

VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO REGIONALIZADO EN CHIAPAS

ARTURO ARREOLA

1. El clima una breve revisión de conceptos¹.

Se sabía que el clima era un producto derivado principalmente de la **latitud**, la **altitud** y la **cercanía al mar**, a estos tres factores se han venido sumando, por efecto de la acción humana por lo menos: la extensión de las áreas forestales y las emisiones de gases de efecto invernadero. En todo caso, esto no ha sustituido la definición de clima “como la serie de los estados del tiempo sobre un lugar en una sucesión habitual” (Maderey, 1982). Ésta, más que una definición convencional es, a la luz de las preocupaciones actuales, un marco de referencia sobre los alcances propios de la noción del Cambio Climático, ya que muchas de ellas generalmente señalan los cambios en el tiempo atmosférico, es decir en el estado de las condiciones meteorológicas en un momento dado, el cual “es un lapso que puede durar horas, días e inclusive semanas” (Maderey, 1982).

Cada clima es un excelente ejemplo de lo que podemos denominar una propiedad emergente de un sistema complejo (García, 2000), compuesto por elementos astronómicos, geológicos, geomorfológicos, termodinámicos, hídricos, económicos, políticos y culturales, entre otros. Como propiedad emergente, no puede explicarse a partir de las propiedades de los elementos aislados que lo constituyen ni de sus interacciones, cada clima contiene un conjunto de información que es superior a la de cada parte individual. Partiendo de dicha concepción holística, queda claro que en cada clima *el todo es más que la suma de las partes*.

Desde el punto de vista de la climatología clásica, existe la posibilidad de analizar las leyes y teorías físicas, así como la información meteorológica para definir la distribución de los climas en el planeta y su comportamiento, de acuerdo con los cambios en la cantidad de energía contenida en el sistema Tierra-Atmósfera o en las velocidades de su intercambio (Maderey, 1982). El potencial natural que representa el clima para brindar servicios es muy grande, sin embargo, la estimación del potencial no implica necesariamente su uso (Bastian, 1997).

Es desde el enfoque funcional en donde se puede establecer al clima como un recurso natural, reconociendo cuáles de los servicios que oferta son utilizados de manera directa o indirecta por la sociedad, para ello, cada grupo social cuenta con diferentes medios técnicos y organizativos y se enfrenta a resistencias de carácter natural o cultural de acuerdo a un momento histórico determinado.

¹ Texto basado en: Arreola. A. (2017). Variabilidad y cambio climático en Chiapas, una revisión histórica. Ponencia presentada en el 7º Congreso Nacional de Investigación sobre Cambio Climático. UNAM-CONACYT. Documento en revisión. Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica A.C.

Desde mediados del siglo pasado la estimación del potencial del clima ha sido objeto de debate en las diferentes clasificaciones sobre recursos naturales. Para Ciriacy y Wantrup (1944), el clima debe ubicarse en la categoría de **recursos naturales renovables** que no son afectados sensiblemente por la intervención humana, solo en el caso de la precipitación consideran que ésta es un recurso renovable que sí es afectado por dicha intervención; Armand y Guerasimov lo consideran como **recurso natural inagotable**, asumiendo que desde el punto de vista local, el agua y la precipitación pueden ser un recurso renovable, pero no a nivel global (Bassols, 1983). En las dos clasificaciones se asume que la **radiación solar** como fuente de luz, calor y energía en términos generales presenta una oferta estable, pero incluso esta condición, se ha demostrado ya, está cambiando en las últimas décadas.

La variabilidad del clima es una constante, la paleoclimatología se han encargado de revelarlo, la historia está haciendo su parte, la climatología desde hace más de cien años también. Entonces, si el clima varía constantemente de acuerdo a una escala de tiempo geológica, histórica o meteorológica: ¿qué es lo que determina el Cambio Climático actual?

La **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático** lo define como un “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (ONU, 1992). Todo sistema complejo fluctúa hasta quedar estabilizado temporalmente (García, 2000), para el caso del clima dicha condición está cambiando al enfrentar nuevos desafíos provocados por externalidades que a su vez están propiciando nuevas reacciones

(físicas y sociales), con las que, el sistema busca atenuar las modificaciones en su estructura funcional precedente.

2. El clima actual en Chiapas.

Por su localización, Chiapas presenta **climas tropicales**. Estos, como se sabe, se encuentran entre los 5° y los 33° de latitud y en ellos la influencia de la Circulación General de la Atmósfera es definitiva. Derivado del movimiento de Traslación de la Tierra, los rayos del Sol se presentan perpendiculares en estas latitudes un par de ocasiones al año, lo cual establece la diferenciación de sólo dos estaciones muy marcadas: una seca y otra húmeda. La estación seca se da cuando el Sol se desplaza hacia el Trópico de Capricornio y la húmeda cuando lo hace hacia el Trópico de Cáncer, en ésta última el movimiento aparente del Sol implica la presencia de un breve periodo de sequía conocido como canícula. Las **lluvias en Chiapas** presentan como elementos dinamizadores a la posición de la denominada Zona Intertropical de Convergencia (ZITC), las altas presiones subtropicales, las masas de aire ecuatoriales, las tropicales marítimas y la continental.

En combinación con ello, la precipitación se distribuye en Chiapas a partir de la propia secuencia derivada de la presencia de las estaciones del año y del movimiento de la ZITC. En el primer caso, la distribución estacional de las lluvias define un periodo seco que va de febrero a mayo, en estos meses los vientos provenientes del Golfo de México tienen una influencia en las zonas que presentan sombras orográficas en un sentido Norte-Sur debido a que la humedad se va perdiendo a medida que la latitud disminuye; en las áreas cuyo sustrato litológico es calizo, esta condición hace que el estiaje sea especialmente severo. A mediados de mayo y principios de junio, la actividad convectiva producto de la presencia de los vientos alisios propicia las primeras precipitaciones debido a la influencia del aire proveniente del Golfo de México.

A partir de la entrada del verano, la ZITC inicia su ascenso hacia el Trópico de Cáncer, con lo que la temporada de lluvias se establece hasta finales de julio y mediados de agosto, periodo en el que la ZITC se encuentra en una latitud mayor, las dos o tres semanas en que ésta no se ubica sobre el estado de Chiapas dan lugar a la **canícula**, condición que puede llegar a ser muy intensa debido a lo elevado de las temperaturas que se presentan.

A partir de mediados de mes de agosto, septiembre y hasta octubre se presenta el máximo de precipitación, debido a la combinación de tres factores, dos ya mencionados (la convección propiciada por los vientos alisios y la presencia de la ZITC) y uno tercero que también es de gran relevancia: el desarrollo de sistemas ciclónicos en los Océanos Pacífico y Atlántico, lo cual puede llegar a prolongar las lluvias hasta principios de noviembre. En muchas ocasiones las precipitaciones producto de la presencia de dichos fenómenos hidrometeorológicos (depresiones tropicales, vaguadas, tormentas tropicales, huracanes) viene acompañada de fuertes vientos. En diciembre, enero y hasta el mes de febrero se llegan a presentar algunas lluvias de origen frontal, conocidas como Nortes, estas precipitaciones por lo general traen consigo brumas, neblinas y vientos fríos.

La cantidad y distribución de la precipitación es sin duda un factor clave del clima en Chiapas. Las zonas montañosas desempeñan un papel importante, ya que por su disposición con respecto a la circulación de los vientos provenientes de los océanos funcionan como cortinas meteorológicas, reteniendo la humedad.

De tal suerte la Sierra Madre de Chiapas en el Sur y las Montañas del Norte presentan los dos máximos de precipitación, teniendo en ocasiones totales anuales de más de 4,500 mm. Hacia el centro

del estado, las precipitaciones pueden llegar a ser de apenas 1,000 mm e incluso menores como en el Cañón de Motozintla en donde se registran 600 a 800 mm anuales. Un factor de origen antrópico se ha venido convirtiendo en una característica climática para el estado de Chiapas: **la presencia de las quemas agropecuarias en los meses de marzo a mayo y que en ocasiones han derivado en grandes incendios que afectan las zonas forestales.**

a) Climas cálidos.

Se distribuyen en territorios cuya altitud va del nivel del mar a los 1,000 m.s.n.m, abarcan cerca del 74% de la superficie de la entidad; en ellos la temperatura media anual va de 22° a 30° C y la temperatura media del mes más frío es de 18° C o más. Estos climas, con base en su humedad y su régimen de lluvia, se dividen en cálido subhúmedo con lluvias en verano, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y cálido húmedo con lluvias todo el año.

Subtipo cálido subhúmedo con lluvias en verano.

Es el que ocupa mayor extensión en Chiapas, comprende la zona costera y se interna a la Depresión Central del estado por el occidente, existen algunas porciones en la Selva Lacandona y en la Zona Norte; es el menos húmedo, pues su precipitación total anual es menor de 2,000 mm y en el mes más seco tiene menos de 60 mm de lluvia.

Subtipo cálido con abundantes lluvias en verano.

En una franja más o menos paralela a la línea de costa, entre Arriaga y Huixtla, y otra situada en el Centro-Norte desde San Fernando hasta Cintalapa, teniendo su mayor extensión la ubicada en la región Selva Lacandona; en estos terrenos la precipitación total anual varía entre 2,000 y 3,000 mm y el mes más seco suma menos de 60 mm.

Subtipo cálido húmedo con lluvias todo el año. Cubre una faja que va desde Palenque a Pichucalco en el Norte y en el Soconusco en el Sur del estado; estas zonas son dos de las más lluviosas del país, en ellas la precipitación total anual varía entre 3,000 a más de 4,500 mm y el mes más seco suma más de 60 mm. Tal cantidad de lluvia y su distribución a lo largo del año se debe, entre otros factores, a que esas áreas están expuestas a los vientos húmedos del Golfo de México en verano, otoño e invierno y a la presencia de huracanes en verano.

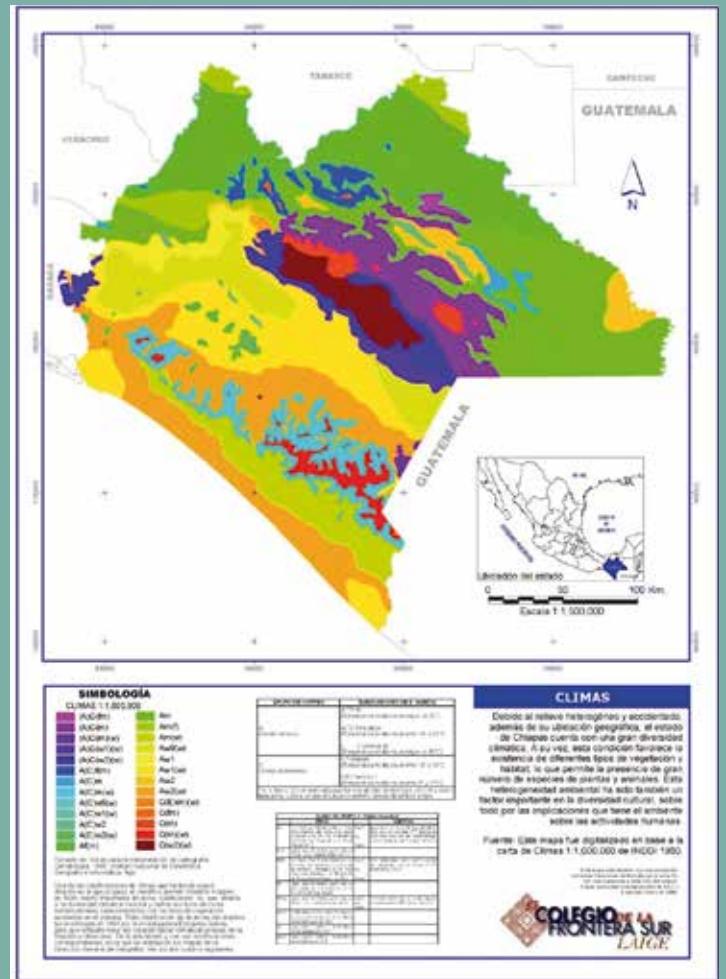
b) Climas semicálidos.

Cubren cerca del **20% de superficie del estado**. Se manifiestan en terrenos cuya altitud varía entre 1,000 y 2,000 m.s.n.m.; presentan temperaturas medias anuales que van de 18° a 22° C. La temperatura media del mes más frío es de 18°C o más. Se diferencian de acuerdo a su humedad y su régimen de lluvias.

Subtipo semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano. Cuyas áreas más amplias se localizan en las proximidades de Ocosingo, donde la precipitación anual varía entre 1,000 y 2,000 mm, y en la región Sierra alrededor de Frontera Comalapa, lugares en que la precipitación total anual va de 2,000 a 3,000 mm.

Subtipo semicálido subhúmedo con lluvias en verano. Abarca los territorios situados en el Altiplano, al Sur de San Cristóbal de Las Casas, la Meseta Comiteca y al Noreste de Tuxtla Gutiérrez, su rango de precipitación total anual va de 1,000 a 2,000 mm.

Subtipo semicálido húmedo con lluvias todo el año. Se presenta de manera fragmentada al Sur de Pichucalco y Palenque, predomina la precipitación anual entre 3,000 y 4,000 mm.



Mapa 1. Principales climas en Chiapas. Fuente: ECOSUR, 2015.

c) Climas templados.

Caracterizados por temperaturas medias anuales entre 12° y 18° C y una temperatura media del mes más frío entre -3° y 18° C, abarcan los territorios de mayor altitud (por arriba de los 2,000 m.s.n.m.), los cuales representan aproximadamente 6% de la entidad.

Subtipo templado húmedo con lluvias en verano. Se localiza en las cumbres del *Macizo Chiapaneco* desde la frontera con la República de Guatemala en el Volcán Tacaná hasta la zona de la Reserva de la Biosfera El Triunfo y al Norte y Noreste de San Cristóbal de Las Casas, entre otros lugares, en la primera zona la precipitación va de 3,000 a 4,500 mm; y en la segunda de 1,000 a 2,000 mm.

Subtipo templado subhúmedo con lluvias en verano. Comprende desde San Cristóbal de Las Casas hasta el Norte de Comitán de Domínguez, ahí la lluvia total anual se encuentra en el rango de 1,000 a 2,000 mm. En áreas de poca extensión, se presenta el clima templado húmedo con lluvias todo el año, éste se distribuye en las partes más altas de las Montañas del Norte, en la denominada Selva Negra.

3. Evolución de los datos meteorológicos en Chiapas.

Una primera aproximación al reconocimiento del **Cambio climático en Chiapas**, se deriva del análisis del comportamiento de los datos obtenidos en las diferentes estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo del territorio estatal. Esta revisión está basada en la propuesta metodológica del estudio realizado por Jáuregui (2004) sobre la variabilidad climática en los registros instrumentales en México; por tanto, no parte de consideraciones previas o hipotéticas, sin embargo, sus resultados sí pueden proporcionar algunas tendencias clave, que se presentan como constantes de cambio estadísticamente definidas.

El análisis presenta el registro meteorológico y la evolución de los regímenes de temperatura y precipitación correspondientes a diferentes regiones del estado de Chiapas. Los datos son provenientes de doce estaciones meteorológicas, las cuales fueron elegidas en razón de la cobertura que proporcionan y porque son las que tienen más años de servicio; para el análisis se descartaron las estaciones que tienen un registro menor a 50 años.

Una gran cantidad de estaciones que empezaron sus actividades en la década de los veinte del siglo

pasado cesaron sus funciones en los años sesenta-setenta, por otro lado, las estaciones meteorológicas con los datos más recientes, empezaron sus actividades también en esas décadas; la selección de las estaciones se vio reducida de universo de más de trescientas a menos de veinte.

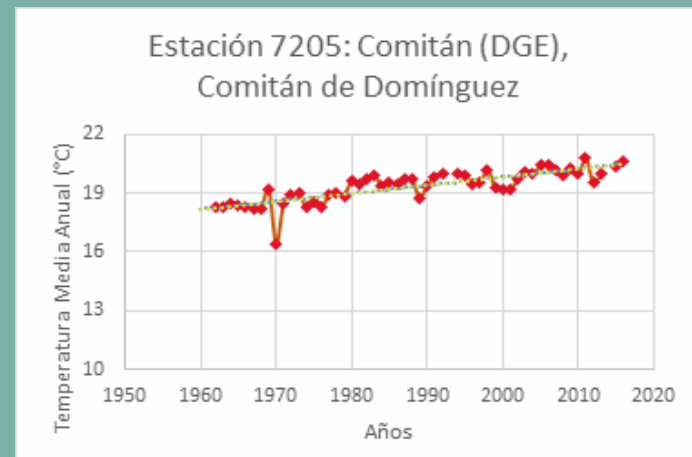
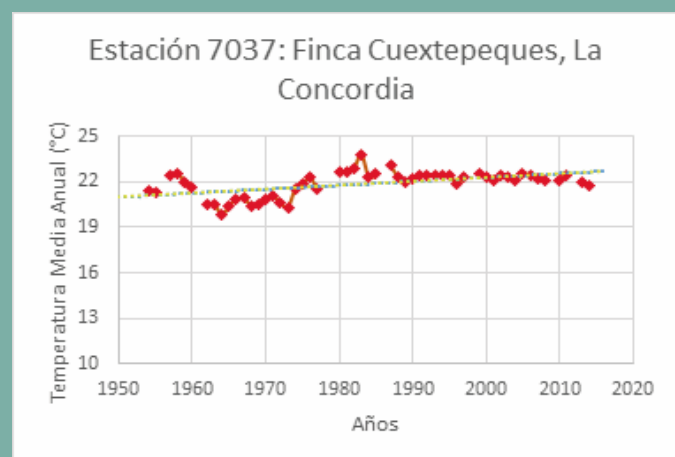
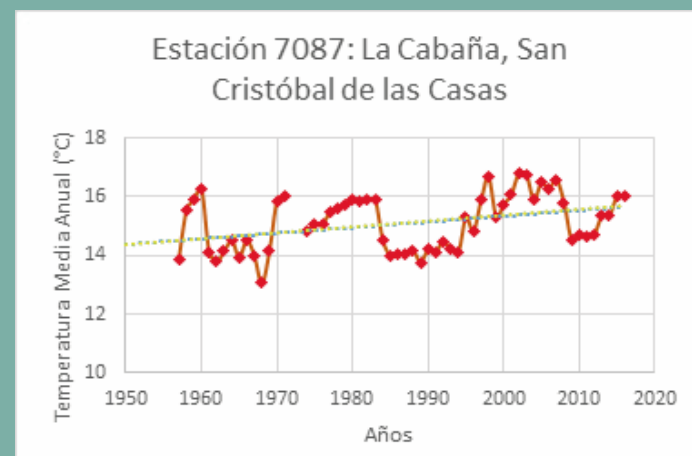
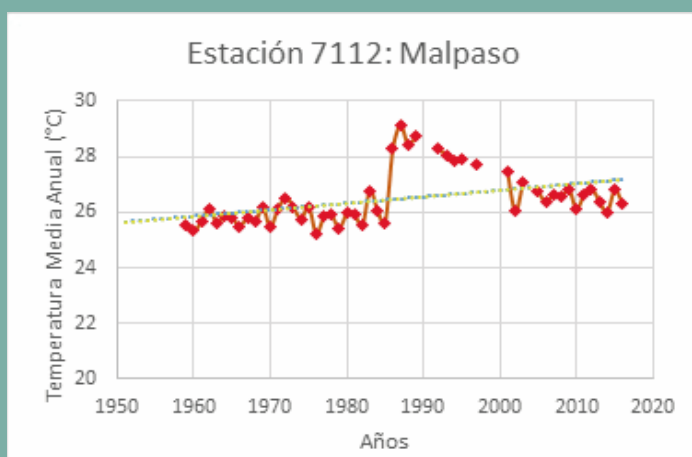
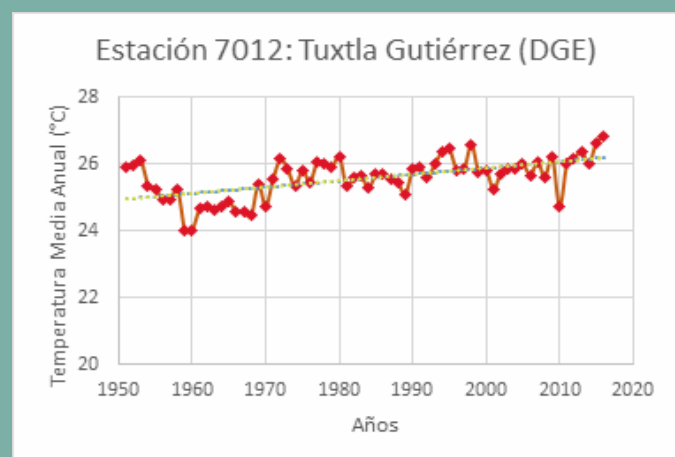
El análisis incluye los **promedios anuales de temperatura y las sumas anuales de precipitación obtenidos de cada una de las estaciones**, con los cuales se elaboraron las gráficas de dispersión y tendencias con base en las temporalidades de operación específicas. Los resultados pueden servir para inferir modificaciones en el régimen térmico o de lluvias. Las gráficas de las estaciones que se presentan, denotan también faltantes e incongruencias en sus registros, principalmente entre 1970 y 1980, situación por la cual las tendencias a veces se ven significativamente modificadas. Las estaciones meteorológicas consideradas se ubican en los municipios de **Tuxtla Gutiérrez, Malpaso, Altamirano, San Cristóbal de Las Casas, Cuxtepeques, Comitán, Villaflores, Bochil, Salto de Agua, Motozintla, Tonalá y Tapachula**. (Figura 2. Chiapas, temperatura media anual de 12 estaciones meteorológicas seleccionadas).

Al analizar las estadísticas sobre la **temperatura media anual de las doce estaciones** consideradas, podemos observar tres patrones principales.

i) El primero se relaciona con el hecho de que no hay una evidencia contundente en los datos de que en todo el territorio estatal se esté registrando un aumento en la temperatura, solo seis estaciones presentan un incremento en las medias anuales; existen zonas en donde incluso se está presentando un descenso en los datos de los termómetros.

ii) Hay una cierta tendencia al crecimiento de la temperatura en aquellas estaciones que se ubican en zonas urbanas, es decir en Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de Las Casas, Comitán, Tapa-

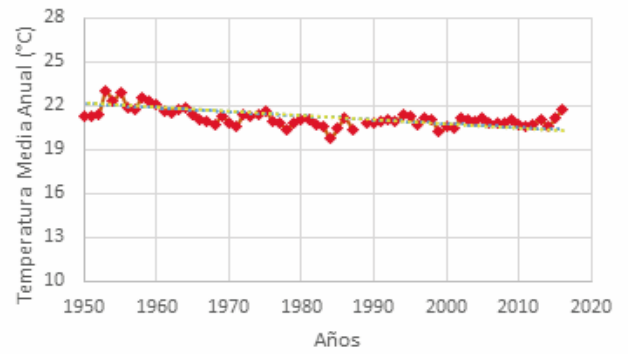
Figura 2. Chiapas, temperatura media anual de 12 estaciones meteorológicas seleccionadas.



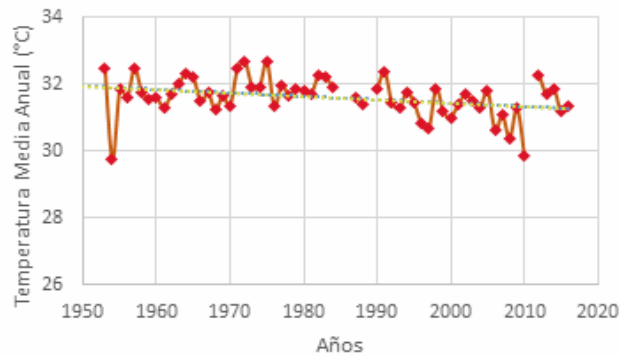
Estación 7175: Villaflores (SMN)



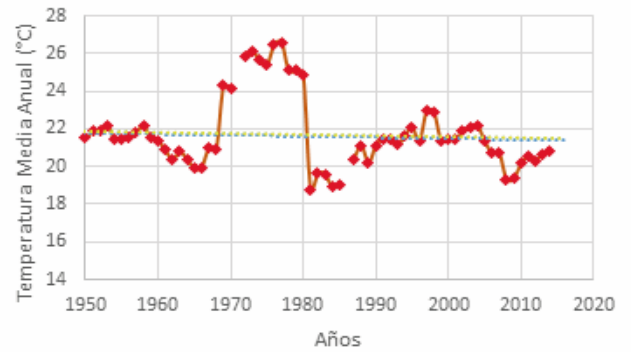
Estación 7015: Bochil



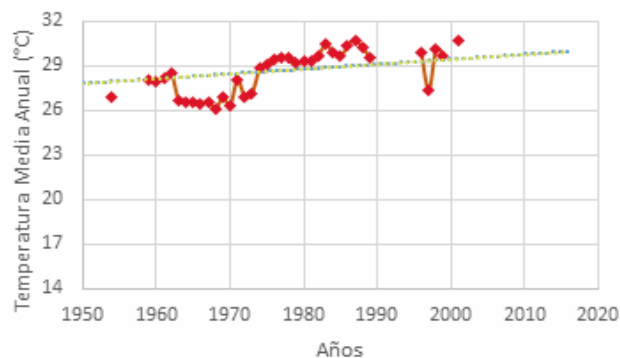
Estación 7141: Salto de Agua (DGE)



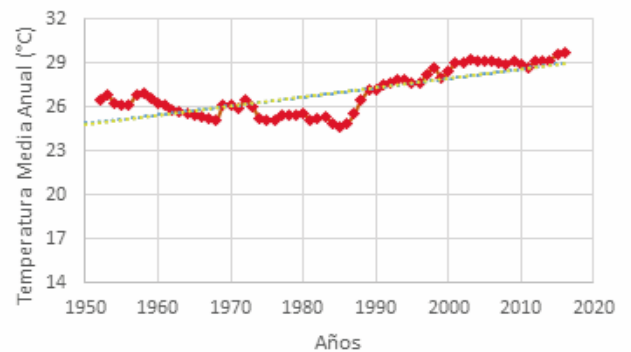
Estación 7119 : Motozintla (SMN)



Estación 7201 : Tonalá (SMN)



Estación 7200 : Tapachula (DGE)



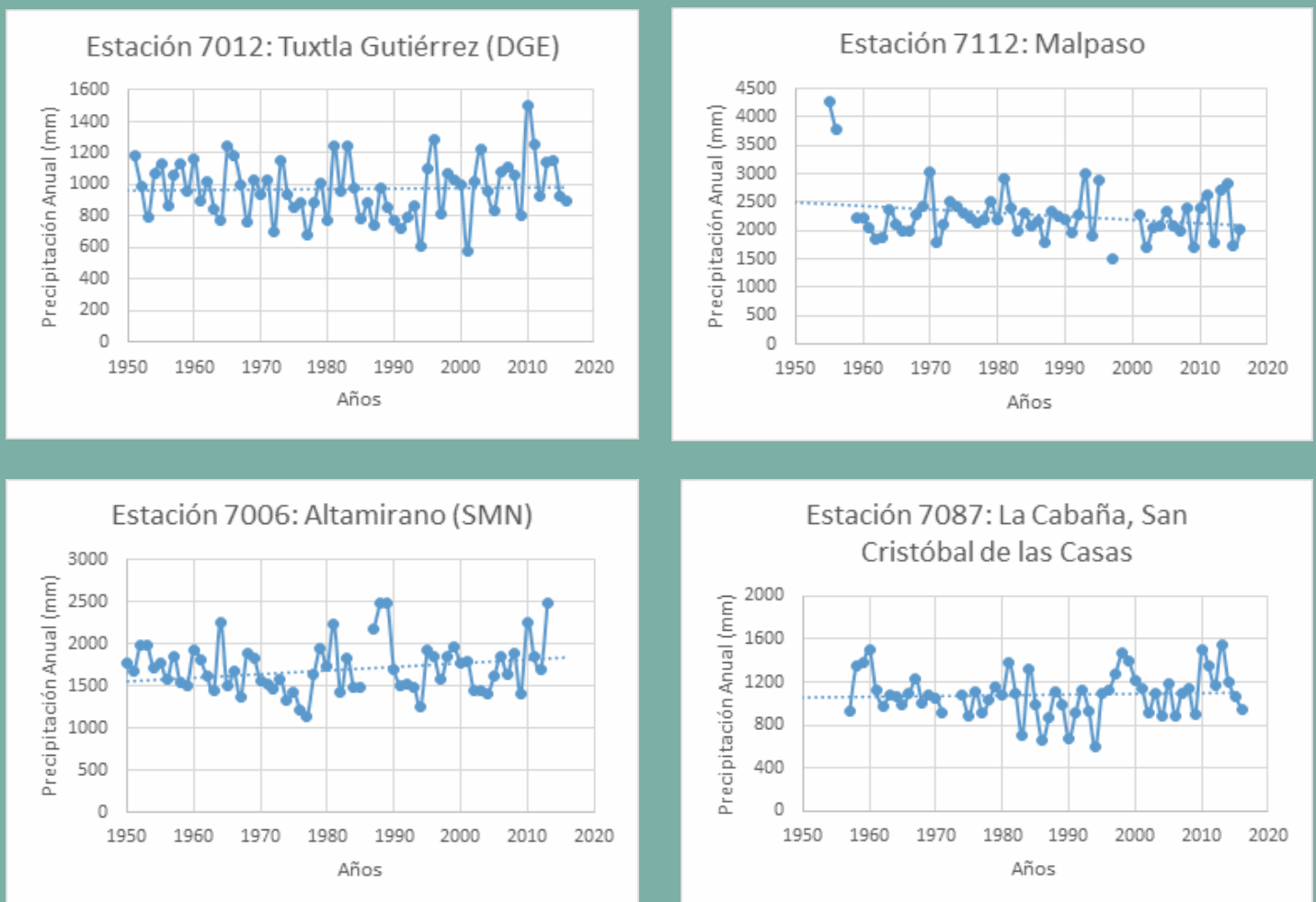
Fuente: Arreola, 2017 (con base a los datos de CICESE, 2016).

chula y Tonalá. Por el contrario, aquellas estaciones que se localizan en zonas rurales presentan una ligera baja en los registros de térmicos medios anuales, este es el caso de Altamirano, Bochil y Motozintla.

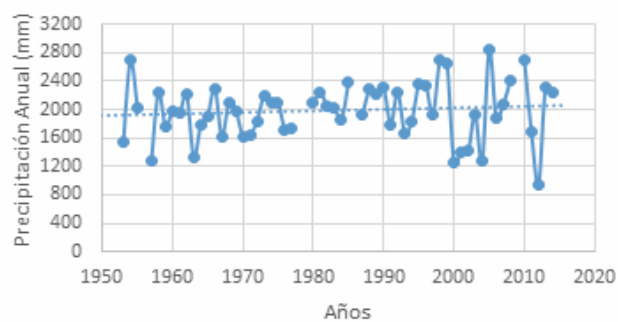
iii) La tendencia de incremento de la temperatura en la mayoría de los casos se establece entre 1° y 2° C, tendencia que coincide con las estimaciones hechas a nivel estatal del Cambio Climático Global (INE, 2009), esto, con excepción de Tonalá en donde el incremento es de 3° C y Tapachula en donde es de 4° C; en los casos en los que la temperatura descende ésta se da en un rango de -1° a -2° C.

Mucha es la importancia que pueden revelar estos datos a nivel de los impactos potenciales de las tendencias obtenidas en las actividades humanas y los ecosistemas. En lo general, los casos en los que la **temperatura está aumentando nos indican la recurrencia de periodos de sequía más severos y extensos**, así como los efectos de la urbanización; bajo tal tendencia, la demanda de energía es mucho más alta, ya sea para el funcionamiento ecológica, de los sistemas de producción agropecuaria o de las ciudades. Estas condiciones de variabilidad térmica han necesitado desde hace años el desarrollo de mecanismos de adaptación ambiental y social, que en realidad han sido poco estudiados, mucho menos los efectos que las propias actividades humanas han tenido en dichas modificaciones.

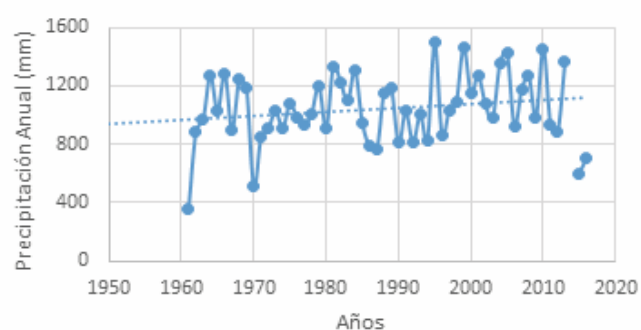
Figura 3. Chiapas, precipitación anual de 12 estaciones meteorológicas seleccionadas.



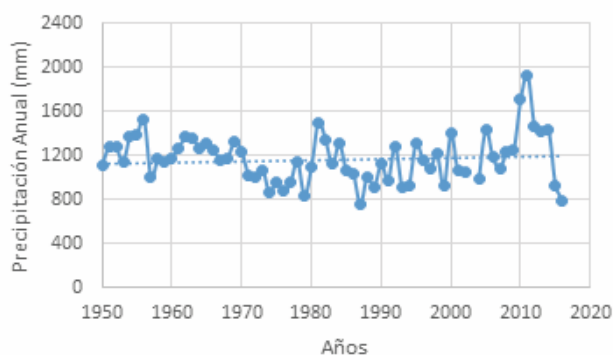
Estación 7037: Finca Cuextepeques, La Concordia



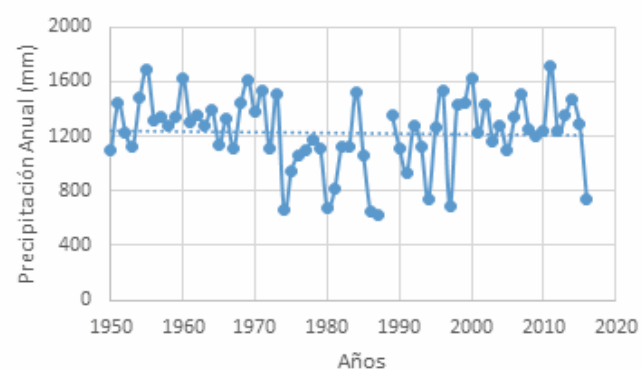
Estación 7205: Comitán (DGE), Comitán de Domínguez



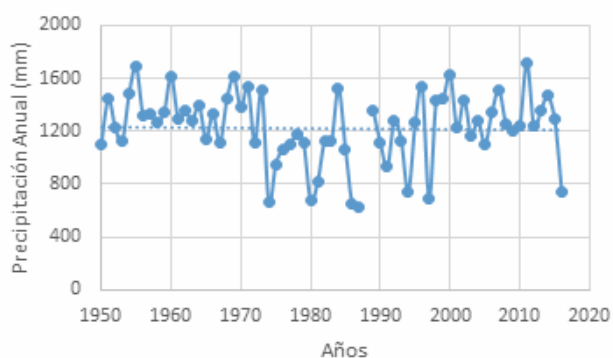
Estación 7175: Villaflores (SMN)



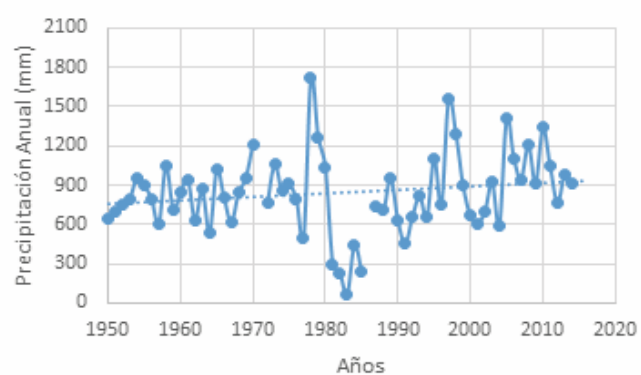
Estación 7015: Bochil



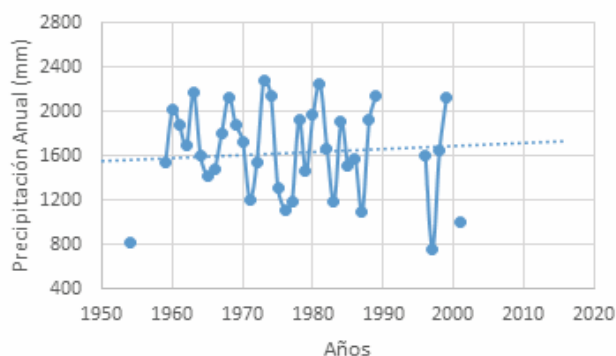
Estación 7141: Salto de Agua (DGE)



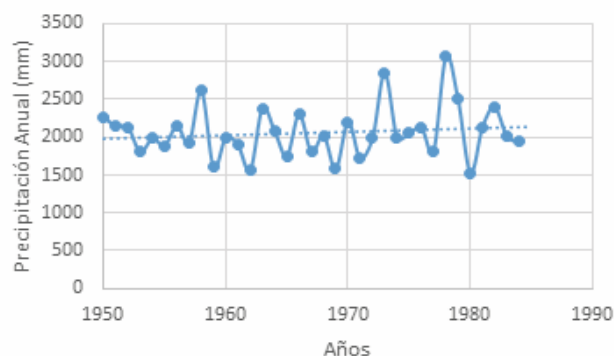
Estación 7119: Motozintla (SMN)



Estación 7201: Tonalá (SMN)



Estación 7200: Tapachula (DGE)



Fuente: Arreola, 2017 (con base a los datos de CICESE, 2016).

De acuerdo con los datos registrados, la precipitación anual en las doce estaciones analizadas puede caracterizarse también con tres patrones:

i) De igual manera que en el caso de la temperatura, no se observa un patrón predominante, es decir, cuatro estaciones presentan incrementos en la precipitación, dos decrementos y seis no indican cambios significativos.

ii) En la mitad de los casos, la variación en los registros de precipitación es amplia. Esto es, a diferencia de la temperatura, las cantidades de lluvias registradas año con año son muy variables. En San Cristóbal de Las Casas, Villaflores, Tuxtla Gutiérrez, Salto de Agua, Bochil y Comitán se mantiene la precipitación constante.

iii) Sobresalen los casos de Altamirano, Tonalá y Motozintla en donde se está presentando un incremento en las lluvias, que en algunos casos puede llegar a ser una variación de 300 mm desde el inicio de los registros hasta los datos actuales. Para estas regiones un tanto secas, los cambios en la cantidad de las precipitaciones pueden ser significativos. En cambio, los casos de Tapachula y Malpaso, presentan decrementos, con una tendencia a la disminución de los registros de lluvias de más de 300 mm anuales.

La variabilidad de los datos de precipitación nos indica también cambios en los regímenes pluviales, es decir, lluvias mucho más torrenciales combinadas con periodos de sequía. Sin embargo se debe tomar en cuenta que en términos de balance hídrico, las cuencas del estado siguen recibiendo cantidades similares de precipitación, por lo que su funcionalidad hidrológica no debería presentar serias complicaciones. No es el mismo caso de los aspectos ecológicos y agropecuarios, los cuales pueden sufrir grandes cambios, derivados de las variaciones en tiempo y cantidad de las lluvias.

Como ejercicio final de esta revisión de los registros de temperatura media anual y precipitación anual de las doce estaciones seleccionadas, se procedió a realizar el **cálculo del clima con base a la metodología propuesta por Enriqueta García (1988) que modifica el sistema de clasificación de Köppen**. Dados los datos obtenidos, el resultado es

poco sorprendente, ninguno de los climas ha cambiado aún, lo cual confirma la tendencia establecida en los modelos de **Cambio Climático Global para el Estado de Chiapas**.

Valdría la pena entonces profundizar en el estudio de los casos de **Malpaso y Tapachula** en los que se presenta un aumento de la temperatura y una disminución de la precipitación y en los que se pueden presentar los primeros casos de modificación climática basada en registros. **Altamirano, Motozintla y Tonalá** deben ser objeto de un seguimiento específico debido a las tendencias encontradas de un incremento en la cantidad de precipitación.

BIBLIOGRAFÍA

Arreola, A. (2017). Variabilidad y cambio climático en Chiapas, una revisión histórica. Ponencia presentada en el 7º Congreso Nacional de Investigación sobre Cambio Climático. UNAM-CONACYT. Documento en revisión. Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica A.C.

Bassols, A. (1983). Recursos naturales de México. Una visión histórica. México: Editorial Nuestro Tiempo.

Bastian, D. (1997). Implementation of landscape planning and nature conservation in agricultural landscape – a case study from Saxony. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 92 (2002) 159-170

CICESE. (2016). Base de datos climatológicos nacionales. Disponible en:
<http://clicom-mex.cicese.mx/mapa.html>

Ciriacy-Wantrup, S. V. (1944). Taxation and the Conservation of Resources. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 58, No. 2, Pp. 157-195. Disponible en:
<http://www.jstor.org/stable/1883316>

ECOSUR. (2013). Mapa de climas de Chiapas. Disponible en: <http://www.ecosur.mx/sitios/analisis-geografico/galeria/mapas>

García, E. (1998). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México: UNAM

García, R. (2000). El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos. Barcelona: Gedisa.

Jáuregui, E. (2004) La variabilidad climática en los registros instrumentales en México. En: Julia Martínez y Adrián Fernández (Coords.) Cambio climático: una visión desde México. México: SEMARNAT-INE

Maderey, L. (1982) Geografía de la Atmosfera. México: UNAM

Organización de las Naciones Unidas (1992) Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Disponible en:
<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>





VISIBILIDAD PARA LA ACCIÓN CIVIL