secciones (Estudiantes en acción, Pistas y rutas y Del campo a mi mesa). Beneficiaria con el reconocimiento Perfil PRODEP 2020. Miembro del Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas (IMACH). Miembro de la Asociación Etnobiológica Mexicana, A.C. (AEM) y de la Asociación Latinoamericana de Sociología Rural (ALASRU)



Davydova Belitskaya, Valentina

Profesora investigadora de tiempo completo titular C, adscrita al Departamento de Ciencias Ambientales. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Licenciada en Meteorología en el Instituto Hidrometeorológico de Leningrado, Rusia. Obtuvo el grado de Maestría en Ciencias de Ingeniería en el mismo Instituto. Además, realizó los estudios y obtuvo el grado de Maestra en Matemáticas Aplicadas en la Universidad de Guadalajara y Academia de Ciencias, Cuba. A partir de junio 2001 es Doctora en Ciencias (Física Atmosférica) en la Universidad Nacional Autónoma de México. Ha impartido múltiples cursos en el área de meteorología aplicada, climatología, matemáticas y físicas aplicadas, estadísticas en la Universidad de Guadalajara, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Politécnico Nacional a nivel de Licenciatura, Maestría y Doctorado. Directora del Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara 1992-2001. Ha sido profesora e instructora de múltiples cursos de licenciatura, posgrado y especialización en la Universidad de Guadalajara y en la Universidad Nacional Autónoma de México, en las áreas de Ecología, Física y Meteorología aplicada a contaminación atmosférica. Las áreas de su especialidad son climatología, cambio climático, contaminación atmosférica y transporte de contaminantes, actualmente desarrolla investigación aplicada en salud ambiental y clima. Se desempeñó como Gerente de Meteorología así como Gerente de Redes de Observación y Telemática de la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional, CONAGUA de 2003 al 2010. Profesor PRODEP por la SEP. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I en tres periodos. Cuenta con múltiples publicaciones en revistas indizadas y arbitradas, capítulos de libros, así como variadas presentaciones en los congresos y eventos nacionales e internacionales.



Figueroa Montaña, Arturo

Profesor investigador titular adscrito al Departamento de Física del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara. 1992 obtuvo el grado de Licenciado en Biología por la entonces Facultad de Ciencias de la Universidad de Guadalajara. En 1996 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Biología Ambiental

por la Universidad de Gales en el Reino Unido, como parte del Programa de Becas del Gobierno Británico. En 2005 obtuvo el Doctorado en Ciencias de la Tierra en el Departamento de Física de CUCEI, Universidad de Guadalajara cuyo proyecto de investigación se desarrolló bajo el tema “Comportamiento temporal y espacial de la contaminación del aire y variables meteorológicas en la ZMG”. Desde 2007 forma parte del cuerpo docente de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, que es un programa reconocido en el Padrón Nacional de Programas de Calidad del CONACYT. Dentro del programa ha dirigido y asesorado un total de 12 tesis de posgrado, así como algunas tesis de Licenciatura en Biología. Entre sus más recientes productos académicos destacan 4 capítulos de libro enfocados al diagnóstico de la calidad del aire en ambientes urbanos, así como algunos artículos científicos publicados en revistas tanto nacionales como internacionales en relación a la calidad del aire e impacto a la salud, además de la relación entre los tipos de situaciones sinópticas y la calidad del aire.



García Romero, Giovanni Emmanuel

Licenciado en Geografía y Maestro en ciencias en Biosistematía y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas por parte de la Universidad de Guadalajara. Inició su carrera profesional en el 2013 bajo la dirección de investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias participando en el proyecto del inventario estatal forestal y de suelos de la república mexicana para la Comisión Nacional Forestal realizando actividades de teledetección de imágenes de satélite Rapid Eye.

Continuó su trayectoria profesional en el INIFAP en el proyecto de “Cambio Climático y su impacto sobre el rendimiento, producción y viabilidad del cultivo del maíz en las áreas agrícolas de México” realizando actividades de campo, manejo de bases de datos, modelación de escenarios agroclimáticos y cartografía temática mediante los sistemas de información geográfica. A su vez ha participado en diversos estudios de respuesta de la producción agrícola bajo escenarios de cambio climático empleando modelos agroclimáticos y edafológicos mediante los sistemas de información geográfica (SIG). Las publicaciones de artículos científicos en las que ha colaborado son las siguientes: Impacto del cambio climático sobre la estación de crecimiento en el estado de Jalisco, México (2016). Efecto del cambio climático en la acumulación de horas frío en la región nogalera de Hermosillo, Sonora

(2016). Regionalización del cambio climático en México (2016). Sistema de información agroclimático para México- Centroamérica (SIAMEXCA). (2018) Ecogeography of teosinte (2018). High sowing densities in rained common beans in Mexican semi-arid highlands under future climate change (2020). Actualmente labora como coordinador técnico del departamento de Geomática en la dirección de medio ambiente del ayuntamiento de Guadalajara, realizando acciones de coordinación y supervisión, mantenimiento de bases de datos, cartografía temática y digital, así como la realización de análisis espaciales del municipio mediante los SIG para generar información que ayude a la toma de decisiones de la dirección.

Garibay López, Cecilia



Profesor docente adscrito al Departamento de Matemáticas del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara. En 1997 obtuvo el grado de Licenciada en Matemáticas en el Departamento del mismo nombre del CUCEI de la Universidad de Guadalajara. En 2005 obtuvo la Maestría en Dirección Estratégica de la Calidad en el Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara. Pertenece al Cuerpo Académico Consolidado de Estadística donde desarrolla la línea de investigación Control Estadístico de Procesos y Análisis y Diseño de Experimentos. Entre los productos académicos destacados se encuentran la evaluación de la calidad de los servicios bibliotecarios del CUCEI, así como la consolidación y puesta en marcha de la certificación ISO 9001-2000 de los servicios bibliotecarios. Siendo este el punto de partida para conformar el equipo para la certificación de los servicios bibliotecarios para toda la Red de Bibliotecas de la Universidad de Guadalajara. También destacan productos de investigación como artículos científicos y capítulos de libro aplicando algunas técnicas estadísticas para el análisis de datos de la calidad del aire en el Área Metropolitana de Guadalajara.



Gran Castro, Juan Alberto

Estudiante de doctorado en el Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), Unidad Occidente. Egresado de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, por la Universidad de Guadalajara. Sus temas de investigación se enfocan principalmente a problemas socioambientales relacionados con el cambio climático desde contextos urbanos.



Hernández Pérez, Gabriela

Licenciada en Administración de Empresas y Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, ambas por la Universidad de Guadalajara. Adscrita al Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas, del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. Las líneas de Investigación en las que ha trabajado en Salud Ambiental y Percepción de riesgo por contaminación del aire. Ha participado como Autora y Co-autora en capítulos de varias publicaciones. Forma parte del Comité Editorial de la Revista Sembrando Conciencia, del CUCBA. Colabora en proyectos de investigación en temas de percepción del riesgo y salud ambiental. En la docencia ha impartido las materias de Economía Ambiental y Planeación del Desarrollo. También participa en los Comités de Prácticas Profesionales y de Tutoría Académica, así como Sinodal y Directora de tesis. Ha participado en la coordinación de diversos eventos académicos y culturales.



Herrera Bojórquez, Daniel Armando

Pasante de Licenciatura de la carrera Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guadalajara (UDG). Realizó cursos de formación continua en “Ecology, economics and politics related to carbon & Sustainable forest management, Faculty of Forestry, University of British Columbia (UBC)” en 2017, y “Fundamentos de ecología del paisaje. Laboratorio Nacional de Identificación y Caracterización Vegetal (LANIVEG)”

de la Universidad Autónoma de Querétaro en 2016. Actualmente es Técnico Académico del Departamento de Producción Forestal, División de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Guadalajara. Colaborador del cuerpo académico CA 858 “Ecología y Manejo de Bosques Naturales y Artificiales”. Realizó práctica profesional en Inventarios forestales con fines de estimación de captura de carbono en la asociación Natural Pact de Costa Rica. Recibió beca para el curso de “Innovation & entrepreneurship” en 2015 y el “Programa de la asociación Global Ties US” con la Universidad de Guadalajara. Miembro del comité editorial, encargado de sección y autor en la revista de divulgación “Sembrando Con Ciencia”.

Martínez Abarca, Javier Omar



Técnico Laboratorista Clínico por la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial. Licenciado en Biología por la Universidad de Guadalajara (UDG), con especialidad en Gestión ambiental y calidad del aire. Es estudiante de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental, posgrado intercentros CUCBA-CUCS por la Universidad de Guadalajara. Ha impartido cursos de Ecología y Medio Ambiente, Química y Biología a nivel bachillerato. Trabajó como auxiliar de investigación en el Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas de la UDG con sede en CUCBA, donde también forma parte del Comité editorial de la revista de divulgación científica Sembrando Conciencia (ISSN 2448-5055). Es socio activo de Biólogos Colegiados de Jalisco A. C. donde tiene a su cargo la Coordinación de Gestión. Ha publicado diversos artículos sobre proyectos de análisis de calidad del aire en parques y la importancia de su estudio para las ciudades en revistas internacionales indexadas y arbitradas, así como diversos capítulos de libros con relación a las ciencias ambientales, trabajo comunitario y de campo.



Monroy Morales, Álvaro

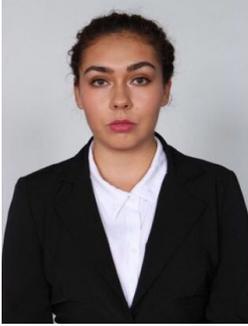
Se formó en 2018 como Ingeniero Ambientalista del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente Tlaquepaque, Jalisco, México. Terminó en 2012-2013 el Diplomado en negocios básicos I y II en MEGT Institute of Melbourne, Australia y en 2018 Diplomado

en construcción LEED en Revitaliza de la Ciudad de México, DF, México. Experiencia profesional: especialista de Monroy Parts en Guadalajara, Jalisco, México; Consultor ambiental para el Decreto de El Bajío (2019), Decreto del Estero “El Salado” (2019–2020), Programa de Ordenamiento Territorial (2019–2020) de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, Guadalajara, Jalisco, México. A partir de enero del 2020 es profesor de asignaturas “Hidrología y limnología” y “Sustentabilidad” del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, Tlaquepaque, Jalisco, México. Entre los proyectos de investigación realizados se destacan Análisis de incidencias de huracanes (2017), Evaluación de servicios ecosistémicos: Incendio de 2008 y Restauración del Bosque de La Primavera (2017), Variables ambientales del bosque La Primavera (2018) y colaboración en la investigación sobre caracterización de los acuíferos del Área Metropolitana de Guadalajara (2020).



Orozco Medina, Martha Georgina

Licenciada en Biología por la Universidad de Guadalajara, Maestra en Saneamiento Medio Ambiental por la Univ. Internacional Menéndez Pelayo y Doctora en Ciencias Biológicas en el área de Contaminación Ambiental por la Universidad de Valencia en Valencia España. Es Directora del Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas. Profesora Investigadora Titular en el Departamento de Ciencias Ambientales del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), de la Universidad de Guadalajara. Docente y Directora de tesis de Licenciatura y posgrado. Tiene distintos reconocimientos y distinciones como premio al Mérito profesional, premio a la mujer destacada y premio al Mérito Ecológico. Ha publicado libros, capítulos y artículos en revistas con arbitraje e indexadas, ha presentado ponencias en congresos nacionales e internacionales en contaminación, salud ambiental y ruido urbano. Dirige la revista de divulgación del CUCBA denominada “Sembrando Conciencia”. Tiene perfil PRO-DEP, por la SEP desde 1997 a la fecha. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores en 3 periodos. Ha participado en proyectos de investigación para la iniciativa privada y financiados por fondos federales y estatales.



Ortiz Monroy, Laura Patricia

Se formó como Ingeniera Ambiental del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), 2013- 2017. Desarrollo su experiencia profesional como consultora en la Secretaría de medio ambiente y desarrollo territorial (SEMADET) del estado de Jalisco. Se especializa en caracterización de subcuencas, elaboración de raster de precipitación a nivel región, elaboración de un balance de agua superficial para las subcuencas de estudio, corrida de ArcSWAT para el trazo de microcuencas y determinación de unidades hidrológicas, mapeo de vulnerabilidad de agua subterránea y mapeo de distribución de recarga y trazó de unidades hidrogeológicas, elaboración de criterios para las unidades de gestión ambiental y la asignación de los mismos, elaboración de agenda ambiental, lineamientos y estrategias para el ordenamiento. Realizó gestión de la Coordinadora del sistema de Gestión ambiental 2018-2019 y como Auxiliar de Medio ambiente en *Asfaltos Guadalajara* 2016-2017. Realizó varios cursos de capacitación o actualización: Certificado de introducción al cambio climático - UN CC Learn (Naciones Unidas), Curso de Hidrogeología Aplicada - ITESO en colaboración con la universidad de Memphis, Diagnóstico de agua potable y agua superficial - ITESO, PAP (Proyecto de Aplicación Profesional)



Ramos de Robles, Silvia Lizette

Es Doctora en Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales por la Universitat Autònoma de Barcelona. Actualmente Profesor Investigador Titular “C” del Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas en el Departamento de Ciencias Ambientales, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Actual Coordinadora de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental por el CUCBA. Sus áreas de especialidad están relacionadas con la educación en ciencias, educación para la salud y la educación ambiental. Líneas de investigación en Comunicación para la adaptación al cambio climático. Miembro del cuerpo académico consolidado “Salud Ambiental y Desarrollo Sustentable” (UDG-CA-043). Miembro del Sistema nacional de Investigadores Nivel I. Ha dirigido diversas tesis de maestría y publicado libros y artículos en revistas indizadas y arbitradas a nivel nacional e internacional.



Rivera Valerio, Abril Asminda

Maestra en Ciencias de la Salud Ambiental por la Universidad de Guadalajara. Actualmente Técnico Académico en el Instituto de Medio Ambiente y Comunidades Humanas en el Departamento de Ciencias Ambientales, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Ha participado en la formación de recursos humanos a nivel maestría y licenciatura en temas relacionados con acceso a fuentes bibliográficas y bases de datos de información especializada en salud ambiental, meteorología y climatología e Introducción a Sistemas de Información Geográfica.



Ruíz Corral, Ariel

Profesor-Investigador Titular en el Departamento de Ciencias Ambientales del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, con 35 años de experiencia en el área de Agrometeorología. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 2; cuenta con 101 artículos publicados en revistas indizadas, 14 libros y 5 capítulos de libro. Es consultor de la Organización Meteorológica Mundial desde 1994. En los últimos 22 años ha conducido proyectos en la temática de cambio climático enfocados al sector agropecuario. Actualmente desarrolla investigación en las líneas de Evaluación de impactos del cambio climático, adaptación al cambio climático en el sector agrícola, evaluación de recursos fitogenéticos como fuente de germoplasma de resistencia a sequía y altas temperaturas, biogeografía, agrometeorología y ecofisiología de cultivos. Actualmente imparte la cátedra de Meteorología y Climatología en las Licenciaturas de Agronomía y Biología, y la cátedra de Climatología Aplicada en el Doctorado de Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas.

Este libro se imprimió en Diciembre de 2020,
en los talleres gráficos de Prometeo Editores, S. A. de C. V.
Calle Libertad 1457, Col. Americana
C.P. 44160, Guadalajara, Jalisco
Tels. (0133) 38262726 y 82

Se imprimieron 500 ejemplares.
Impreso en México | Printed in Mexico



ISBN: 978-607-547-981-1



9 786075 479811



Centro Universitario de Ciencias
Biológicas y Agropecuarias
Universidad de Guadalajara