



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIRECCIÓN DE CENTROS REGIONALES UNIVERSITARIOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL

PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PERIODO 1964 A 2019 E  
IMPACTOS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, EN LA SELVA LACANDONA,  
MÉXICO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL

PRESENTA

**JOSÉ LUIS ÁLVAREZ VÁZQUEZ**

BAJO LA SUPERVISIÓN DE: DR. GENARO AGUILAR SÁNCHEZ **APROBADA**



CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, JULIO DEL 2020



Dirección de Centros  
Regionales Universitarios

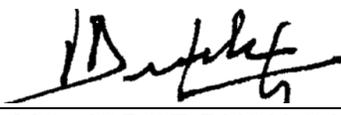
**PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PERIODO 1964 A  
2019 E IMPACTOS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, EN LA SELVA  
LACANDONA, MÉXICO**

Tesis realizado por **José Luis Álvarez Vázquez** bajo la supervisión del comité indicado, aprobado por el mismo y aceptado como requisito para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL**

DIRECTOR:   
DR. GENARO AGUILAR SÁNCHEZ

ASESOR:   
DRA. GUADALUPE REBECA GRANADOS RAMÍREZ

ASESOR:   
MC. JORGE DUCH GARY

ASESOR:   
MC. JUAN JUÁREZ MÉNDEZ

## ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Justificación .....	4
1.3 Objetivo general.....	5
1.4 Objetivos específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1 Definición de cambio climático y sus orígenes .....	6
2.2 Consecuencias en la producción agrícola mundial y en México.....	7
2.3 Estudios sobre el cambio climático.....	9
2.5 Consecuencias en la agricultura de temporal.....	12
2.2 Marco teórico.....	13
2.2.1 Proceso de desarrollo de la región Selva Lacandona .....	13
2.2.2 Políticas de desarrollo en relación al cambio climático en México .....	14
2.2.3 Políticas, estrategias de mitigación y adaptación mundial frente a las estrategias campesinas.....	15
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA .....	18
3.1 El área de estudio.....	18
3.2 Tipo de muestreo y tamaño .....	21
3.3 Materiales e instrumentos.....	21
3.4 Descripción del programa RClindex .....	22
3.5 Datos climáticos.....	22
3.6 Generación de los indicadores por RClindex.....	23
3.7 Procedimiento para el cálculo de los índices del periodo 1964 a 1993 ...	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1 Comportamiento de los índices durante el periodo 1964-1993 calculados por RClindex.....	27
4.1.1 Comportamiento de la temperatura máxima y mínima.....	31

4.1.2 Precipitación total anual y concentración de lluvias en mayores a 20 mm por evento .....	32
4.1.3 Número de días secos en un año (CDD) y número de días húmedos (CWD) .....	36
4.2 Impactos en el ambiente y en las actividades agrícolas de acuerdo a la percepción local.....	40
4.2.1 Medio ambiente.....	40
4.2.2 Cambios en la producción agrícola regional.....	42
4.3 Programas de desarrollo en la Selva y su contribución al cambio climático regional.....	46
4.4 Acciones locales de adaptación .....	50
4.5 Conclusiones .....	52
4.6 Literatura citada .....	55
CAPÍTULO 5. APÉNDICES .....	62

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
<b>COPADE:</b>	Comercio Para el Desarrollo
<b>CC:</b>	Cambio Climático
<b>CEPAL:</b>	Comisión Económica Para América Latina
<b>CG:</b>	Calentamiento Global
<b>CI:</b>	Conservación Internacional
<b>CCI:</b>	Commission of Climatology (Comisión de Climatología)
<b>CEIEG:</b>	Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Chiapas
<b>CO<sub>2</sub>:</b>	Dióxido de Carbono
<b>CONEVAL:</b>	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
<b>CH<sub>4</sub>:</b>	Metano
<b>CLIVAR:</b>	Climate Variability and Predictability (Variabilidad Climática y Predecibilidad)
<b>ETCCDMI:</b>	Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (Equipo de Expertos en Detección, Monitoreo e Índices de Cambio Climático)
<b>FAO:</b>	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)
<b>FIRA:</b>	Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura
<b>GEI's:</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>GtC:</b>	Giga Toneladas de Carbono
<b>IFPRI</b>	International Food Policy Research Institute (Instituto Internacional de Investigación en Política Alimentaria)
<b>INECC</b>	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
<b>IPCC:</b>	Intergovernmental Panel on Change Climate
<b>NCDC:</b>	National Center Data Climate (Centro Nacional de Datos Climáticos)
<b>NO<sub>2</sub>:</b>	Óxido Nitroso
<b>NOAA:</b>	National Administration Ocean Atmospheric (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica)
<b>ONU:</b>	Organización de las Naciones Unidas
<b>PIB:</b>	Producto Interno Bruto
<b>SADER:</b>	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
<b>SEDESOL:</b>	Secretaría de Desarrollo Social
<b>SEMARNAT:</b>	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SIAP:</b>	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Ubicación de las estaciones en el área de estudio .....	23
Cuadro 2. Índices calculados y analizados .....	25
Cuadro 3. Valor de los índices de extremos climáticos.....	28
Cuadro 4. Percepción de la población sobre los cambios asociados al cambio climático regional .....	29

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio y de las estaciones climáticas.....	20
Figura 2. Organización de los datos en el programa RClimindex para el cálculo de los índices .....	24
Figura 3. Comportamiento de la temperatura máxima.....	33
Figura 4. Tendencias de la temperatura mínima.....	34
Figura 5. Tendencias de la precipitación total.....	35
Figura 6. Tendencias de los días secos.....	38
Figura 7. Tendencia de los días húmedos.....	39
Figura 8. Ciclo productivo de la milpa en los años 1970-1980.....	43
Figura 9. Ciclo productivo de la milpa de los últimos cinco años.....	44

## **DEDICATORIA**

A mis padres Isabela y Jorge por sus consejos y enseñanzas, por enseñarme a luchar por nuestros sueños.

A mis hermanas y familia, por los ánimos y el apoyo brindado.

A mis amigas y amigos Natalia Carolina, Susana, Mariana, Alfredo, Víctor, Argelia, Christian, Fábio, Taciane, Caio Fernando, Wellington Tripa y Jefferson gracias por compartir momentos felices, les deseo el mayor de los éxitos en su vida profesional y personal.

A la señora Martha y familia por abrirme la puerta de su hogar y por el cariño.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Chapingo por la oportunidad de realizar mis estudios de Posgrado y por las facilidades brindadas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico durante mis estudios de maestría.

Al comité asesor Dr. Genaro Aguilar Sánchez, Dra. Guadalupe Rebeca Granado Ramírez, MC. Jorge Duch Gary, MC. Juan Juárez Méndez, por el apoyo en la revisión, comentarios acertados y su valioso tiempo en dirigir este trabajo.

A la Dra. Isabel Tamara Pedron profesora de la Universidad Estatal del Oeste del Paraná, Brasil; por sus aportes y dedicación durante mi estancia en dicha Universidad, Dr. Wilson Jao Zonin, Dr. Vinícius Mattia por el apoyo recibido.

Al Dr. Fábio Corbari profesor de la Universidad de San Miguel Iguazú, Paraná, Brasil por su apoyo en la estancia.

Al Dr. Cesar A. Ramírez por su dedicación a mejorar siempre el Posgrado y animarnos a seguir con nuestras metas profesionales.

A mis compañeros de la generación 2018-2020, gracias por compartir momentos agradables y amenos.

A los productores que colaboraron en las entrevistas realizadas, por la información invaluable proporcionada para poder realizar este trabajo.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

### **Datos personales**

Nombre	José Luis Álvarez Vázquez
Fecha de Nacimiento	24 de abril de 1987
Lugar de Nacimiento	Ocosingo, Chiapas
CURP	AAVL870424HCSLZS00
Profesión	Ingeniero Agrónomo Especialista en Zonas Tropicales
Cedula Profesional	10588971

### **Formación académica**

Preparatoria	Universidad Autónoma Chapingo
Licenciatura	Universidad Autónoma Chapingo

## RESUMEN

### PERCEPCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PERIODO 1964 A 2019 E IMPACTOS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, EN LA SELVA LACANDONA, MÉXICO

El cambio climático es un fenómeno que pone en jaque a la población mundial y la biodiversidad del planeta; este fenómeno impacta de manera diferente en las diversas regiones del mundo y sus efectos también difieren de un lugar a otro, por ello, es de suma importancia los estudios a nivel regional y local. En el presente estudio se analizaron las tendencias de la temperatura máxima, mínima y precipitación en la región de la Selva Lacandona, en el periodo de 1964-1993, y los impactos que está generando. El cálculo de los 27 índices propuestos para el estudio y análisis de cambio climático se realizó con el programa RClimdex. Los resultados obtenidos a partir del cálculo de los índices, se sustentaron con la percepción de la población local. Los resultados indican que hay incremento en la temperatura máxima (TXx) y mínima (TNn), disminución de la precipitación (PRCTOT) y concentraciones de las lluvias (PRCR20mm), incremento en el número de días secos (CDD) y menor número de días húmedos (CWD). El retraso y disminución de la lluvia han provocado retrasos en la siembra del maíz hasta por 20-30 días, reducción del rendimiento en un 20-25%, así como también prolongación de la canícula pasando de 25-30 días a 40-45 días, la incidencia del gusano cogollero y roya del frijol se ha vuelto más recurrente, mermando más la producción. De acuerdo a la percepción de la población, se atribuyen a la deforestación local, regional y la contaminación en general. Las políticas de desarrollo impulsado en la región han agudizado más la deforestación y con ello el incremento de las temperaturas locales. Las acciones que se están implementando son a nivel local destinando áreas de conservación y uso de variedades de maíz de ciclo corto.

**Palabras clave:** Tendencias, índices, RClimdex, cambio climático, Selva Lacandona.

## **ABSTRAC**

### **PERCEPTION OF CLIMATE CHANGE IN THE PERIOD 1964 TO 2019 AND IMPACTS ON AGRICULTURAL PRODUCTION, IN THE SELVA LACANDONA, MEXICO**

Climate change is a phenomenon that threatens the world's population and the planet's biodiversity; this phenomenon impacts differently on the various regions of the world and its effects also differ from one place to another, so studies at the regional and local levels are extremely important. This study analyzed the trends and impacts in maximum and minimum temperature and precipitation in the Selva Lacandona region during the 1964-1993 period. The calculation of the 27 indicators proposed for the study and analysis of climate change was carried out with the RClimdex program. The results obtained from the calculation of these indicators were supported by the perception of the local population, and indicate that there is an increase in maximum (TXx) and minimum (TNn) temperatures, a decrease in precipitation (PRCTOT) and rainfall concentrations (PRCR20mm), an increase in the number of dry days (CDD) and a decrease in the number of wet days (CWD). The delay and decrease in rainfall have caused delays in the planting of maize for up to 20-30 days, thus reducing yields by 20-25%, as well as extending the heat wave from 25-30 days to 40-45 days. The incidence of the bean bollworm and rust has become more recurrent, thus reducing production. According to the population's perception they are attributed to local and regional deforestation and pollution in general. The development policies promoted in the region have emphasized both deforestation and rising of local temperatures. The actions that are being implemented are at local level by establishing areas for conservation and use of short-cycle corn varieties.

**Keywords:** Trends, indices, RClimdex, climate change, Selva Lacandona

---

Thesis: Master of Science in Rural Regional Development. Chapingo Autonomous University.  
Author: José Luis Álvarez Vázquez  
Advisor: Genaro Aguilar Sánchez

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El cambio climático (CC) es un proceso natural que tiene lugar simultáneamente en varias escalas de tiempo astronómico, geológico o decenal. Se refiere a una variación en el tiempo del clima mundial de la tierra o de los climas regionales y puede ser causado tanto por fuerzas naturales como por las actividades humanas. Según el IPCC (2007), la mayor parte del aumento observado del promedio de temperaturas mundiales es desde mediados del siglo XX, a este fenómeno se le conoce como *recalentamiento mundial*, muy probablemente causado por las actividades humanas; sin embargo, los aumentos paulatinos de la temperatura no se distribuyen de manera uniforme en todo el mundo (Boillat y Berkes, 2013), esta situación afecta de diversa forma y grado las diversas regiones del planeta.

Las actividades agropecuarias son todas sensibles al clima. Los procesos de producción ya sea para alimentos, forrajes, bebidas, energía, o cultivos industriales o para el ganado, aves de corral, peces o los productos forestales están siendo afectados por el CC. Los medios de subsistencia con base agrícola, arriesgan el aumento de malas cosechas, pérdida del ganado, y la destrucción de las capacidades productivas de las poblaciones rurales que habitan las costas, las zonas de anegamiento y los deltas bajos de los ríos, las montañas y las tierras secas.

El estudio sobre el CC en las últimas décadas ha sido fundamental, para predecir sus alcances, la mitigación y la adaptación de la humanidad, por ello, han sido objeto de estudio, el conocimiento ancestral de los pueblos indígenas, datación de la cantidad de gases como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, entre otros GEI's en las diferentes etapas geológicas del planeta, empleando las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC's) de última generación.

En México, el gobierno ha expresado su preocupación por atender los problemas derivados del CC, al proceder a la formulación de planes y programas (Soares y

García, 2014). Un estudio sobre los costos del CC en México estima que para el año 2100, los del sector agropecuario serán de entre el 15 y 22% del PIB. En el año 2005, la temperatura provocó una caída de más del 13% en la producción agrícola. El área afectada fue de 669 mil hectáreas y los costos ascendieron a los 779 millones de pesos (SEMARNAT, 2009).

En Chiapas ha sido documentado disturbios hidrometeorológicos con consecuencias en el ámbito económico y social (Conservación Internacional, 2011; citado por Soares y García, 2014), estas investigaciones afirman que estos eventos han incrementado los niveles de pobreza y exclusión social. Ruiz (2014) citado por Soares y García (2014) menciona que el estado de Chiapas se encuentra en el penúltimo lugar de México en términos de capacidades y habilidades para enfrentar y recuperarse de los impactos del CC, es además el estado con mayor índice de pobreza a nivel nacional con 76.2% (CONEVAL, 2016), esta población vive en zonas de alta y muy alta marginación, habitando zonas aledañas a las áreas naturales protegidas.

Las actividades principales de la población son la agricultura de temporal (roza-tumba-quema), la ganadería extensiva, plantaciones de palma y extracción de productos no maderables; los efectos de estos cambios en estas actividades ya han empezado a ser percibidos por la población, al observar cambios en los patrones de precipitación, incremento de la temperatura, sequías más intensas, menor disponibilidad de agua en los arroyos e incendios cada vez más frecuentes.

Por ello, es fundamental generar información que exprese el contexto por la que atraviesa las comunidades de esta región o bien predecir el contexto de los siguientes años, además de identificar las adaptaciones y con ello generar algún plan de manejo que permita el aprovechamiento sustentable.

## 1.1 Antecedentes

El CC se está dando debido a un aumento de GEI's generando un aumento en la temperatura del planeta. Las investigaciones empíricas del CC en el sector agropecuario han observado que sus efectos están más asociados con el incremento de CO<sub>2</sub> (IFRI, 2009), por ello representa una seria amenaza para la sociedad mundial, debido a los múltiples impactos previstos en la población y en los sectores productivos (ONU y CEPAL, 2010).

Algunas estimaciones y efectos del cambio climático en cultivos, es el reportado por el IPCC, menciona que para el cultivo de maíz en la región de América Latina sufrirá importantes disminuciones hasta de un 15% en trigo y del cultivo de arroz en un 20%.

En Estados Unidos los rendimientos de maíz bajaron significativamente, precisamente por ello. En octubre de 2010, el United States Department of Agriculture y el National Agricultural Statistics Service reportaron un rendimiento de maíz inferior a lo esperado, debido también a temperaturas nocturnas altas durante la última temporada "no dieron a los cultivos el tiempo de "descansar" y limitaron el crecimiento del grano".

Estudios recientes realizados por INECC (2014) en el país menciona que ya se pueden observar cambios en reducción de la precipitación en la porción sureste desde hace medio siglo, el país se ha vuelto más cálido desde la década de 1960, las temperaturas promedio a nivel nacional han aumentado 0.85°C y las temperaturas invernales 1.3°C y se ha reducido los días más frescos habiendo un aumento de noches cálidas.

Ruiz, Flores, Regalado y Ramírez (2012) menciona que la diversidad climática, tecnológica, las condiciones sociales y económicas en las que se cultiva en México, imponen diferentes grados de vulnerabilidad por riesgos climático a los sistemas de producción; esto representa una seria amenaza para la producción de alimentos.

## 1.2 Justificación

Desde el punto de vista científico, el informe del IPCC (2007) establece que las actividades humanas son las principales responsables del CG y del CC, así como de los patrones del clima. La agricultura, por ser una actividad que se encuentra íntimamente relacionado con los elementos y factores climáticos es extremadamente vulnerable frente a estos. El aumento de la temperatura o menor precipitación termina por reducir la producción de los cultivos deseados, a la vez que provoca la proliferación de malas hierbas, plagas y enfermedades (IFRI, 2009).

El clima de una región influye de manera directa en la productividad de los cultivos, por lo tanto, un cambio en los climas regionales afecta de manera sistemática. En muchos países, especialmente en México y la Selva Lacandona, la población rural más pobre vive en áreas expuestas y marginadas. Para estas personas, un cambio mínimo puede tener un impacto desastroso en sus vidas y medios de sustento (Altieri y Nicholls, 2009) estos agricultores dependen de cultivos que potencialmente serán muy afectados (maíz, frijol, papa, arroz, yuca, camotes, etc.). La disminución de tan sola una tonelada en la productividad podría llevar a grandes desequilibrios en la vida rural.

El estado Chiapas ha sido clasificado como uno de los estados más vulnerables, tanto por sus condiciones geográficas y ecológicas como por su nivel de desarrollo socioeconómico (CONEVAL, 2016) . Los habitantes de la región de la Selva Lacandona enfrentan mayores riesgos. Su sistema agrícola depende del comportamiento de las lluvias durante el ciclo de producción, de la capacidad del suelo para captar el agua y conservar la humedad. La variación climática (VC) que está provocando el CC confieren incertidumbre en su productividad, normalmente los cultivos de temporal se ven afectados por el incremento de la temperatura, la escasez, el retraso o el exceso de lluvias, así como de fenómenos atípicos que se presentan.

Por lo anterior resulta fundamental realizar estudios a nivel regional y local con la finalidad de comprender los impactos, el comportamiento del clima regional, las acciones de adaptación y la forma en que la población está percibiendo estos cambios, a partir del análisis de datos climáticos disponibles en la región complementándolo con la percepción de la población.

### **1.3 Objetivo general**

- Realizar el cálculo y análisis de los índices de cambio climático para el periodo 1964 a 1993 con datos de las estaciones meteorológicas, complementando con la percepción de la población y sus impactos en la agricultura temporal y disponibilidad de agua en la región de la Selva Lacandona.

### **1.4 Objetivos específicos**

- Analizar la variabilidad climática de la región para el periodo 1964-1993 utilizando los datos de las estaciones climáticas de la región.
- Comprender la forma en que la población está percibiendo el cambio climático en el periodo 1994-2019.
- Generar calendarios agrícolas, que permitan visualizar los cambios en la agricultura de temporal.
- Analizar de manera general los efectos en los recursos naturales de la región.
- Identificar las acciones que está implementando la población local, para adaptarse a estos cambios.

### **1.5 Hipótesis**

La variabilidad climática regional tiene un impacto directo en la producción agrícola en la región de la Selva Lacandona y en el medio ambiente, provocando reducción en la producción, incremento en la temperatura, así como lluvias más

irregulares; estos acontecimientos incitan a la población a tomar medidas de adaptación.

## **CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Definición de cambio climático y sus orígenes**

Es importante definir y diferenciar dos conceptos importantes, el concepto de CG y CC. *Calentamiento Global*; se refiere a un aumento paulatino y gradual de la temperatura media de la superficie terrestre, y es responsables de las variaciones en los patrones climáticos, el término se utiliza para referirse al calentamiento de la superficie terrestre y está íntimamente relacionado con el incremento de la concentración de GEI's (González, Aguirre, Jiménez y Navar, 2003).

El *Cambio Climático* se define como “toda variación que ocurre en el clima a través del tiempo, resultado de la variabilidad natural o de las actividades humanas” (SEMARNAT, 2009), sin embargo, González et al. (2003), mencionan que el uso más apropiado y convencional, es para descubrir el cambio significativo que se presenta en la actualidad y que no parece relacionarse con las variaciones cíclicas naturales.

Los orígenes del CC actual se remontan 250 años atrás, el cual se relaciona íntimamente con las actividades humanas, en 1750 la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera era de 280 partes por millón (ppm) y en el año de 1990 la concentración era de 353 ppm (González et al., 2003) y de 415 ppm en el año 2019, según datos del Observatorio de Mauna Loa en Hawái, EU.

Se considera que la Revolución Industrial fue las una de las primeras y principales causas del CC, antes de ello la cantidad de GEI's era baja, con el inicio se empezó a notar un aumento en las temperaturas, 50 años más tarde se empezó a ver los primeros síntomas.

## **2.2 Consecuencias en la producción agrícola mundial y en México**

Toda actividad agrícola, pecuaria, forestal, acuícola se encuentra íntimamente relacionado con las condiciones climáticas locales, regionales y de una u otra manera con el clima global; es por ello que es extremadamente vulnerable al CC (IFRI, 2009); la agricultura, ya sea familiar o comercial es esencial para el suministro de alimentos y con ello satisfacer una de las primeras necesidades básicas del ser humano “alimentación” (FAO, 2016).

Se estima que en los países en desarrollo, el número de familias dedicadas a la agricultura en pequeña escala es de unos 475 millones y a nivel mundial esta cifra supera los 750 millones dando soporte y medio de vida (FAO, 2016).

Un cambio en las condiciones climáticas afecta de manera significativa en la seguridad alimentaria de la población mundial (FAO, 2007). Los fenómenos climáticos extremos actuales ya tienen repercusiones sobre la producción agroalimentaria mundial y su distribución. Es probable que los cambios graduales en la temperatura y la precipitación medias sean discontinuos, ya sean positivos o negativos. Pueden incluir (FAO, 2007):

- Crisis en la adaptabilidad de las tierras de cultivo para diferentes cultivos y pasturas.
- Aumento en la incidencia y vectores de diferentes tipos de plagas y enfermedades.
- Pérdida de la biodiversidad y del funcionamiento del ecosistema en los hábitats naturales.
- Disminución en la superficie de las tierras arables debido a la creciente aridez.
- Cambios en las oportunidades para los medios de subsistencia.
- Migración interna e internacional.

Las estimaciones en la reducción de los rendimientos en maíz, arroz y trigo son de 2, 14.4 y 28% en los países en desarrollo y de 1.2, 3.5 y 6% en los países

desarrollados, un incremento de más del 100% en los precios, así como una pérdida que va del 10-23% de la producción mundial (Viguera, Donatti, Harvey y Alpizar, 2017).

Los impactos y pérdidas económicas serán cuantiosos. Debido a que la agricultura será uno de los sectores más afectados por el cambio en las temperaturas y precipitaciones (Viguera et al., 2017). Para los países de América Latina donde la agricultura predominante es de pequeña y media escala y que se desarrolla por familias rurales y comunidades indígenas con pocos recursos económicos, son más vulnerables aún frente a estos impactos esperados (IFRI, 2009).

La actividad agropecuaria en México se distribuye de la siguiente manera, 26.9 millones de hectáreas son destinados para la agricultura de los cuales 6 millones de hectáreas son de riego y el resto es de temporal, 109.8 millones de hectáreas se encuentra destinado para actividades ganaderas, silvopastoriles, explotación de actividades forestales y 120 mil hectáreas son de acuacultura; se estima que cerca de 8 millones de familias se dedican a diversas actividades agropecuarias (SIAP, 2016).

Estudios realizados por Ruiz (2012), Conde (2006) e INECC (2014) indican y proyectan que la agricultura mexicana es particularmente vulnerable al CC y dichas predicciones no son alentadoras para los grandes productores de maíz y trigo en Sonora y Sinaloa. Para el caso de los millones de pequeños campesinos y su milpa, el futuro es aún más incierto. Las predicciones no son nada favorables para la producción agrícola. En el Norte las sequías prevalecerán, en el Centro las heladas y las inundaciones amenazan los cultivos; en el Sur aumentaran las lluvias extremas y los huracanes (GREENPEACE, 2010).

De lo anterior se puede decir que el cambio climático tiene un carácter regional. Es decir, que no afecta a todas las regiones del mundo de la misma manera (Ruiz, 2012), de ahí la importancia de los estudios a realizarse por países y a nivel regional.

### **2.3 Estudios sobre el cambio climático**

Las evidencias de cambios en el clima y eventos extremos ha impactado en todos los sectores de la sociedad actual (científico, económico, cultural y político), la estrecha relación del clima con la sociedad ya sean industrializadas avanzadas o con menor grado de desarrollo, hacen que, los esfuerzos destinados a comprender con mayor precisión cómo está cambiando el clima se estén multiplicando (Pinilla, Rueda, Pinzón y Sánchez, 2012).

Los enfoques de las ciencias naturales han abordado la explicación y entendimiento del clima a través de su conceptualización como los fenómenos cambiantes de la atmósfera y su interacción a diversas escalas con el mar y el continente (Lozano, 2004). Desde la perspectiva de las ciencias sociales, el clima es ante todo el resultado de la forma en que los individuos perciben, se apropian e interpretan los eventos meteorológicos y climáticos que ocurren a su alrededor. Por lo tanto, el concepto de clima es una construcción cultural que se elabora a partir de procesos materiales, y simbólicos y que denota aspectos culturales, espaciales e históricos (Pinilla *et al.*, 2012).

Los pueblos indígenas tienen un amplio conocimiento y conjunto de indicadores utilizados para predecir y percibir el clima, incluidos indicadores de plantas y animales. La etnoclimatología es una herramienta esencial para comprender y predecir el clima cambiante a falta de datos climáticos en las estaciones climáticas, así como los impactos en la agricultura mundial. Los diversos pueblos y comunidades indígenas conocen índices ecológicos complejos que ordenan la interrelación de los ciclos del agua, los vientos y la temperatura, así como sus efectos en los ciclos productivos de los peces, la fauna terrestre y los frutales silvestres (Echeverri, 2010)

Los diversos estudios realizados en este tema, están relacionados con los aspectos físicos del proceso y con enfoque político-económico, tanto de gobiernos como de empresas (Barrasa, 2017); estos estudios, modelos y proyecciones son efectivos a escala global, mientras que a una escala local es

limitada, por lo que es de suma importancia y necesaria las investigaciones sobre las observaciones y percepciones tanto de los pueblos indígenas como de las poblaciones campesinas tradicionales, quienes proporcionan datos climáticos a nivel local y pueden ayudar a validar los datos de modelos globales o estadísticos (Fernández *et al.*, 2014).

La complejidad y magnitud para enfrentar el CC, nos obliga a mantener la mente abierta ante todo tipo de aportaciones, científicas o no (Barrasa, 2017). Jori (2009) enfatiza que, el conocimiento de las actitudes sociales ante el cambio climático posee un valor extraordinario de cara a responder con estrategias de “altas miras” al reto que presenta la problemática ambiental; por lo que, es conveniente conocer las actitudes y opiniones de los individuos, el saber del ciudadano, basado, fundamentalmente, en las experiencias vividas, puede resultar de gran utilidad a la hora de definir políticas eficaces contra el calentamiento global. También recalca que no hay que menospreciar ni minusvalorar el conocimiento que atesoran los ciudadanos en esta materia, ya que, en ocasiones, este capital cognitivo podría producir resultados más fructuosos que los cosechados hasta el momento por técnicos, científicos y políticos. En palabras de Jori (2009) “el diálogo social se antoja, entonces, como indispensable para alcanzar un entendimiento profundo de las variables interrelacionadas de un problema que traspasa la tradicional visión de las disciplinas científicas”.

#### **2.4 Importancia de los estudios regionales sobre cambio climático y su relación con agricultura.**

Actualmente existen múltiples investigaciones que se han enfocado en la evaluación de los impactos de cambio climático, es imprescindible crear indicadores que sean capaz de medir los impactos que está generando, esto dado por el sistema socio-económico actual (COPAIDE, 2015), Martelo y Pérez (2010) mencionan que para evaluar los impacto se requieren de indicadores de al menos 4 sectores; condiciones ambientales generales; productividad ecológica y agrícola; debe de considerarse de igual manera el bienestar social, la economía

local y la salud humana (COPAIDE, 2015); estos indicadores deben ajustarse a cada uno de los países que requieren realizar una evaluación.

La fenología de las plantas se encuentra íntimamente relacionado con las condiciones climáticas (Gordo y Sanz, 2010; citado por Hernández, 2012) se ha convertido en uno de los bioindicadores más fiables del CC (Hernández, 2012). La fenología estudia la secuencia temporal de las distintas fases periódicas de las plantas y sus relaciones con el clima y el tiempo atmosférico (Granados y Sarabia, 2013), cada planta presenta límites mínimos, óptimos y máximos; algunos susceptibles a las temperaturas altas en las primeras fases fenológicas y otras pueden resistir posteriormente altas temperaturas, igualmente la oportuna cantidad de agua es vital (Granados y Sarabia, 2013).

Diversos estudios han demostrado que las plantas han respondido al cambio climático en dos formas principales, migración y adaptación, sin embargo, en la actualidad, la fragmentación del hábitat hace imposible la migración (Alvarado, Foroughbakhch, Jurado y Rabasa, 2002).

Se sabe que la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico afecta de manera directa la fisiología estomatal, la cual es de vital importancia para el intercambio de CO<sub>2</sub> entre las plantas y la atmósfera (Alvarado et al., 2002), las plantas responden a los desequilibrios causados por las variaciones ambientales, estos ajustes son principalmente cambios en la capacidad bioquímica para la asimilación de recursos, en biomasa y en la tasa de pérdida de tejido.

El incremento de la temperatura afecta de manera directa en la fisiología de las plantas, el estrés por calor causa cambios morfo-anatómicos, fisiológicos, y bioquímicos; afectan su crecimiento y su desarrollo y pueden conducir a una drástica reducción del rendimiento y los ingresos económicos (Wahid et al., 2007; citado por Jarra, Cardona y Araméndiz, 2012).

Estudios y experimentos en las últimas décadas en Europa han demostrado efectos en la fenología, provocando en la mayoría de los casos un adelanto de

los eventos fenológicos de primavera. Algunos de estos estudios son los reportados por Bergant, Kajfez y Crepinsek (2002) quienes predijeron que para Eslovenia, el diente de león (*Taraxacum officinale*) adelantaría el inicio de la floración en cinco días para el año 2019 y en 10 a 11 días para el 2049, otros estudios como el de Spano, Cesaraccio, Duce y Snyder (1999), evaluaron la sensibilidad natural de nueve especies a la variabilidad climática en Sardinia, Italia, durante el periodo 1986-1996 y donde cinco de las especies son típicas mediterráneas y cuatro son típica de altas altitudes, reportan que se encontró una buena relación entre la aparición de las fenofases y la temperatura en las especies mediterráneas. Estos estudios confirman la fuerte relación existente entre las especies alimenticias y los climas regionales.

## **2.5 Consecuencias en la agricultura de temporal**

Los incrementos en la temperatura y las variaciones en la precipitación afectan de manera directa la agricultura y con ello la seguridad alimentaria del país. En México, el maíz está muy ligado a la cultura y a los hábitos alimenticios, además, es el cereal más utilizado para la alimentación humana en el planeta (Kato, Mapes y Mera, 2009; citado por Castillo, 2009). Existen un total de 59 razas y miles de variedades que han sido reconocidas en México, estas razas se han adaptado a las diferentes condiciones climáticas y con diversos usos (Ureta, Martínez, Perales y Álvarez, 2013).

El aumento de la temperatura genera problemas en la polinización, incremento de la respiración, disminución de la fotosíntesis, reducción de las etapas de desarrollo y en consecuencia un acortamiento del ciclo fenológico; mientras que temperaturas bajas detienen o reducen su crecimiento y desarrollo (Ahumada, Velázquez, Flores y Romero, 2014).

Con el aumento de las temperaturas se espera que las regiones productoras de maíz del país se vean gravemente afectadas; Ahumada et al. (2014) reportan una reducción de la superficie de maíz en las zonas de trópico, subtropical, y

transicional y un incremento de esta superficie en valles altos y muy altos, según las proyecciones para los periodos 2011-2020, 2031-2040 y 2051-2060.

Para el caso del frijol, el estrés por temperatura se incrementa la tasa de respiración fotosintética, además, las altas temperaturas reducen la viabilidad del polen, el crecimiento del tubo polínico y la fertilización del ovario (Hall, 2014; citado por Lara, 2015), se espera una reducción de la superficie en las regiones tropicales y un ligero aumento en las regiones más templadas con presencia de heladas, hecho que confirma que los climas regionales están cambiando rápidamente.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 Proceso de desarrollo de la región Selva Lacandona**

Hablar de región es algo complejo e impreciso a la vez, las regiones se han establecido debido a las diferencias entre un territorio y otro, en muchas ocasiones estas diferencias son relativas (Espejo, 2003). Palacios (1983) comparte dos significados fundamentales, el primero, hace una referencia a la noción abstracta, donde hay semejanza u homogeneidad, el segundo se utiliza para identificar porciones determinadas de la superficie terrestre, es decir denota ámbitos concretos de la realidad física y sus elementos. Una región tiene sentido y existencia sólo cuando en ella se asienta un conglomerado humano que es el que le otorga forma y extensión (Palacios, 1983).

Ruiz (1989) enfatiza que a lo largo del tiempo, el concepto de región ha sufrido numerosos cambios y para su delimitación se han establecido diversos criterios, que van desde los establecidos por el pensamiento positivista y el neopositivismo; podemos hablar de regiones hidrográficas, funcionales, históricas, político administrativas, naturales, económicas, entre otras, la delimitación depende en gran medida de los intereses que se tenga sobre dicha región (Ruiz, 1989).

La región, hoy conocida como Selva Lacandona fue bastante explorada durante los siglos XVI y XVII por los exploradores españoles. En los siglos XVIII y XIX volvió a ser un área prácticamente desconocida, sobre todo por el estado de Chiapas; fue hasta 1885, cuando se iniciaron los trabajos de deslinde para fijar los límites entre México y Guatemala, cuando empezó a cobrar importancia. El aprovechamiento forestal en la Lacandona se inicia en el año 1860 con Felipe Marín, quién echó 72 trozas de caoba y cedro en el río Lacantún y recuperó 70 de ellas en Tenosique, Tabasco (De Vos y Odile, 2016). Este hecho dio inicio a un proceso de extracción de maderas preciosas (cedro y caoba), en donde capitales nacionales y extranjeros invirtieron para extraer enormes volúmenes de madera; durante la década de 1950 una gran cantidad de colonos indígenas y mestizos decidieron penetrar la selva desde el oeste y el norte; por otra parte, el gobierno intervino en la Selva Lacandona y dio inicio al proyecto denominado “Marcha al Mar” lanzado por el presidente Ávila Camacho, dicho propósito era integrar las tierras ociosas de los estados del Sur a la dinámica económica del país (De Vos y Odile, 2016), para 1970-1975 grupos indígenas de Choles, Tzeltales y Tzotziles provenientes de la parte norte y centro de estado arribaron a esas tierras y conformaron los centros de población actual.

### **2.2.2 Políticas de desarrollo en relación al cambio climático en México**

Los países a nivel mundial y especialmente México posee una visión empática con la creciente inquietud mundial sobre el cambio climático, de manera que la vigilancia del fenómeno ha sido impulsada desde el propio gobierno central. Por las características físicas del país, la variación climática no repercute espacialmente de manera similar en el territorio (Santéz, 2015).

La problemática del desarrollo rural no solo implica proponer intervenciones ya sea a nivel de políticas públicas, al nivel de una ONG u otras, sino que, cualquier alteración en sus componentes ya sea social, económico, productivo, climático o ambiental, reconfigura por completo todas las actividades que se desarrollan dentro de ella (Kay, 2005) y el tema del CC es una problemática que engloba en

su conjunto los componentes regionales y que repercute en el desarrollo del mismo.

Para el caso de México existen Leyes federales con temas ambientales y de desarrollo, algunos de estos son la Ley General de Bienes Nacionales, Ley de Planeación, Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Ley de Desarrollo Sustentable, Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Santéz, 2015), en su conjunto buscando contrarrestar la emisión de GEI's y un desarrollo más armonioso con el medio ambiente en el País.

Dentro del contexto de desarrollo rural debe incluirse mecanismos de adaptación sobre el CC, ya que a través de la capacidad de respuesta es posible conocer si los sistemas o componentes regionales están siendo resistentes a los cambios. Conocer las respuestas locales para afrontar los retos ambientales resulta esencial para la planificación a largo plazo, ya que en la formulación de políticas es más efectivo tener una clara comprensión de los escenarios climáticos locales y regionales, así como de las estrategias y capacidades locales de adaptación (Campos, Herrador, Manuel y McCall, 2013).

### **2.2.3 Políticas, estrategias de mitigación y adaptación mundial frente a las estrategias campesinas**

Si bien, el CC tiene sus orígenes en la revolución industrial y es producto del desarrollo impulsado por los países altamente industrializados, cuyo mecanismo, está basado en el aprovechamiento desmedido e irracional de la naturaleza, la privatización de los recursos naturales, generación de desigualdades sociales, incrementar la pobreza, despojar a campesinos e indígenas de sus territorios y acumular la riqueza mundial en un porcentaje reducido (Lang y Santillana, 2013); sus repercusiones no se limita en las fronteras de dichos países, sus impactos es mayor en los países pobres. Centenares de millones de personas viven a diario los impactos de estas severas transformaciones: sequías, inundaciones,

reducción de la disponibilidad de agua, pérdida de la diversidad genética, calores extremos, pérdidas masivas de cosechas, etc. (Lander, 2013) producto del CG, del CC y de las alteraciones climáticas regionales.

El desarrollo actual (Capitalismo del siglo XXI) se presenta como sustentable, verde y benévolo (Lang y Santillana, 2013). En el cual, el crecimiento y el desarrollo tengan en cuenta las preocupaciones de la sustentabilidad (combate al cambio climático, biodiversidad, energía, inclusión social y erradicación de la pobreza, etc.)(Moreno, 2013). Dentro del repertorio de la economía verde también se ubican políticas públicas de combate al CC como, el comercio de emisiones de carbono, Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) y la financiación para la Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación ( REDD+), en el ámbito de la biodiversidad esquemas de pagos por servicios ambientales, todos con la finalidad de combatir y mitigar los efectos del CG (Moreno, 2013) por ello instituciones internacionales y países desarrollados han implementado la creación de un “Fondo Verde” (Moreno, 2013).

Al analizar de fondo, en que consiste este nuevo mecanismo de combate al CC y la incorporación de nuevos activos naturales, intelectuales; identificamos a este nuevo modelo de desarrollo como una narrativa unificadora del capital financiero, al servicio de un nuevo paso de acumulación de los recursos naturales y monetario en unas pocas corporaciones a nivel mundial (Moreno, 2013).

Frente a estos modelos hegemónicos de producción y de combate al cambio climático, coexisten de manera yuxtapuesta y subsumida una serie de agriculturas y cosmovisiones que pueden transformarse en alternativas productivas y excelentes estrategias de adaptación, potenciando a los diferentes actores subalternos de los mundos rurales, no solo de México, sino del mundo entero.

Estudios recientes revelan que muchos agricultores se adaptan e incluso se están preparando para enfrentar los cambios radicales que se avecinan, procurando minimizar las pérdidas de la productividad a partir del uso de

variedades locales tolerantes a la sequía, cosecha de agua de lluvia, policultivos, agroforestería, deshierbes oportunos, recolección de plantas silvestres y una serie de técnicas tradicionales (Altieri y Nicholls, 2013).

La tecnología indígena y tradicional es una fuente de información invaluable para enfrentar los cambios (Altieri y Nicholls, 2013), además de que practican diferentes tipos de agricultura que proporcionan a los agroecosistemas una capacidad de resiliencia ante los continuos cambios económicos y ambientales; otros panoramas alternativos para el combate y mitigación al cambio climático son el Buen Vivir (Unceta, 2014) y las agriculturas alternativas (agricultura de escala familiar/campesina, agricultura de subsistencia campesina, agricultura orgánica, la agroecología, permacultura, agricultura ecológica, agricultura biodinámica, agricultura sinérgica, agricultura sustentable, bosque de alimentos y agricultura natural), cada una de ellas con sus propias especificidades, en el fondo, todos buscan armonía entre hombre y naturaleza, buscan la armonía de los cultivos entre si y el cuidado del suelo (Pastor, Concheiro y Wahren, 2017).

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA**

La investigación tiene una temporalidad dividido en dos periodos; el primer periodo corresponde a los años de 1964-1993, que son los años en los que las estaciones meteorológicas instaladas en la región cuentan con datos, con estos se pudo realizar el cálculo de los índices de cambio climático con el programa RClimdex; el segundo periodo corresponde del año 1994 al 2019, años sin datos en las estaciones y se tomó en cuenta la percepción de la población local, en cómo, el cambio climático es percibido y está afectando a la producción agrícola, y las alternativas que están realizando para poder adaptarse a estos cambios.

### **3.1 El área de estudio**

La región Selva Lacandona, localizado en la parte este del estado de Chiapas; tiene una superficie de 16,511.48 km<sup>2</sup> y está conformado por los municipios de Ocosingo, Altamirano, Benemérito de Las Américas, Marqués de Comillas, Catazajá, Palenque y La Libertad, las coordenadas son 16°04'12" a 17°26'24" LN y 90°22'48" a 92°02'24" LO, la figura 1 muestra la ubicación del área de estudio.

El territorio de la región tiene una altura que va de los 60 msnm en la parte este del municipio de Ocosingo y hasta los 1100 msnm en la parte oeste colindando con el municipio de Altamirano. La orografía está constituida por lomeríos suaves y abruptos, la geología es de rocas sedimentarias formados por acumulación de sedimentos que dan lugar a materiales más o menos consolidados, como son calizas y las lutita-areniscas. En la parte sureste, por acarreo de las corrientes de la sierra hay presencia materiales aluviales, y en menor proporción y hacia el norte hay formaciones con estratos de lutita (INEGI, 2010).

Los suelos presentes en la mayor parte de territorio son de tipo rendzina formado por la erosión de rocas blandas de carbonato (piedra caliza, yeso, etc.) tienen un alto contenido de humus y su color es grisáceo-marrón, estos suelos presentan poca profundidad. También existe la presencia de gleysoles en las partes bajas

de las sierras y lomeríos, caracterizándose por estar anegados y con color gris, azulado o verdoso, en la porción sur se puede encontrar suelos de tipo vertisol que se distinguen por sus arcillas expansivas y generalmente de color negro, son suelos relativamente fértiles (CEIEG, sf).

El clima es cálido húmedo con precipitaciones abundantes en verano. La precipitación varía de los 2,500-4,000 mm anuales, la temperatura oscila entre los 22-35°C. estas características climáticas dan como resultado la presencia de la selva alta perennifolia, propio de ambientes húmedos y cálido, esta área es considerado uno de los ecosistemas de mayor productividad y biodiversidad de México y del mundo (CEIEG, sf) y para su protección se creó la Reserva de la Biosfera Montes Azules mediante el decreto presidencial, publicado el 12 de enero de 1978.

Esta selva tropical tenía una extensión original de aproximadamente 1,300,000 hectáreas (ha), para 1982 se habían transformado 584,178 ha, es decir, el 45% de la superficie total arbolada, sin embargo, sigue siendo el hábitat de una gran variedad de la flora y fauna silvestres de México. En el 2006-2007 fue caracterizado como “Sitio I de extrema prioridad o irremplazable”, por tener los más altos valores de importancia biológica (De Ita, 2018); de acuerdo con el informe de la SEMARNAT (2000) una hectárea puede albergar 160 especies de plantas vasculares y hasta 7,000 árboles y en un solo árbol pueden existir 70 especies diferentes de orquídeas, cientos de especies de escarabajos, hormigas y otros insectos. Se han registrado 500 especies de mariposas diurnas, el 27% de los mamíferos y 30% de las aves de todo el país.

La Selva Lacandona contiene un importante y complejo sistema hidrológico, que representa el 53% de la cuenca del río Usumacinta. Este río en conjunto con el Grijalva, forma la región hidrológica de mayor extensión en México (82,976 km<sup>2</sup>), con un escurrimiento medio anual de 100 mil millones de m<sup>3</sup> (Rubio y Triana, 2006), que representa el 35% de los recursos hidrológicos superficiales del país y el 30% de la energía hidroeléctrica generada a nivel nacional.

La región de la Lacandona es un mosaico cultural, está conformada por cientos de ejidos, poblados y rancherías, sobresalen 5 comunidades principales que conservan y poseen cerca del 50% de la superficie total, estas son Lacanjá Chansayab, Metzabok, Najá, Frontera Corozal y Nueva Palestina (SEMARNAT, 2000), en este mismo espacio conviven tseltales, choles, lacandonos, mames, mestizos, tzotziles, entre muchas otras lenguas; el tipo de tenencia de la tierra es ejidal, pequeña propiedad y comunal con una dotación de 70 hectáreas por comunero en las 5 comunidades principales (Tejeda y Márquez, 2004).

Estas comunidades se han caracterizado por ser de economía campesina de autoconsumo, con una producción mercantil complementaria basada en el cultivo del chile, café, cría de cerdos, becerros, recolección de palmas y explotación forestal, es decir se le ha visto como una unidad bien diferenciada de otras regiones por la relación íntima que existe con la naturaleza (SEMARNAT, 2000).

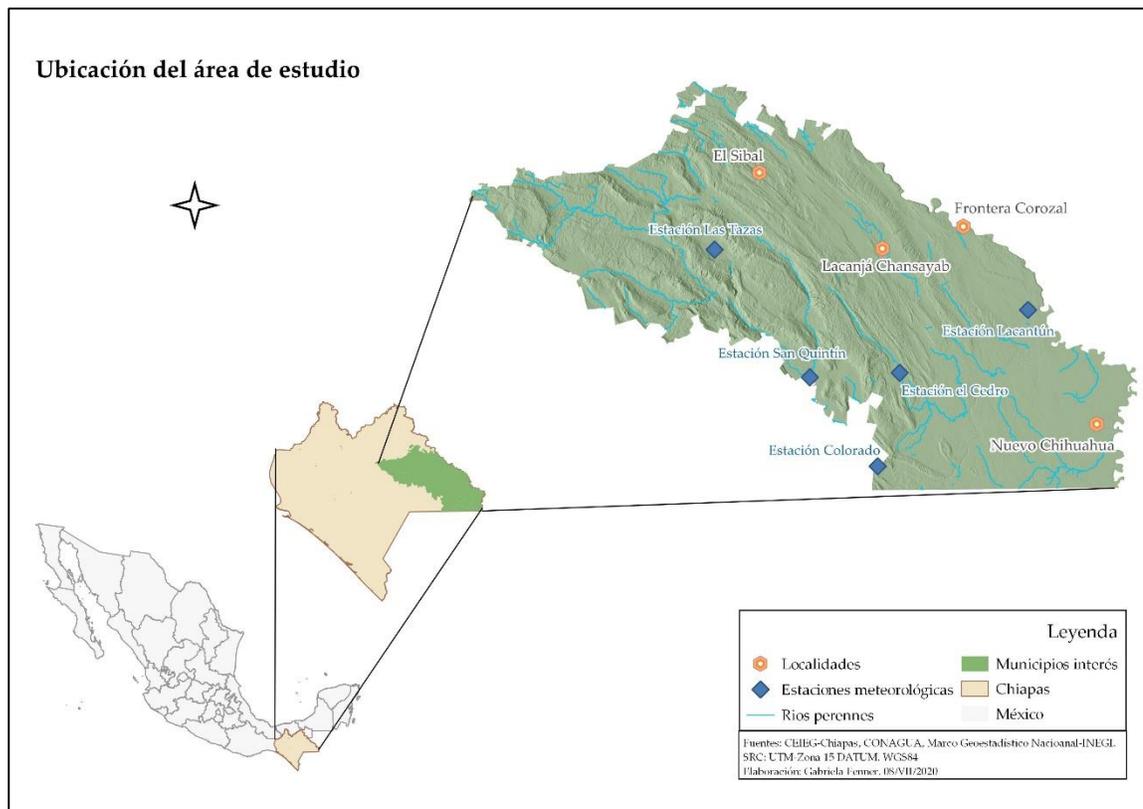


Figura 1. Ubicación del área de estudio y de las estaciones climáticas

### **3.2 Tipo de muestreo y tamaño**

Los métodos de muestreo mixtos surgen como un paradigma de investigación y en plena consolidación (Johnson y Christensen, 2008; Johnson y Onwuegbuzie, 2004). Tashakkori y Teddlie (1998) definen el diseño mixto como un estudio en donde se aplican diferentes abordajes en una o varias fases del proceso de investigación, combinando métodos cualitativos y cuantitativos en diversas formas y secuencias. Este tipo de estudio no se limitan a la simple recogida de datos de diferente naturaleza, sino que implica: combinar la lógica inductiva con la deductiva (Berman, 2010; citado por Castañer y Camerino, 2013). El tipo de estudio realizado para este trabajo fue de tipo mixto (cuantitativo y cualitativo), para la parte cuantitativa, se utilizó series de datos de las estaciones climáticas que se encuentran instaladas dentro de la región de la Selva Lacandona, para posteriormente realizar un análisis de tipo estadístico con el programa R y en la parte cualitativa se utilizó una guía de preguntas semiestructuradas, con la finalidad de recabar la información pertinente para el estudio. El método de muestreo utilizado fue el de bola de nieve y se define como una técnica para encontrar al objeto de investigación. En la misma, el sujeto entrevistado da al investigador el nombre de otro, que a su vez proporciona el nombre de un tercero, y así sucesivamente (Atkinson y Flint, 2001). En un principio se identificaron a actores claves, estos son; personas radicando por lo menos 30 años en la localidad y con amplio conocimiento sobre los temas ambientales y productivo; el tamaño de la muestra se consideró suficiente cuando la respuesta de los entrevistados se fue repitiendo, en total se realizó un total de 35 entrevistas en 4 localidades. La edad promedio de los entrevistados fluctuó entre los 26-65 años.

### **3.3 Materiales e instrumentos**

Se requirió de vehículo para poder acceder a las comunidades con difícil acceso y transporte escaso; también se requirió equipo de papeleo (bolígrafos, encuestas impresas y carpetas), con la finalidad de documentar lo mejor posible las evidencias.

### **3.4 Descripción del programa RClimdex**

RClimDex fue desarrollado por Byron Gleason del Centro Nacional de Datos Climáticos (NCDC) dependencia adjunta a la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), uno de los principales objetivos de construir índices de extremos climáticos es para usarlos en estudios de monitoreo y detección de CC; RClimdex ha sido usado en talleres de la Comisión de Climatología Internacional y por el grupo de Clima y océano: variabilidad, previsibilidad y cambio (CCI/CLIVAR), para el cálculo de Índices de extremos climáticos, monitorear y detectar CC desde el 2001. Calcula todos los 27 índices básicos recomendados por el Equipo de Expertos de CCI/CLIVAR para “Climate Change Detection Monitoring and Índices” (ETCCDMI) así como también otros índices de temperatura y precipitación con límites definidos por el usuario (Zhang y Yang, 2004).

### **3.5 Datos climáticos**

Los datos climáticos de temperatura máxima, mínima y precipitación fueron descargados de la página oficial del Servicio Meteorológico Nacional en el apartado de climatología y climatología diaria, que contiene la información climática de todas las estaciones climáticas del país (<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>).

Las estaciones utilizadas para el cálculo de los índices se muestran en el cuadro 1. Aunque en el siguiente cuadro se expresa un mayor número de años de datos disponibles, solo se consideró el periodo de 1964-1993, ya que son los años con el mayor número de datos disponibles.

Cuadro 1. Ubicación de las estaciones en el área de estudio

Estado	Municipio	Nombre	Clave	Ubicación	Años con datos
Chiapas	Ocosingo	Las Tazas	07107	16.759 LN -91.615 LO	25 años (1965-1993)
		Nva. Esperanza	07121	16.45 LN -91.133 LO	37 años (1957-1993)
		El Colorado	07044	16.15 LN -91.15 LO	25 años (1970-1994)
		Lacantún	07337	16.581 LN -90.702 LO	38 años (1980-2016)
		San Quintín	07151	16.406 LN -91.346 LO	27 años (1964-1990)

Fuente: Elaboración propia con datos del SMN 2019.

### 3.6 Generación de los indicadores por RClimdex

Los datos de entrada requeridos RClimdex debe estar organizado de acuerdo a la figura 1, las unidades de Temperatura deben ser en grados centígrados (°C) y el de Precipitación en milímetros (mm) y estar en extensión texto (txt). El orden de las columnas es: Año, Mes, Día, Pp en mm, Tmáx y Tmín en °C.

Después de cargar los datos climáticos RClimdex realiza un Control de Calidad (CC) interno, lo cual es indispensable para el cálculo de los indicadores, y consta de un CC interno y uno realizado por el usuario.

El Control de Calidad de RClimdex se rige bajo el siguiente procedimiento:

- a) Reemplaza todos los datos faltantes (actualmente codificados como 99.9) en un formato interno que reconoce R (NA, no disponible) ver figura 1.

b) Reemplaza todos los valores no razonables por NA. Estos valores incluyen: cantidades de precipitación menores que cero y temperatura máxima diaria menor que la temperatura mínima diaria.

1980	5	31	-99.9	-99.9	-99.9
1980	6	1	-99.9	-99.9	-99.9
1980	6	2	-99.9	-99.9	-99.9
1980	6	3	-99.9	-99.9	-99.9
1980	6	4	0	31	21
1980	6	5	1	35	24
1980	6	6	0.3	33.5	21.5
1980	6	7	17.2	28	20
1980	6	8	16	30.5	21
1980	6	9	70.4	31	23
1980	6	10	3.1	31	21
1980	6	11	20.4	30.5	22
1980	6	12	26	30.5	22
1980	6	13	79.6	29	22
1980	6	14	77.8	28	20

Figura 2. Organización de los datos en el programa RClimdex para el cálculo de los índices

El cálculo de los índices y tendencias se realizó una vez proporcionado todos los valores antes mencionados y se procedió a su análisis.

En el apéndice A se desglosa todos los índices calculados RClimdex, sin embargo, para propósitos de este estudio solo se consideraron las variables temperatura que se desglosa en el cuadro 2 y son las que la población local percibe de una manera más inmediata.

### 3.7 Procedimiento para el cálculo de los índices del periodo 1964 a 1993

La temperatura y la precipitación, son los dos elementos más importantes del clima, son altamente condicionantes: el primero de los procesos biológicos de la fotosíntesis y el segundo de la frondosidad y diversidad de la vegetación y la producción de los cultivos (Campos, 1999; Allen et al., 1989; Chávarri, 2004, citado por Velasco y Pimentel, 2009); de ahí la importancia del estudio y análisis

de estas dos variables esenciales del clima, así como las variaciones y cambios que se han venido presentando por los efectos del CG y del CC.

Cuadro 2. Índices calculados y analizados

Código	Indicador (unidad)	Detalle	Agrupación
01	CDD (Días)	Número de días secos consecutivos en un año	Asociados al comportamiento de la precipitación y de eventos extremos de lluvia
02	CWD (Días)	Mayor número de días húmedos consecutivos en un año	
07	PRCTOT (mm)	Precipitación total al año	
09	R20mm (Días)	Días en un año con lluvia mayor a 20mm	
20	TNN (°C)	Temperatura nocturna mínima	Asociado al comportamientos de la temperatura mínima (temperatura en la noche)
27	TXX (°C)	Temperatura diaria máxima: valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria	Asociado al comportamiento de la temperatura máxima (temperatura en el día)

Fuente: Zhang y Yang (2004).

El uso de los extremos climáticos resulta una herramienta fundamental para comprender la evolución de los fenómenos climáticos atípicos o fenómenos extremos, como son inundaciones en zonas costeras, calor extremo, sequía, inundaciones y variabilidad en los extremos de la precipitación, también resulta útil para la clasificación agroclimática de los cultivos y uno de los más usados, es el sistema de clasificación climática de Papadakis, esta clasificación considera las temperaturas máximas de las máximas y la mínimas de las mínimas, así como la distribución de la precipitación y sus variaciones.

Para el cálculo y análisis de los índices se utilizó el programa RClimdex, este programa calcula los 27 índices propuestos por los expertos en cambio climático a nivel mundial. En el siguiente enlace <https://acmad.net/rcc/procedure/RClimDexUserManual.pdf> se puede consultar a detalle sobre los procedimientos a seguir para la descarga e instalación del programa, así como el orden de los datos, formatos de archivos creados, las

diferentes gráficas que se generan, y forman parte de los resultados y la forma de analizar e interpretar.

En el apéndice A se desglosa el significado de cada uno de los índices calculados y en el B se desglosa los resultados obtenidos por cada estación meteorológica. Para propósitos de este estudio se analizaron los índices de temperatura máxima, mínima y de precipitación para cada una de las estaciones.

### **Fase de campo: entrevistas a productores**

Para la fase de campo se procedió a la elaboración un guión cuyo contenido es lo siguiente.

1. Describa las características ambientales de hace unos 30-35 años en la localidad, así como las características de producción en la milpa. ¿Cómo percibe los cambios?
2. ¿Cuáles son los principales cambios que ha notado en los últimos años?
3. ¿Ha afectado los periodos de siembra, cosecha, rendimiento y en los ingresos?
4. ¿Qué acciones está realizando o dentro de la comunidad para adaptarse a estos cambios?

Las respuestas encontradas fueron clasificadas en cuatro grandes dimensiones (ambiental, productivo, económico y social) con la finalidad de poder analizar las respuestas y cuyos resultados encontrados son los siguientes.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad de las personas entrevistadas fluctuó entre los 26-65 años de los cuales 70% fueron hombre y 30% fueron mujeres. De las 35 personas entrevistadas, 11 no cuentan con ningún grado de escolaridad, 18 cursaron algún grado de primaria, estos saben leer y escribir; 5 cuentan con secundaria terminada.

Para el análisis de los resultados calculados por el programa RClimdex y lo recabado a partir de las entrevistas se procedió a realizar una síntesis basado en cuadros (3 y 4), primero se hizo un análisis de los índices durante el periodo 1964-1993 al interpretar y analizar los datos calculados por el programa y posteriormente se complementó con la aportación que realizaron los entrevistados, teniendo así una mejor comprensión de la situación que se está viviendo en la región de la Selva.

### **4.1 Comportamiento de los índices durante el periodo 1964-1993 calculados por RClimdex**

De acuerdo con los resultados calculados por RClimdex existe una tendencia en el incremento de las temperaturas a nivel regional desde los 60's, concentración de las lluvias, aunque estos no resultan ser significativos; cabe aclarar que los cambios más drásticos percibidos por la población son los últimos dos décadas, periodo que carece de registros climáticos. El cuadro 3 resume el comportamiento de los índices calculados, el cuadro 4 expresa la forma en cómo la población local está percibiendo los cambios, las acciones que están realizando y las instituciones que tienen una presencia en la región.

Cuadro 3. Valor de los índices de extremos climáticos

<b>ESTACIÓN</b>	<b>PRCTOT</b>	<b>R20m</b>	<b>TXX</b>	<b>TNN</b>	<b>CDD</b>	<b>CWD</b>
Las Tazas	0.663*	0.408*	0.921*	0.249*	0.692*	0.991*
Nva. Esperanza	+0.04	0.32	+0.03	0.467	-0.016	0.276
El Colorado	0.188	0.118	0.769	0.927*	0.409	0.087
Lacantún	0.122*	0.187*	0.129	0.589	0.766	0.749
San Quintín	0.228	0.17	0.249	0.891	0.74*	0.64

\*(Tendencia negativa no significativa), - (Tendencia negativa significativa), + (Tendencia positiva significativa)

Cuadro 4. Percepción de la población sobre los cambios asociados al cambio climático regional, impactos y acciones impulsadas

Eje	Forma en que la población percibe los cambios	Impacto generado	Acciones que están realizando para poder adaptarse a la situación cambiante	Instituciones que están apoyando
<b>Ambiental</b>	Aumento de la intensidad de la temperatura durante los últimos 20 años.	Se han secado arroyos y manantiales, la vegetación se ha tornado más seco año tras año.	Se han creado áreas comunitarias de conservación, con la finalidad de preservar parte de la selva. También se ha vuelto común el uso de variedades de maíz de ciclo corto a intermedio (4-5 meses), en el caso del frijol también se ha sembrado especies más tolerantes a la sequía.	Las dependencias que mayor incidencia tienen en la región es la SEMARNAT, SADER y SEDESOL. Sin embargo, la presencia de estas instituciones no ha logrado un desarrollo que vaya de acorde a la preservación de la selva; proyectos como la palma africana y la ganadería, ambas incentivadas por la SADER ha agudizado la deforestación de la selva. Colaborando en un mayor calentamiento a nivel local.
	Retraso en el inicio de la temporada lluviosa.	Retraso en la siembra de la milpa de ciclo primavera-verano. Anteriormente la siembra se realizaba en la primera semana de mayo; actualmente se siembra a finales de mayo y principios de junio.		
	Concentración de las lluvias y lluvias anormales.	Confusión sobre el inicio de las lluvias.		
	Mayor número de días de la canícula. Anteriormente duraba entre 25-30 días, en los últimos años ha aumentado 10 o más días.	Causa problemas en el llenado del grano, debido a la poca agua disponible en el suelo.		
<b>Productivo</b>	Retraso en las labores de preparación del terreno para la siembra de frijol en noviembre y diciembre.	Se retrasa la siembra del frijol y se expone a una mayor sequía cuando se encuentra en la etapa de llenado de vainas.	De acuerdo a la experiencia de las personas mayores se ha retomado nuevamente la asociación de diversas especies comestibles dentro	

	Aumento de la incidencia de gusano cogollero y rolla del frijol.	Pérdida de la producción pasando de 2 toneladas producción media regional a 1-5 debido a la incidencia de las plagas.	de la milpa. La asociación de especies otorga mayor resistencia a los fenómenos climáticos y a las plagas y enfermedades.
	Disminución del rendimiento del maíz en un 20-30% debido a las plagas y en un 50% o más para el caso del frijol.	Desabasto de maíz y frijol en las familias.	
<b>Económico</b>	Pérdida de ingresos por la disminución en el rendimiento del maíz y frijol.	Menor flujo de efectivo en la familia, al destinarse el dinero a la compra de maíz y frijol, así como de insecticidas y fungicidas, se reduce la variedad de alimentos que la familia puede comprar.	Aunque no puede considerarse una adaptación, el proyecto Sembrando Vida a dado un alivio en los ingresos de las familias.
	Fuga de dinero por la compra de los básicos.		
	Compra de insecticidas y fungicidas para combatir plagas y enfermedades		
<b>Social</b>	Disputas por el control del agua en lagunas localidades.	La reducción en la producción de los cultivos de maíz, frijol, chile y otros cultivos de importancia genera salida de los jóvenes a buscar fuentes de trabajo para completar los ingresos familiares, del total de entrevistados cerca del 70% dijo que tiene un familiar que trabaja fuera de su casa.	Existe una preocupación constante de que deben de conservar áreas prioritarias, principalmente aquellas donde fluye los arroyos y manantiales, con la finalidad de protegerlos del intenso sol y evitar que se sequen. A nivel comunidades están gestionando para que las dependencias tengan mayor participación.
	Descontento de la población por la falta de apoyos e incentivos por parte del gobierno para la conservación de la selva.		
	Desinterés de los jóvenes por continuar en el campo, debido a la incertidumbre en el clima.		
	Migración hacia otras ciudades y estados.		

#### 4.1.1 Comportamiento de la temperatura máxima y mínima

De las cinco estaciones analizadas dos (Las Tazas y El Colorado) no presentaron variación en cuanto a incrementos de TXX durante el periodo, sin embargo, la estación de Colorado mostraba una ligera tendencia de incremento y una tendencia de disminución en el caso de la estación Las Tazas; para la estación de Nva. Esperanza, el valor es altamente significativo, marcando una tendencia en el incremento de la temperatura. La estación Lacantún y San Quintín presentan una tendencia de incremento en las máximas, más no significativo. En la figura 3 se muestra las tendencias de las temperaturas en cada una de las estaciones.

La TNN tiene el mismo comportamiento que la máxima, las tendencias indican que hay un incremento ligero en la mayoría de las estaciones, la estación de Las Tazas y Colorado presentaron tendencias ligeras en la disminución de la temperatura mínima, las estaciones que presentan una tendencia en el incremento son San Quintín, Lacantún y Nva. Esperanza, sin embargo, estos no son significativos, la figura 4 muestra el comportamiento de la TNN para cada estación. Estos datos coinciden con lo reportado por Ruiz, Flores, Zarzúa, De la Mora y Ramírez (2016) quienes analizaron datos de 45 años consecutivos en 16 estaciones meteorológicas del estado de Chiapas y observaron que el 63% de ellas presentan tendencias positivas significativas para temperatura extrema y 31% de las estaciones presentaron temperaturas mínimas más altas; otros estudios realizados por Serrano *et al.* (2012) en el Distrito Metropolitano de Quito en Ecuador observaron incrementos de una décima de grado por década. Concluyen que hay un incremento general de la temperatura, otro estudio realizado por González *et al.* (2017) en la Isla de la Juventud en Cuba, observaron incrementos significativos en la temperatura máxima y mínima, principalmente en los meses de abril y octubre; Aguilar y Pedraza (2016) observaron estas mismas tendencias en Andalucía, España señalando un incremento de  $+0.67^{\circ}\text{C}/\text{década}$  de verano. Estos estudios indican claramente que existe un incremento general de la temperatura en diversas partes del planeta.

#### **4.1.2 Precipitación total anual y precipitación de 20 mm por evento**

En cuanto a la PRCTOT, la estación Lacantún y Las Tazas presentan una ligera tendencia en la disminución, mientras las otras estaciones restantes tienen un incremento en la cantidad de lluvia precipitada (ver figura 5), sin embargo, no son significativos. Núñez y García (2018) reportan algo similar en un estudio realizado en el estado de Jalisco, observaron la disminución de la precipitación en 71% de las estaciones de un total de 48, González *et al.* (2017) reportan una caída de la precipitación en el noroeste en la Isla de la Juventud en Cuba mientras que en el noreste estos tienden a incrementarse; Núñez y García (2018) reportan de igual manera un disminución de las precipitación para el estado de Jalisco.

De acuerdo con Pinilla y Pinzón (2012) mencionan que en estaciones que están a una altura entre 100 y 1000 msnm existe una reducción en la precipitación y en este sentido, las estaciones que se tomaron para el estudio se ubican a menos de 1000 m de altura sobre el nivel del mar. Las precipitaciones mayores a 20 mm, consideradas como lluvias fuertes, se observa una tendencia en el incremento de ellas, mas no significativas, esto provoca que las lluvias se presenten de manera irregular habiendo concentraciones y mayor número de días sin lluvia. La figura 6 muestra el comportamiento en cada una de las estaciones.

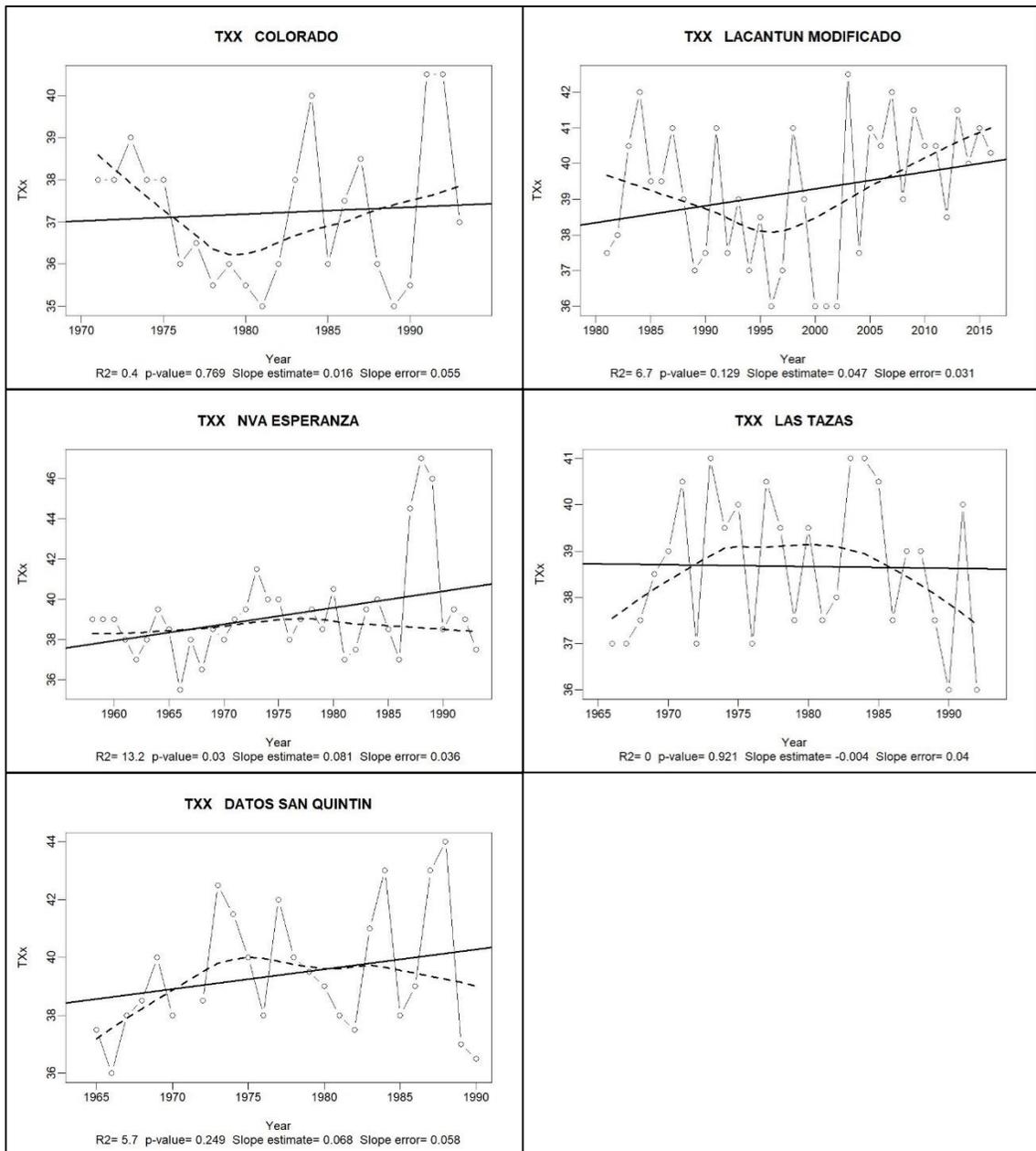


Figura 3. Tendencias de la temperatura máxima para cada una de las estaciones

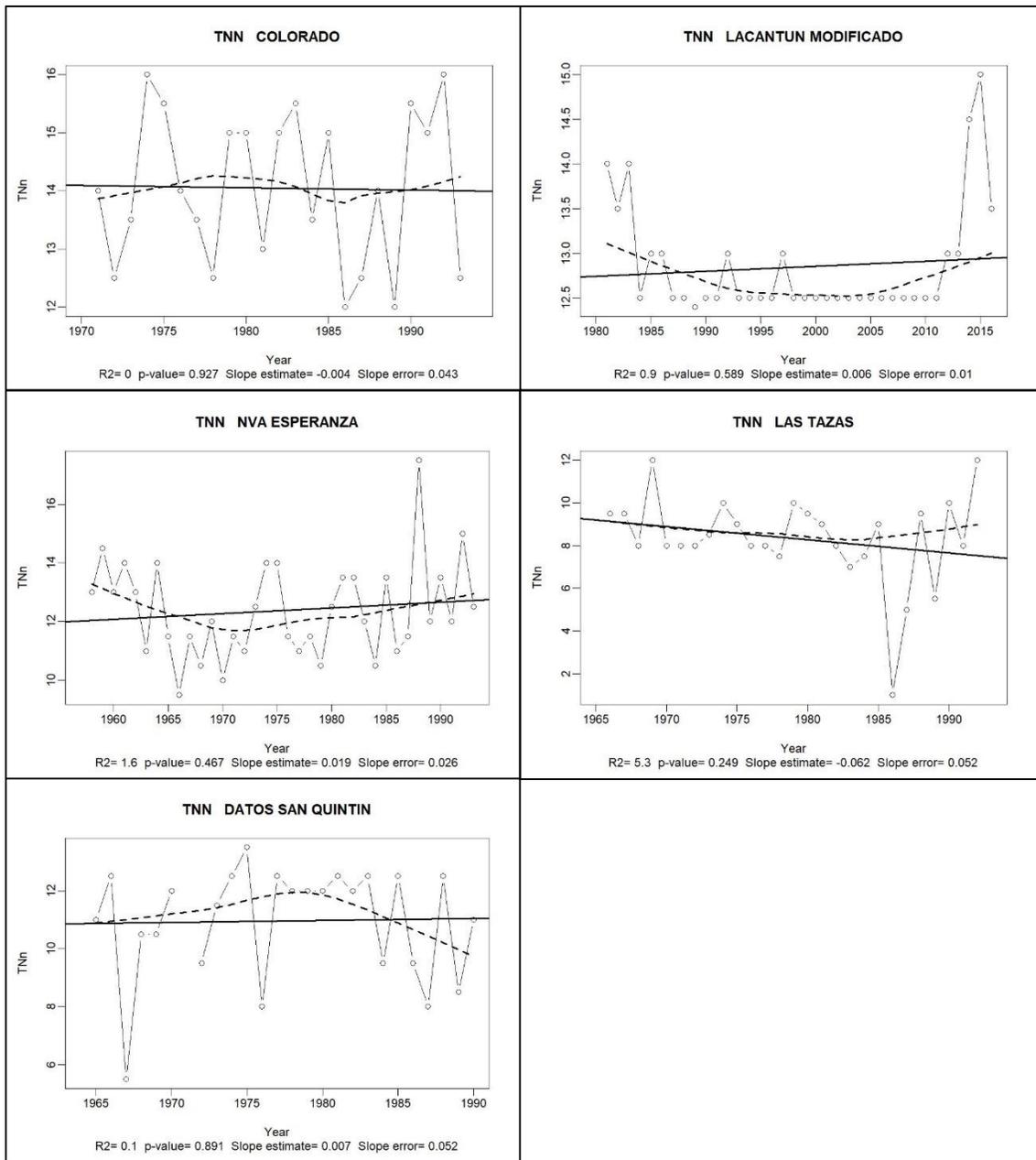


Figura 4. Tendencias de la temperatura mínima

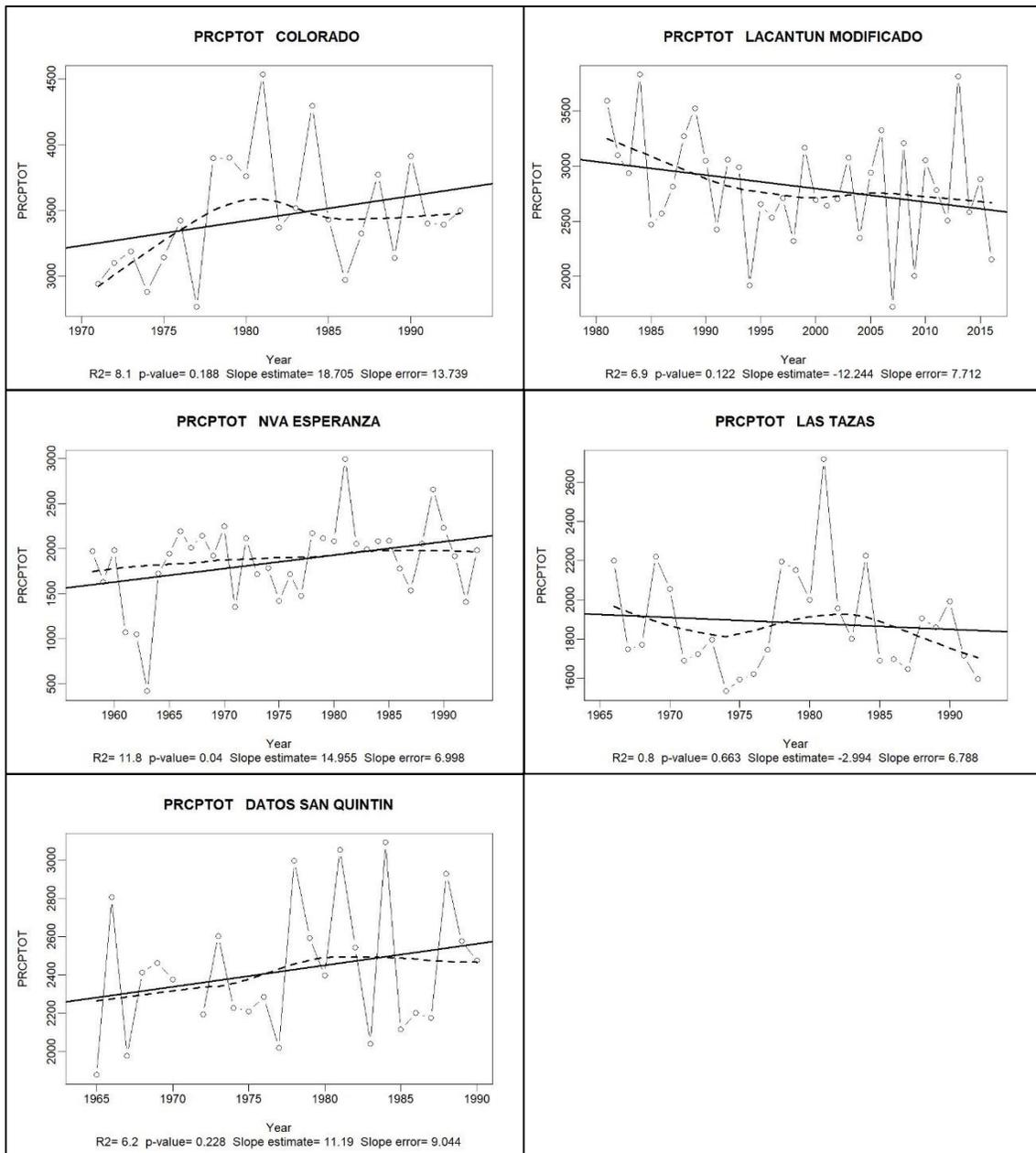


Figura 5. Tendencias de la precipitación total

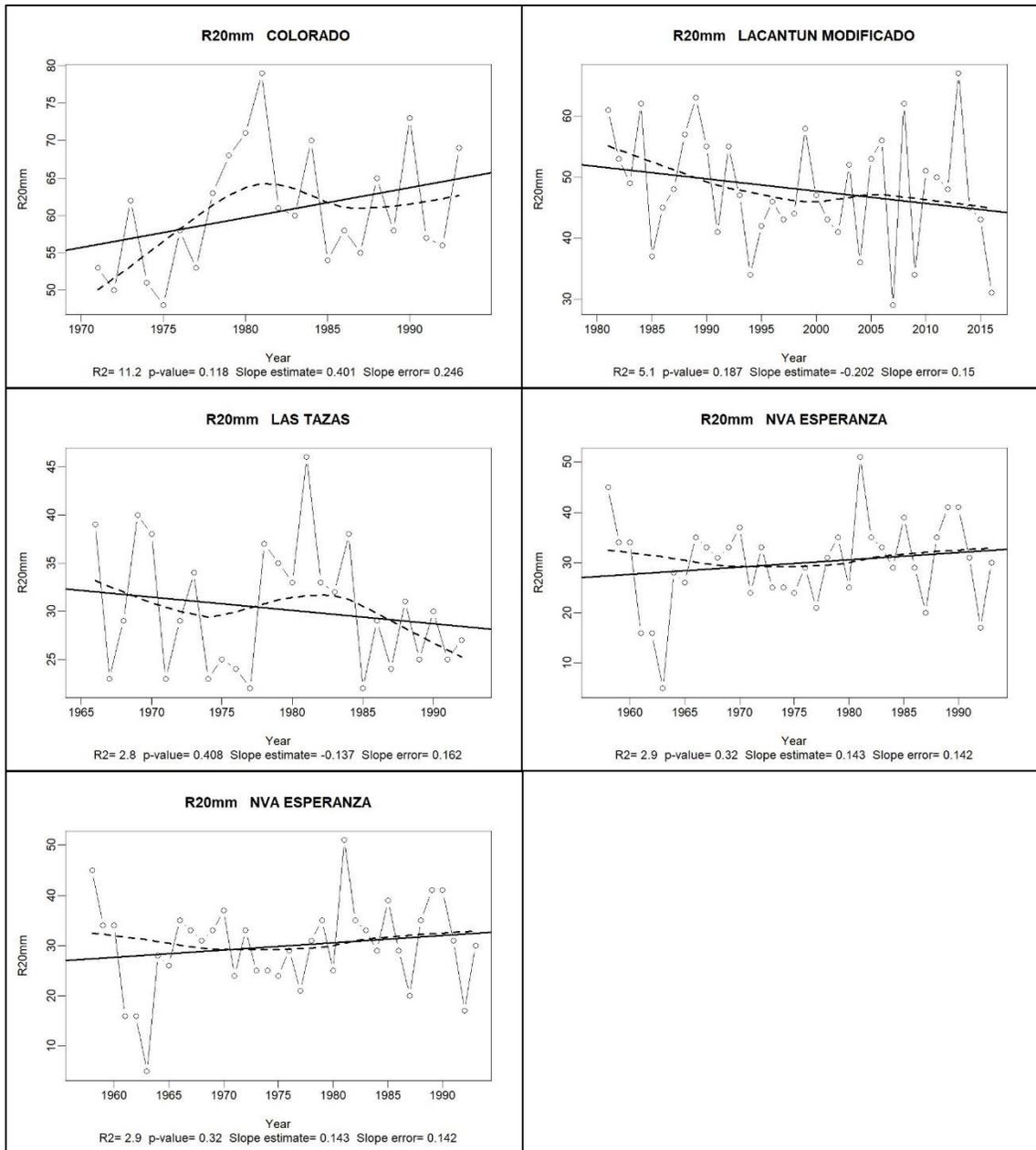


Figura 6. Tendencias de la precipitación de 20 mm

#### **4.1.3 Número de días secos en un año (CDD) y número de días húmedos (CWD)**

En la estación Nva. Esperanza se observa una reducción de los días secos, siendo este altamente significativo, la figura 5 muestra la tendencia del comportamiento de los días secos. Al analizar los datos de temperatura máxima y el número de días secos existe una estrecha relación al observarse un incremento de las temperaturas, mayor evapotranspiración, menor precipitación y por consiguiente un incremento en el número de días secos.

Las estaciones de San Quintín presenta una ligera tendencia negativa en los días secos, más no son significativos; las demás estaciones presentan una tendencia positiva, pero no significativa, es decir, que desde el año 1993 ya existía una tendencia en el aumento de días secos; un estudio realizado por Serrano *et al.* (2012) menciona que el número de días secos han disminuido en el Distrito Metropolitano de Quito, mientras en otros hay una tendencia significativa, Ruiz *et al.* (2016) analizaron datos de las estaciones en Chiapas, observaron que sólo una estación presentó una tendencia positiva significativa, es decir con una lluvia < 1 mm, de la misma manera, Núñez y García (2018) observaron que existe un aumento de días secos desde 6 hasta 20 días para el estado de Jalisco. Para el caso de los días húmedos, la estación de Colorado presentaba una tendencia positiva significativa, existiendo un incremento en el número de días húmedos; sin embargo, en los últimos 15 años esta situación se ha revertido, habiendo un mayor número de días secos, la falta de datos en la estación impide comprender de manera estadística su comportamiento; pero la población local percibe que se está presentando cambios extremos; el resto de las estaciones no presentaron variaciones significativas para esos años. La población local menciona que en efecto durante esos años transcurrían sin cambios notorios, mientras que, en los últimos años, la población ha logrado percibir más cambios que en todos los anteriores. En la figura 6 se puede observar el comportamiento de los días húmedos.

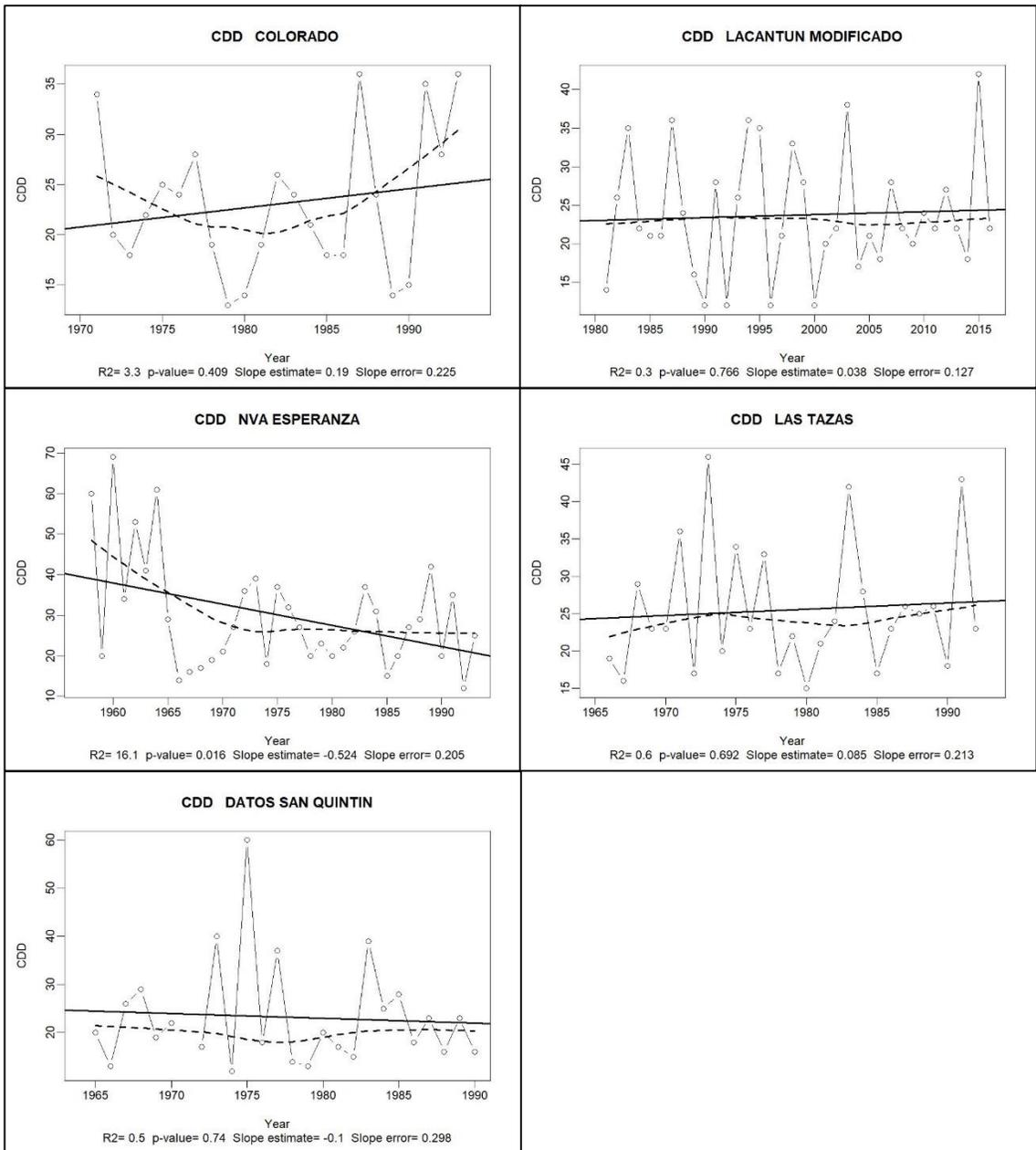


Figura 7. Tendencias de los días secos

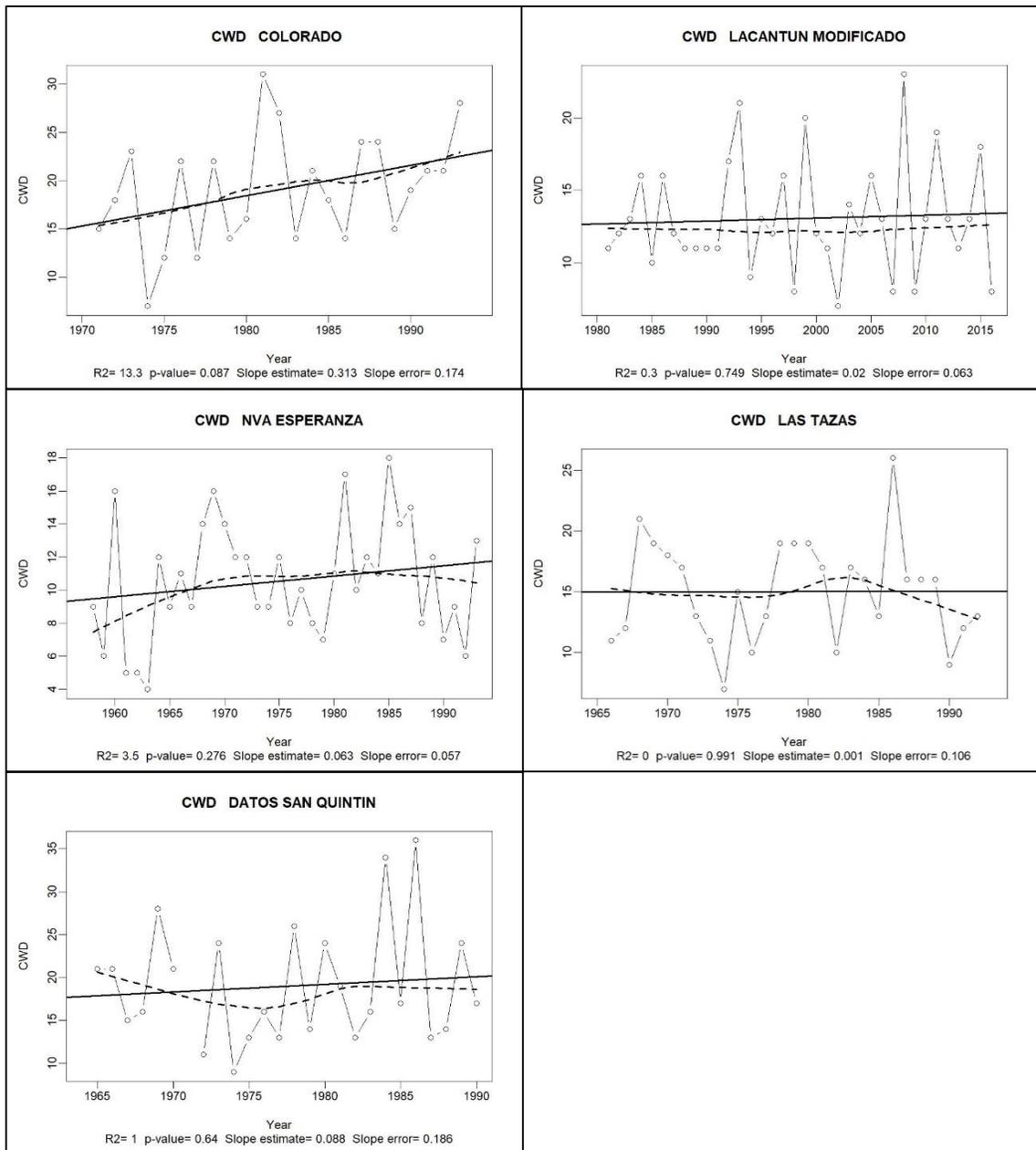


Figura 8. Tendencia de los días húmedos

## **4.2 Impactos en el ambiente y en las actividades agrícolas de acuerdo a la percepción local**

Los impactos en el medio ambiente (principalmente en la vegetación, temperatura, disponibilidad de agua) son visibles y percibidos por la población local. Comentan qué a medida que la temperatura aumenta, la vegetación se torna más seco en los meses de abril y mayo, dando como resultado mayores incendios forestales.

### **4.2.1 Medio ambiente**

Las personas entrevistadas mencionan que, actualmente la temperatura aumento, cada año es más alta, los periodos de sequía son más largos, las lluvias se han retrasado hasta por un mes, la milpa ya no produce como en años anteriores, los arroyos se han secado, a veces llueve cuando no debe y no llueve cuando debe de llover, principalmente cuando la milpa está creciendo, mencionan de igual manera que, las plagas y enfermedades son cada vez más frecuentes, provocando pérdidas en la producción.

Aunque la deforestación no es un efecto directo del cambio climático, es palpable desde todas las direcciones, la población local atribuye a la deforestación como un factor clave en el incremento de la temperatura local, mencionan que la deforestación y la vegetación juegan un papel fundamental en la regulación del clima regional y local. Los habitantes mencionaron que, cuando comenzaron a poblar la región, la vegetación era abundante, espesa, a excepción de las pequeñas áreas donde se empezaron a asentar las localidades, menciona un habitante del ejido Nuevo Chihuahua “nos daba miedo entrar en la montaña, aquí en las orillas del pueblo podíamos ver árboles enormes, gigantes; en las noches se podía escuchar el tigre y muchos otros animales” (G. R, 65 años)

El calor, asociado con un incremento en la temperatura, son cada vez más fuertes, menciona Don Francisco de 57 años del poblado de El Sibal “cuando llegue a estas tierras los días eran más frescos, en la noche se podía sentir un

poco de frío, el viento soplaba; ahora, el calor en el día es insoportable, en las noches no se puede dormir, ha cambiado mucho el tiempo”.

El comportamiento de los indicadores calculados por RClimdex indican que en efecto existe un incremento de la temperatura durante el periodo en el que se tienen datos de las estaciones (desde la década de los 60's), agudizándose más en los últimos 10 a 15 años cuando la población empezó a observar cambios más fuertes llegando a la conclusión de que existe una tendencia generalizada en el incremento de las temperaturas en la región, esto asociado a lo deforestación local, global, emisiones de GEI y otras actividades antropogénicas (Ordóñez y Masera, 2001). Las respuestas proporcionadas concuerdan con investigaciones realizadas por Poveda y Mesa (1995) quienes mencionan que la deforestación provoca un aumento en las temperatura superficial, disminuye la evapotranspiración, la nubosidad y las lluvias en el mediano y en el largo plazo, dando como resultado final disminución de los caudales medios de los arroyos y ríos.

La situación que se presenta en la Selva Lacandona es una mezcla conjunta del calentamiento global, cambio climático, la deforestación regional y local; la alteración de la cobertura arbórea en grandes extensiones repercute de manera significativa en el clima local; sin embargo, es importante recalcar que no es el principal responsable; Buttler (2009) menciona que los bosques tropicales actúan como esponja, absorbe la precipitación que cae sobre la cobertura vegetal, este libera el agua a intervalos regulares de tiempo. Esta regulación ayuda a moderar los efectos destructivos de las inundaciones y la sequía, estos mismos bosques también actúan como sumideros de carbono, los bosques de México almacenan un aproximado de 8 GtC, cantidad equivalente a las emisiones mundiales actuales (Masera, Ordóñez y Dirzo, 1997), así mismo, participan con el 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y el suelo (Apps *et al.*, 1993), además de esto, los bosques del planeta proporcionan diversos servicios ecosistémicos en beneficio de la sociedad incluyendo la provisión de bienes (alimentos, leña, fibras, fármacos, recursos genéticos, entre muchos otros productos no

maderables), regulación del clima, servicios culturales y servicios de soporte (Millenium Ecosystem Assessment, 2005); todos estos servicios son los que están cambiando de manera rápida con la transformación de la cobertura forestal de la Selva en combinación con el cambio climático global.

La disponibilidad de agua es otro problema que se está presentando de manera recurrente en la Región, comenta el joven Gerardo de 27 años de la comunidad de Frontera Corozal “durante los últimos cinco años hemos visto cómo se han empezado a secar los diferentes arroyos que hay en la comunidad, el retraso de las lluvias y el calor intenso provoca que los arroyos se sequen, en el año 2019, el río Usumacinta bajo mucho el nivel del agua, y cada año se quema la selva”. El problema de la sequía se ha intensificado en diversas regiones del planeta en los últimos años, en el año 2016, Bolivia presenció una de las mayores sequías en su historia, provocando recortes en el suministro de agua en la Paz, además de la desaparición de diversos ríos (López, 2016a), en ese mismo año, Perú presencio también una intensa sequía en 37 valles, principalmente en el norte y sur, la superficie afectada rebasó las 350,000 ha, sumando a estos, pueblos y ciudades sin acceso al recurso hídrico (López, 2016b), los incendios forestales de la amazonia se vincularon con las intensas sequías en la región, cada vez son más frecuentes y de mayor intensidad (Asher, 2018). Sin duda, podemos afirmar que los problemas que enfrenta la región de la Selva Lacandona no son aislados del entorno y clima global por lo que las acciones para mitigar los impactos deben ser a escala global, regional y local.

#### **4.2.2 Cambios en la producción agrícola regional**

La región de la Lacandona se caracteriza por practicarse ampliamente el sistema roza-tumba-quema, la ganadería extensiva, la extracción de especies no maderables (palma camedor, especies comestibles y medicinales), plantaciones de palma africana, plantaciones de hule, explotación forestal, cultivo de maíz, frijol, chile, entre otras.

De acuerdo a los testimonios de las personas entrevistadas, en las últimas dos décadas, todas estas actividades se han visto afectadas debido a los diversos cambios que se han venido presentando en el clima (temperatura y precipitación). Uno de los sistemas que más ha sido afectado es la milpa, esta representa la base del sustento familiar en toda la región, de ella se obtiene maíz, plátano, yuca, frijol, quelites y otros productos que la familia consume. Las figuras 5 y 6 muestran el ciclo productivo, se muestra un calendario productivo de hace aproximadamente 40 años y otro del año 2019.

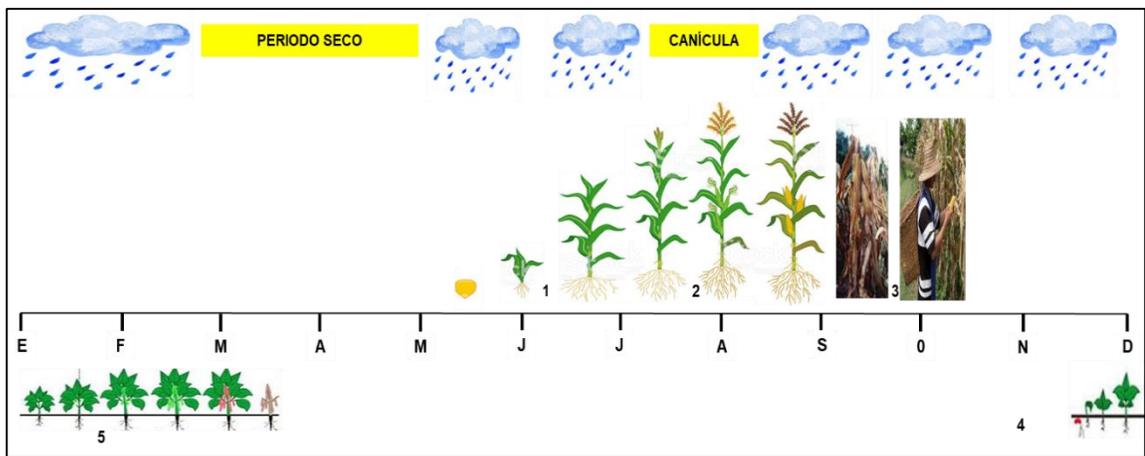


Figura 9. Ciclo productivo de la milpa en los años 1970-1980

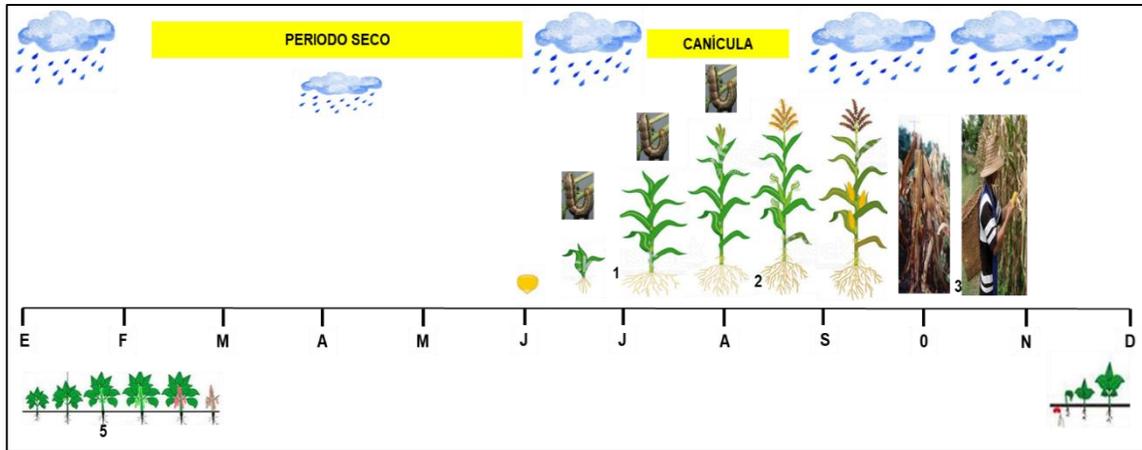


Figura 10. Ciclo productivo de la milpa de los últimos cinco años

Analizando las respuestas de los habitantes de la región se puede observar que existe cambios en los periodos del ciclo productivo, mencionan que hasta el año 2000, el tiempo era más o menos estable, pero en los últimos años, la situación ha cambiado considerablemente, la CEPAL (2016) en su seminario y conferencia número 85, informa que en Centroamérica y la porción Sur de México ya existe un retraso del inicio de la estación lluviosa y esta es mucho más variable de lo que había antes. Afectando de manera muy importante a la producción agropecuaria. En su mismo informe menciona que tanto en Centroamérica, noreste de Brasil, la zona Central de Chile y en el oeste de Argentina se esperan reducciones aún más severas en las precipitaciones; agudizando más los problemas ya existentes.

La temporada de lluvias iniciaba a principios de mayo, actualmente existe un retraso entre 20-30 días, iniciando está a finales de mayo y principios de junio, la canícula, que generalmente se presentaba de mediados de julio a agosto, ahora se ha prolongado hasta por 10-15 días más, provocando problemas en el llenado de grano del maíz; el periodo seco se presentaba entre los meses de marzo y abril, durante este periodo se presentaba una o dos lluvias ligeras, en el año 2019 este se prolongó hasta finales de mayo; algo inusual que percibió la población es que, a finales de abril y los primeros días de mayo se presentaron lluvias intensas e incluso mencionan que hubo crecida de los ríos y arroyos. Menciona el joven Víctor de 28 años del poblado de Lacan-Ha “cuando la gente vio que las lluvias

ya eran fuertes, algunos empezaron a sembrar, pensaron que la temporada de lluvia ya había empezado, pero no fue así, hubo una sequía bastante fuerte después de eso y prácticamente la milpa se murió”. Historias como esta, dan cuenta que la población se encuentra confundido con los acontecimientos que se están presentando en el clima regional, esta misma situación encontraron Tambo y Abdoulaye (2012) citado por Barrasa (2017), en un estudio de caso realizado en dos zonas agroecológicas de la sabana nigeriana, las percepciones locales son que ha cambiado el patrón de lluvias, lo que traído como consecuencia que los campesinos ya no tengan la capacidad de predecir las lluvias y conocer el momento preciso para plantar sus cultivos; así mismo, Boillat y Berkes, (2013), VanderMolen (2011) y Pinilla et al. (2012), encontraron situaciones similares en Sudamérica, al reportar retrasos en las precipitaciones, pérdida de cosechas por lluvias torrenciales, incremento de plagas y enfermedades, entre otros.

Otro problema que ha suscitado con los cambios en el clima, es la proliferación de diversas plagas y enfermedades. El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) que anteriormente su presencia era escasa, en los dos últimos años se ha incrementado de manera alarmante e incluso algunos mencionaron que debido a este problema, algunos cosecharon la mitad de lo que solían cosechar, la incidencia se debe a que, cuando las lluvias tenía una mejor distribución en la temporada, esta no permitía el alojamiento de la plaga en el cogollo (brote más tierno), es decir, la lluvia era el mecanismo de control; ahora se tiene una distribución irregular de la precipitación y más calor, es el medio ideal para la proliferación de esta plaga. La roya (*Uromyces phaseoli*) es una enfermedad que afecta principalmente al frijol y su incidencia también se ha visto incrementarse. El incremento de la temperatura en la época invernal y lluvias atípicas permiten la proliferación masiva, provocando en ocasiones pérdidas completas. Las otras especies que se asocian con la milpa también se han visto afectados por estos cambios, en el caso del plátano (*Musa spp*) se ha incrementado el ataque de picudo (*Cosmopolites sordidus*), así como de la sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis*); en la yuca (*Manihot esculenta*) se ha incrementado alarmantemente el ataque del gusano barrenador del tallo (*Chilomima clarkei*), en la calabaza el

ataque por gusanos defoliadores también se ha incrementado; ante esta situación la población menciona que una manera de contrarlar la proliferación de estas plagas y enfermedades que están afectando todas las especies que se cultivan con la milpa, es el uso de fungicidas y plaguicidas; sin embargo, la aplicación de estos productos se realiza sin el equipo de protección necesario.

La población menciona que, antes del año 2005, el inicio de la siembra de la milpa se realizaba entre la primera y segunda semana de mayo, mencionan que las lluvias empezaban los primeros días de mayo y que por muy tarde comenzaban el 10 de mayo, desde el 2005, la situación ha venido cambiando. La época del inicio de las lluvias se ha retrasado, iniciando a finales de mayo y principios de junio, por lo que, la siembra se ha realizado hasta la segunda semana de junio, habiendo un retraso hasta un mes; Don Jesús de 68 años de la localidad de Frontera Corozal narra su vivencia “Yo recuerdo que hasta el año 2005-2006 en el día de las madres siempre llovía, a veces era la primera lluvia o de las primeras; ahora, ese día ni llueve, ni señas de lluvia, solo hace bastante calor”; con estos relatos se puede afirmar con certeza que en las últimas dos décadas, el periodo lluvioso ha tenido cambios importantes, en este caso un retraso en su inicio. Al existir un desfase en la siembra, todas las actividades que se realizan en torno a los cultivos que siembran en esa temporada se ven afectadas.

#### **4.3 Programas de desarrollo en la Selva y su contribución al cambio climático regional**

La política ambiental en México se ha desarrollado sin tomar en cuenta a la población local. Esta política implementada restringe a la población al acceso a los recursos naturales, los cuales constituyen una de las pocas fuentes de ingreso. La población local se ha resistido frente a estas acciones y políticas ambientales, y en muchos casos ha generado impactos ambientales negativos tanto en las áreas de conservación, como en las de uso por parte de la población. Estas medidas restrictivas no son sostenibles en el largo plazo (Legorreta, 2011). En los años 1950, la selva se abrió a la colonización, hasta el año 1990 se habían

repartido alrededor de 900,000 ha a 30,000 campesinos, este reparto fue influido por la expansión demográfica, así como por la distribución desigual de la tierra y la expansión ganadera; convirtiendo a la selva en la válvula de escape a las presiones agrarias del estado y de otras partes del país. La marginación, políticas impuestas, y contradictorias a la conservación y nula participación de la población no ha permitido el desarrollo de las comunidades que la habitan (Figuroa y Bonfil, 2011).

Fernández-Montes, Gallardo y Martínez (2016) realizaron un estudio sobre las causas de la deforestación en la región y encontraron que la degradación es producto de una compleja organización políticosocial que influye tanto en la vida de la población como en el uso que se le da la tierra. El crecimiento demográfico juega un papel fundamental en los procesos de transformación de los espacios y territorios, así como en el cambio de uso del suelo de la cobertura vegetal original a terrenos agropecuarios.

La búsqueda de nuevas alternativas de producción y con el crecimiento constante de la población, la selva fue cediendo paso a las actividades ganaderas y agrícolas; en un intento por frenar la deforestación en la zona de Marqués de Comillas, el gobierno y organizaciones ambientales consideraron a la Palma Africana (*Elaeis guineensis*) como una alternativa benéfica en términos ecológicos, como económicos (Cano, 2014). Consideraron a la palma como alternativa para mantener la cobertura forestal, mejoraría el clima regional y absorbería una gran cantidad de dióxido de carbono (Cano, 2014). Sin embargo, el resultado fue contraproducente, el establecimiento de la palma dio como resultado una intensificación más aguda a la deforestación.

Soberanes (2017) realizó un reportaje referente al cultivo de la palma africana en la Selva Lacandona y menciona que los tramos de selva se disputan con los predios sembrados con palma en tramos del camino de Palenque a la Estación Chajul, observó cambios en las dinámicas de la selva y enfatiza que la mayor amenaza del pulmón más grande de México es la tala de la selva para sembrar palma africana. En sus inicios, la estrategia para el fomento del cultivo de la

palma se basó en la no tala de selva para apertura de nuevas plantaciones. Esta estrategia consistía en utilizar los predios que había o estaban destinados a la ganadería. Bajo este esquema se crea el Proyecto Estratégico de Trópico Húmedo, instancia que se dedicó a fomentar e incentivar el cultivo en forma de monocultivo. La rentabilidad por hectárea de la palma hizo que su cultivo se extendiera rápidamente, pasando de un ingreso de \$5,000 pesos mensuales en promedio a \$35,000 pesos por mes, por lo que resultó ser una opción para muchos campesinos. Esto dio inicio a una práctica indiscriminada para el cultivo, los pobladores talaban la selva para posteriormente inscribir esas tierras a programas de financiamiento, dado que la selva representaba un “obstáculo”. Talan para allanar el camino hacia el cultivo que les es rentable (Soberanes, 2017).

Otro cultivo de importancia que ha sido introducido en la región es el hule (*Hevea Brasiliensis*), esta especie es originaria de la cuenca baja del Río Amazonas en Brasil, su cultivo data a finales del siglo XIX (Compagnon, 1998 citado por Izquierdo, Domínguez, Velázquez y Córdoba, 2011) actualmente este cultivo representa un producto estratégico, considerado como alternativa detonante para el desarrollo de las regiones de trópico húmedo de México y especialmente en el Sureste (Izquierdo *et al.*, 2011). El estado de Chiapas tiene una superficie aproximada de 15,076 hectáreas, ubicándose la mayor superficie en la región de la Selva Lacandona (López, 2010). De acuerdo con la Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (2020) el precio promedio por kilogramo de hule en los mercados internacionales al 30 de abril del presente año y teniendo como referencia Malasia se cotizó entre los \$0.58 y \$2.53 dólares; siendo un precio atractivo para la población local. A diferencia de la palma africana, el cultivo de hule ha sido establecido en acahuales o áreas degradadas por la ganadería. Por lo que dicho cultivo ha tenido una función de recuperar zonas degradadas, además de beneficiar a la economía de localidades rurales marginadas y en cierta medida en la regeneración de suelo, filtración de agua y captura de CO<sub>2</sub>.

La ganadería, es sin duda, considerada una de las actividades productivas con mayor influencia en la degradación y pérdida de la cobertura boscosa, principalmente por el sistema de producción extensivo que se practica (Vargas-de la Mora, 2018).

A nivel mundial la ganadería es la principal actividad humana que ocupa grandes extensiones de tierra. En su informe, la FAO (2006) explica que la ganadería utiliza el 30% de la superficie terrestre del planeta y ocupa el 33% de toda la superficie cultivable, destinada a la producción de forraje. La ganadería representa también el medio de subsistencia de 1300 millones de personas y supone el 40% de la producción agrícola mundial (FAO, 2006). En su conjunto la ganadería emite un total de 7.1 GtC, que representa el 14.5% de las emisiones totales a nivel mundial (Gerber *et al.*, 2013). A nivel nacional se reporta un total de emisiones de GEI's de 683 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, de este total el 10% corresponde a las actividades pecuarias del país (INECC, 2015).

En México el SIAP (2015) reporta un total de 33.5 millones de cabezas de bovinos a nivel nacional de los cuales 2.67 millones se encuentra en el estado de Chiapas. La región selva es una de las áreas con la mayor superficie de pastos y número de cabezas a nivel estatal. El número de animales en el estado incrementa año con año en la entidad, debido al tráfico ilegal de ganado que se da en la frontera de México con Guatemala; se calcula que un aproximado de 1 millón de animales ingresan al año en esa región y especialmente en la región selva (Soberanes, 2018). El investigador del ECOSUR Carlos Rodríguez explica que este ganado se distribuye en hatos pequeños, estos crecen de forma acelerada y sin ningún control, porque las vacas son consideradas alcancías vivientes; esta proliferación genera efectos negativos en la cobertura forestal, dando paso a la deforestación, pérdida de la biodiversidad e incorporación de gases a la atmósfera (Soberanes, 2018).

Las Instituciones de desarrollo federal que promueven este tipo de actividades agropecuarias en la región son la SAGARPA, SEDESOL, FIRA, a partir de proyectos a fondo perdido, créditos o repoblamiento y mejoramiento de los hatos,

todas con la finalidad de impulsar el desarrollo productivo y económico de toda la región; sin embargo, desde el punto de vista ecológico, este tipo de desarrollo no concuerda con las actividades de conservación y preservación que requiere el ecosistema, por lo que existe una contradicción fuerte; Los resultados obtenidos a partir de estas políticas son, crecimiento actual en la deforestación de la selva, disminución de fuentes de agua, caza indiscriminada de la fauna, incendios forestales e incremento de la temperatura local. La realidad de cómo se vive y se produce actualmente en la Selva Lacandona dan cuenta que no existe un verdadero plan de aprovechamiento racional que emane de las diferentes instituciones gubernamentales.

#### **4.4 Acciones locales de adaptación**

Autores como Vandermeer (1998), Altieri (2002) y Martín *et al.* (2010) citado por Altieri y Nicholls (2013), ratifican que la agricultura campesina e indígena tradicional son alternativas en la lucha contra el cambio climático, así mismo, explican que la asociación y biodiversidad de especies incrementa la función de los ecosistemas; la estructura y función de los agroecosistemas están determinadas por los componentes de biodiversidad y sus funciones; mientras más biodiversos sean estos tienden a ser más estables y resilientes; un claro ejemplo de estos son las agriculturas tradicionales en países de África, Asia y Latinoamérica, quienes han desarrollado y heredado sistemas agrícolas complejos situados en ambientes hostiles (Altieri y Nicholls, 2008). Así mismo, Altieri y Nicholls (2009) afirman que la tecnología indígena y tradicional son una fuente de información invaluable sobre la capacidad adaptativa frente al cambio climático.

La presencia de diversas etnias en toda la región hace que existan un gran número de costumbres, tradiciones, rituales, formas de aprovechamiento de la naturaleza y cosmovisiones, que, de potencializarlos, en su conjunto harían de una región próspera y con un mejor nivel de vida y bienestar para la población local.

Los cambios en la precipitación y la temperatura están jugando un papel importante en el replanteamiento del uso de los recursos naturales, algunos intentos que se han realizado para frenar la deforestación local en las localidades son; que cada comunero debía de conservar una porción de selva para la extracción de madera, leña y otros productos útiles, la creación de áreas de conservación local y ecoturismo; en la comunidad de Lacan-Ha está prohibido el desmonte para el establecimiento de pastizales, solo es permitido áreas para siembra de maíz y otras especies que ayuden a la conservación de la flora y la fauna. Por parte de las dependencias federales se han creado 6 áreas de conservación y una de las más grandes es la Reserva de Biósfera Montes Azules, creada en el año 1976 por decreto presidencial, estas áreas de conservación fueron creadas con la finalidad de preservar parte de la Selva.

En el ámbito agrícola también se ha venido realizando acciones para adaptarse a los cambios; hace aproximadamente 25 años era común el uso de una variedad de maíz de porte alto y de ciclo largo (6 meses a cosecha), localmente se le conoce con el nombre de “Punta de Hueso”, cuya característica principal es la dureza del grano, abundante hoja en la mazorca, que da protección al grano en la temporada de lluvias. Los campesinos de la región, al observar cambios en los patrones de precipitación y de temperatura, actualmente han estado sembrando variedades de maíz de ciclo corto a intermedio (4-5 meses a cosecha) y de menor estatura, el nombre local de estos maíces son “Chaparro y Olotillo” estos maíces, además de estar adaptado a las condiciones del suelo, resisten más a las bajas precipitaciones y son rendidoras (2-3 toneladas en suelos de mediana fertilidad), el frijol, que antes se sembraba a mediados de diciembre actualmente se siembra a finales de noviembre. La diversificación de la milpa está cobrando importancia nuevamente, dentro de este espacio podemos encontrar plátanos, calabazas, quelites, camotes, yuca, malanga, chiles, ñame y otras especies que son de consumo o uso local.

Sin duda la forma de explotación y producción que actualmente se impulsa en la región es insostenible en el largo plazo, por lo que es necesario y urgente realizar un replanteamiento de los sistemas de producción.

#### **4.5 Conclusiones**

El análisis de los extremos climáticos resulta de suma importancia para entender el impacto del cambio climático global en las diversas regiones del mundo y en México y, cómo este fenómeno está afectando los climas regionales; sin embargo, la falta de datos confiables en las estaciones meteorológicas dificulta este tipo de estudios y análisis, que en gran medida servirían para realizar planeaciones a corto, mediano y largo plazo. Un aliado de suma importancia para comprender y entender los impactos, es valorar los conocimientos tradicionales de los pueblos y comunidades indígenas campesinas que habitan en las diversas regiones del planeta; entender y comprender cómo ellos interpretan y perciben los cambios en el medio ambiente que los rodea, es una herramienta fundamental para tomar las acciones necesarias para adaptarse.

Los índices analizados indican que desde hace 3 o 4 décadas se ha venido dando un incremento en la temperatura regional, sin embargo, la falta de recursos para operar las estaciones meteorológicas en la región provocó que del año de 1993 muchas estaciones no siguieran recabando datos; por lo que el análisis de los indicadores se limita. Los estudios en este ámbito no deberían de limitarse solo con disposición de datos estadísticos; sino, indagar o hacer uso de otras metodologías alternativas; en el caso de estudios sobre cambio climático, el conocimiento ancestral, está cobrando importancia relevante y en el caso de México, las diversas culturas del país poseen conocimientos invaluable. Los estudios sobre cambio climático generalmente están hechos a un nivel macro y no a nivel regional ni mucho menos local; por ello es de suma importancia que los estudios para comprender el impacto deben ser a nivel regional, ya que como bien señala las investigaciones, los efectos o impactos varían de una región a otra.

El incremento de la temperatura que se está presentando en la región de la Selva Lacandona, es la misma situación que se está presentando en el resto del país. El incremento de la temperatura en la zona calculados por RClimdex se sustenta mediante la observación y percepción de los habitantes de la zona, mencionando que los últimos 20 años las temperaturas se han incrementado significativamente, y esto se refleja en mayor cantidad de incendios forestales y desaparición de fuentes de agua, retraso de las lluvias, dando como resultado el retraso de la época de siembra del maíz, frijol, plátanos, yuca, chiles y otras especies vegetales de consumo local.

El incremento de la temperatura y retraso en la precipitación, no solo trae consigo la demora en la siembra o incremento de la temperatura e incendios; trae consigo otra serie de problemas que afectan de manera directa las especies cultivadas dentro de la milpa, la proliferación de diversas plagas y enfermedades, impactando directamente en el rendimiento de los cultivos y e incluso provocando pérdidas completas.

La percepción de la población en cuanto a temperatura y precipitación es que, la primera se ha incrementado y la segunda ha habido una reducción en cuanto a intensidad y el periodo; lo que se ha observado es que existe una distribución más irregular que hace 25-30 años, las lluvias tienden a concentrarse más en tipo aguaceros, los periodos secos que generalmente se presentaban en los meses de marzo y abril, en las últimas dos décadas se ha prolongado a finales de mayo, afectando de manera directa la siembra del maíz y frijol tanto para el del ciclo primavera-verano, así como el de otoño-invierno, estos cambios afectan de manera directa todas y cada una de las actividades agrícolas, ya sea retrasando o bien adelantado.

Las políticas de desarrollo que se han impulsado por parte de la banca de desarrollo no han contribuido en la conservación y el aprovechamiento racional de los recursos, sino que, han contribuido a la degradación del suelo, agua y clima; ya sea ha suscitado conflictos sociales por el agua, hecho que se agudiza año con año. El futuro de la Selva Lacandona es incierto, la agricultura de roza-

tumba-quema, la ganadería y las plantaciones comerciales siguen ampliando sus fronteras año con año, sumando a esto, los incendios forestales; que cada año se vuelven más intensos.

La rapidez con la que se está presentando los fenómenos climáticos hace que los agricultores campesinos estén confundidos, por lo que las acciones para poder irse adaptando se encuentran en una etapa temprana.

La situación de marginación y pobreza ejerce una fuerte presión de subsistencia alimentaria sobre las últimas áreas de flora y fauna, la ausencia de las instituciones de gobierno y organizaciones comprometidas con la preservación de los ecosistemas, así como la falta de voluntad de la población y sumado a la falta de un plan de manejo hacen que no exista un uso racional y sustentable de las últimas áreas de selva que aún se conservan.

#### 4.6 Literatura citada

- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. (2020). Hule natural en Malasia: Reporte diario de precios de contado en diversos mercados internacionales. Disponible en: <https://info.aserca.gob.mx/fisicos/fisico.asp?de=hulem>
- Aguilar A., M. & Pedraza L., L. (2016). Análisis de índices extremos de temperatura máxima del grupo de expertos para la detección del cambio climático e índices en Andalucía (1961-2014). X Congreso Internacional AEC: Clima, sociedad riesgo y ordenación del territorio. Disponible en: [https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/48781/Aguilar\\_Alba\\_Pedraza\\_AEC\\_2016b.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/48781/Aguilar_Alba_Pedraza_AEC_2016b.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ahumada C., R.; Velázquez A., G.; Flores T, E. & Romero G., J. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz. *Investigación y Ciencia*, 22(61), 48-53.
- Altieri, M. A. & Nicholls, C. I. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología*, 3, 7-28.
- Altieri, M. A. & Nicholls, C. I. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: Impactos y respuestas adaptativas. *Agroecología*, 5-8.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), 7-20.
- Alvarado V., M. A.; Foroughbakhch P., R.; Jurado Y., E. & Rabasa, A. (2002). El cambio climático y la fenología de las plantas. *Ciencia, UANL*, 5(4), 493-500.
- Apps, M. J.; Kurz, W. A.; Luxmoore, R. J.; Nilsson, L. O.; Sedjo, R. A.; Schmidt, R.; Simpson, L. G. & Vinson, T. S. (1993). Boreal forests and tundra. *Water, Air, and Soil Pollution*, 70(1), 39-53. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF01104987>
- Asher, C. (2018). Los incendios provocados por sequías se intensifican en la Amazonía. Periodismo ambiental independiente. *Mongobay Latam*. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2018/05/incendios-en-la-amazonia/>
- Barrasa G., S. (2017). Percepción del cambio climático en comunidades campesinas de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Cuadernos Geográficos*, 56(3), 44-65.
- Benjamín O., J. A. & Maser, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosque*, 7(1), 3-12.

- Bergant, K.; Kajfez B., L. & Crepinsek, Z. (2002). Statistical downscaling of general circulation-model-simulated average monthly air temperature to the beginning of flowering of the dandelion (*Taraxacum officinale*) in Slovenia. *International Journal of Biometeorology*, 46(1), 22-32.
- Boillat, S. & Berkes, F. (2013). Perception and Interpretation of Climate Change among Quechua Farmers of Bolivia: Indigenous Knowledge as a Resource for Adaptive Capacity. *Ecology and Society*, 18(4), 13.
- Campos, M., Herrador, D., Manuel, C., & McCall, M. K. (2013). Estrategias de adaptación al cambio climático en dos comunidades rurales de México y El Salvador. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 61, 329-349.
- Cano C., I. J. (2014). Entre sueños agrarios y discurso ecologista. Las encrucijadas contemporáneas de la colonización de la Selva Lacandona (Chiapas, México). *Ciencias Sociales y Humanidades*, 1, 101-143.
- Castillo G., F. (2009). Reseña de nuevo libro: Origen y diversificación del maíz. Una revisión analítica. *Revista fitotecnia mexicana*, 34(4), 1-2.
- CEIEG. (sf). *Geografía y medio ambiente*. Disponible en: [http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/wp-content/uploads/downloads/productosdgei/CIGECH/CIGECH\\_GEOG\\_Y\\_MEDIO\\_AMB.pdf](http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/wp-content/uploads/downloads/productosdgei/CIGECH/CIGECH_GEOG_Y_MEDIO_AMB.pdf)
- Comisión Económica Para América Latina. (2016). *Agrobiodiversidad, agricultura familiar y cambio climático* (A. G. Rodríguez & L. E. Meza, Eds.). FAO, Cooperación Regional Francesa para América del Sur. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40299-agrobiodiversidad-agricultura-familiar-cambio-climatico>
- Conde, C. (2006). *México y el cambio climático global*. UNAM.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2016). *Informe de pobreza en México*.
- Cooperación Para el Desarrollo. (2015). *Metodología para el análisis del impacto del cambio climático en la huella social de las empresas del sector de la madera*.
- De Ita, A. (2018). Lacandones, de hijos predilectos a perseguidos ambientales. *El Cotidiano*, 207, 63-78.
- De Vos, J. & Odile M., M. (2016). Colonización de la Selva Lacandona. *Natura*, 35-44.
- Echeverri, J. A. (2010). Percepciones y efectos de cambio climático en grupos indígenas de la Amazonía colombiana. *Folia Amazónica (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana)*, 19(1-2), 85-93.
- Espejo M., C. (2003). Anotaciones en torno al concepto de región. *NIMBUS*, 11-12, 67-87.

- FAO. (2006). *Las repercusiones del ganado en el medio ambiente*. ONU. disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0612sp1.htm>
- FAO. (2007). *Cambio climático y seguridad alimentaria*. Folleto.
- FAO. (2016). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación: Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria*. 214.
- Fernández-Llamazares, Á.; Díaz-Reviriego, I.; Méndez López, M. E.; Sánchez, I. V.; Pyhälä, A. & Reyes G., V. (2014). Cambio climático y pueblos indígenas: Estudio de caso entre los Tsimané, Amazonia Boliviana. *REDESMA Online Journal*, 7, 110-119.
- Fernández-Montes de O., A.; Gallardo C., A. & Martínez, M. (2016). Deforestación en la región Selva Lacandona. *Natura*, 61-68.
- Figueroa-Díaz E., F. & Bonfil S., C. (2011). Conservación y desarrollo en la región Lacandona. *Ciencia*, 103, 50-53.
- Gerber, P. J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Falcucci, A., & Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock-A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3437e/i3437e.pdf>
- González E., M.; Jurado, E.; González E., S.; Aguirre C, O.; Jiménez P, J. & Navar, J. (2003). Cambio climático mundial: Origen y consecuencias. *Ciencia*, 003, 377-385.
- González G., I. T.; Barcia S., S. & Hernández G., D. (2017). Comportamiento de indicadores extremos climáticos en la Isla de la Juventud. *Cubana de Meteorología*, 23(2), 217-225.
- Granados R., R. G.; & Sarabia R., A. A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4, 435-446.
- GREENPEACE. (2010). *México ante el cambio climático: Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación*.
- Hernández Granillo, N. N. (2012). *Vulnerabilidad, resiliencia y mitigación al cambio climático del sector cafetalero en la Sierra de Chiapas, México*. (Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México).
- International Food Policy Research Institute. (2009). *Cambio climático el impacto en la agricultura y los costos de adaptación*.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2015). *Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero*. Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>
- INEGI. (2010). *La región socioeconómica XII: Selva Lacandona. Marco Geoestadístico*. Disponible en:

[http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/productos/files/MAPASTEMREG/REGION\\_XII\\_SELVA-LACANDONA\\_post.pdf](http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/productos/files/MAPASTEMREG/REGION_XII_SELVA-LACANDONA_post.pdf)

- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2014). *Programa E015 Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad Ambiental y Crecimiento Verde*. SEMARNAT.
- 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* (p. 114). OMM, PNUMA.
- Izquierdo B., H.; Domínguez D., M.; Velázquez M., A. & Córdoba Á., V. (2011). Problemática en los procesos de producción de las plantaciones de hule *Hevea brasiliensis* Muell Arg. En Tabasco, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 513-524.
- Jarma O., A.; Cardona A., C. & Araméndiz T., H. (2012). Efecto del cambio climático sobre la fisiología de las plantas cultivadas: Una revisión. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 63-67.
- Jori, G. (2009). El cambio climático como problema y el dialogo social como solución. *Investigaciones Geográficas*, 48, 125-160.
- Kay, C. (2005). *Enfoques sobre el desarrollo rural en América Latina y Europa desde Medios del Siglo XX*.
- Lander, E. (2013). *Alternativas al capitalismo/colonialismo del Siglo XXI: Con el tiempo contado crisis civilizatoria, límites del planeta, asaltos a la democracia y pueblos en resistencia*. Abya Yala, Grupo Permanente de Trabajo sobre Alternativas al Desarrollo.
- Lang, M., & Santillana, A. (2013). *Alternativas al capitalismo/colonialismo del Siglo XXI*. Abya Yala, Grupo Permanente de Trabajo sobre Alternativas al Desarrollo.
- Legorreta D., M. C. (2011). La política ambiental en la Selva Lacandona, Chiapas, México. En *Jornadas anuales de investigación* (pp. 51-67). Centro de Investigaciones Interdisciplinaria en Ciencias y Humanidades. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/331414421\\_La\\_politica\\_ambiental\\_en\\_la\\_Selva\\_Lacandona\\_Chiapas\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/331414421_La_politica_ambiental_en_la_Selva_Lacandona_Chiapas_Mexico)
- Lara B., L. (2015). Efecto de la temperatura sobre la fenología y productividad de variedades de frijol común, factor esencial del cambio climático (Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco.
- López, I. (2010). Chiapas, primer lugar en cultivo de hule. Periodismo de sector rural. *Inforural*. Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/chiapas-primer-lugar-en-cultivo-de-hule/>
- López T., M. (2016a). Bolivia en emergencia nacional debido a una de las sequías más graves de los últimos años. Periodismo ambiental independiente.

- Mongobay Latam.* Disponible en: <https://es.mongabay.com/2016/11/bolivia-emergencia-sequia/>
- López T., M. (2016b). Perú: Declaran en emergencia hídrica 37 valles de producción agrícola debido a sequías. *Periodismo ambiental independiente.* *Mongobay Latam.* Disponible en: <https://es.mongabay.com/2016/12/sequia-emergencia-agua-peru/>
- Lozano G., M. S. (2004). Evidencia del cambio climático: Cambios en el paisaje. En *Cambio climático: Una visión desde México* (p. 523). Instituto Nacional de Ecología y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: [http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca\\_cc/Cambio-climatico-una-vision-desde-Mexico-\(Julia-Martinez-y-Adrian-Fernandez-Bremauntz-compilado\).pdf](http://www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/Cambio-climatico-una-vision-desde-Mexico-(Julia-Martinez-y-Adrian-Fernandez-Bremauntz-compilado).pdf)
- Martelo, M. T. & Pérez M., M. (2010). *Estudio del impacto del cambio climático sobre la agricultura y la seguridad alimentaria en la república bolivariana de Venezuela* (p. 111). INIA, FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-ax365s.pdf>
- Masera, O. R.; Ordóñez, M. J. & Dirzo, R. (1997). Carbon emissions from mexican forests: Current situations and long-tem scenarios. *Climatic Change*, 35(3), 265-295. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1005309908420>
- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystem and human well-being: Synthesis report.* Island Press. Disponible en: [https://ohcea.org/OhceaModules/Ecosystem%20Health/Ecosystem%20Health%20Resources/Corrvalan\\_Ecosystem%20Health.pdf](https://ohcea.org/OhceaModules/Ecosystem%20Health/Ecosystem%20Health%20Resources/Corrvalan_Ecosystem%20Health.pdf)
- Moreno, C. (2013). *Alternativas al capitalismo/colonialismo del Siglo XXI.* Abya Yala, Grupo Permanente de Trabajo sobre Alternativas al Desarrollo.
- Núñez G., G. & García S., J. (2018). Análisis de la calidad de los datos y la tendencia de algunos índices de precipitación en el estado de Jalisco. *Internacional de Estadística y Geografía*, 9(2), 14-27.
- ONU, CEPAL. (2010). *La economía del cambio climático en Centroamérica: Síntesis 2010* (p. 143). CEPAL. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/35228>
- Palacios L., J. J. (1983). El concepto de región. *Interamericana de Planificación*, 17(66), 56-68.
- Pastor, C.; Concheiro, L. & Wahren, J. (2017). *Agriculturas alternativas en Latinoamérica. Tipologías, alcances y viabilidad para la transformación social-ecológica.* Fundación Friederich Ebert.
- Pinilla H., M. C.; Rueda, A.; Pinzón, C. & Sánchez, J. (2012). Percepción sobre los fenómenos de variabilidad climática y cambio climático entre campesinos del centro de Santander, Colombia. *Ambiente y Desarrollo*, 16(31), 25-37.

- Pinilla H., M. C. & Pinzón, C. (2012). Caracterización de eventos extremos asociados a la precipitación usando RCLimindex, en la parte central del departamento de Santander, Colombia. *Ambiente y Desarrollo*, 16(31), 25-31.
- Poveda J., G. & Mesa S., O. J. (1995). Efectos hidrológicos de la deforestación. *Energética*, 16, 91-102.
- Rubio G., H. & Triana R., C. (2006). *Programa asociado de gestión de riesgos, gestión integrada de riesgos caso de estudio México: Río Grijalva* (p. 15). Organización Meteorológica Mundial - Global Water Partnership. Disponible en: [https://www.floodmanagement.info/publications/casestudies/cs\\_mexico\\_full.pdf](https://www.floodmanagement.info/publications/casestudies/cs_mexico_full.pdf)
- Ruiz C., J. A.; Flores L., H. E.; Regalado R., J. R. & Ramírez O., G. (2012). Estadísticas climáticas normales del estado de Jalisco. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Libro Técnico*, 2.
- Ruiz C., J. A. (2012). Adaptar la agricultura al cambio climático. *Ciencia*, 76-83.
- Ruiz C., J. A. I.; Flores L., H. E.; Zarazúa V., P.; De la Mora O., C.; Ramírez O., G.; Medina G., G.; Rodríguez M., V. M. & Chávez D., Á. A. (2016). Índices de cambio climático en el estado de Chiapas, México, en el periodo 1960-2009. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13, 2523-2534.
- Ruiz U., E. (1989). La región un debate permanente. *Lurralde Investigación Espacial*, 12, 117-125.
- Santes Á., R. V. (2015). Gobernación del cambio climático en México: Expectativas de Reformas en el contexto sub-nacional. *Desarrollo Regional em Debate*, 5(1), 88-110.
- Secretaría de Medio Ambiente Recursos y Naturales. (2000). *Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Montes Azules*. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: <http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/anp/AN29.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente Recursos y Naturales. (2009). *Cambio climático: Ciencia, evidencias y acciones ¿Y el medio ambiente?*
- Serrano V., S.; Zuleta, D.; Moscoso, V.; Jácome, P.; Palacios, E. & Villacís, M. (2012). Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *La Granja*, 16(12), 23-47.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2016). *Atlas Agroalimentario 2016* (N.º 1; p. 120). SAGARPA.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2015). *Población ganadera 2006-2015* (p. 1). SAGARPA. Disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165997/bovino.pdf>

- Soares, D., & García, A. (2014). Percepciones campesinas indígenas acerca del cambio climático en la cuenca de Jovel, Chiapas-México. *Cuadernos de Antropología Social*, 39, 63-89.
- Soberanes, R. (2017). La palma africana avanza en la Selva Lacandona, México. Periodismo ambiental independiente. *Mongobay Latam*. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2017/06/mexico-palma-africana-selva-lacandona/>
- Soberanes, R. (2018). El tráfico ilegal de ganado impulsa la deforestación en la Selva Lacandona, México. Periodismo ambiental independiente. *Mongobay Latam*. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2018/02/trafico-de-ganado-en-la-selva-lacandona-mexico/>
- Spano, D.; Cesaraccio, C.; Duce, P. & Snyder, R. L. (1999). Phenological stage of natural species and their use as climate indicators. *International Journal Biometeorology*, 42(3), 124-133.
- Tejeda C., C. & Márquez R., C. (2004). Los sistemas de producción en la Selva Lacandona; el caso de Frontera Corozal, Chiapas. *Ciencia y Tecnología en la Frontera*, 19-30.
- Unceta, K. (2014). Desarrollo Alternativo, alternativas al desarrollo y buen vivir: *Elementos para el debate*. 15(128), 28-38.
- Ureta, C.; Martínez M., E.; Perales, H. R. & Álvarez B., E. R. (2013). Projecting the effects of climate change on the distribution of maize races and their wild relatives in Mexico. *Global Change Biology*, 18(3), 1073-1082.
- VanderMolen, K. (2011). Percepciones de cambio climático y estrategias de adaptación en las comunidades agrícolas de Cotacachi. *Ecuador Debate*, 82, 146-157.
- Vargas-De la Mora, A. L. (2018). Ganadería en zonas de amortiguamiento en Chiapas: Análisis de los capitales de la comunidad. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(4), 565-583.
- Viguera, B.; Martínez R., M. R.; Donatti, C. I.; Harvey, C. A. & Alpizar, F. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Conservación Internacional, Centro Agronómico Tropical de Investigación Enseñanza.
- Zhang, X., & Yang, F. (2004). *RClimdex (1.0): Manual del usuario* (J. L. Santos, Trad.). Climate Research Branch Environment Canada Downsview, Ontario Canada.

## CAPÍTULO 5. APÉNDICES

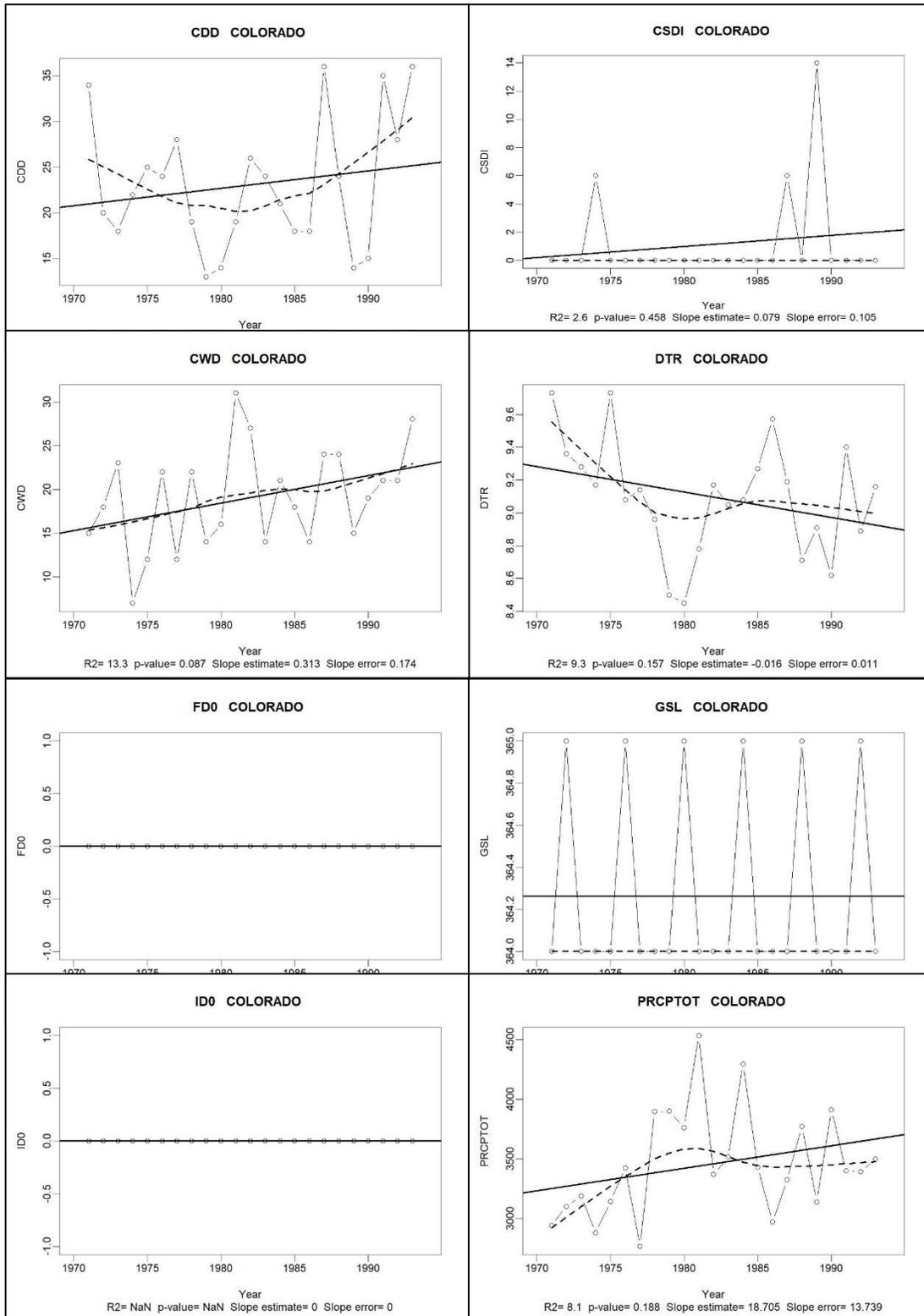
### Apéndice A. Lista de los Índices Climáticos básicos de ETCCDMI calculados para las estaciones en la Selva Lacandona

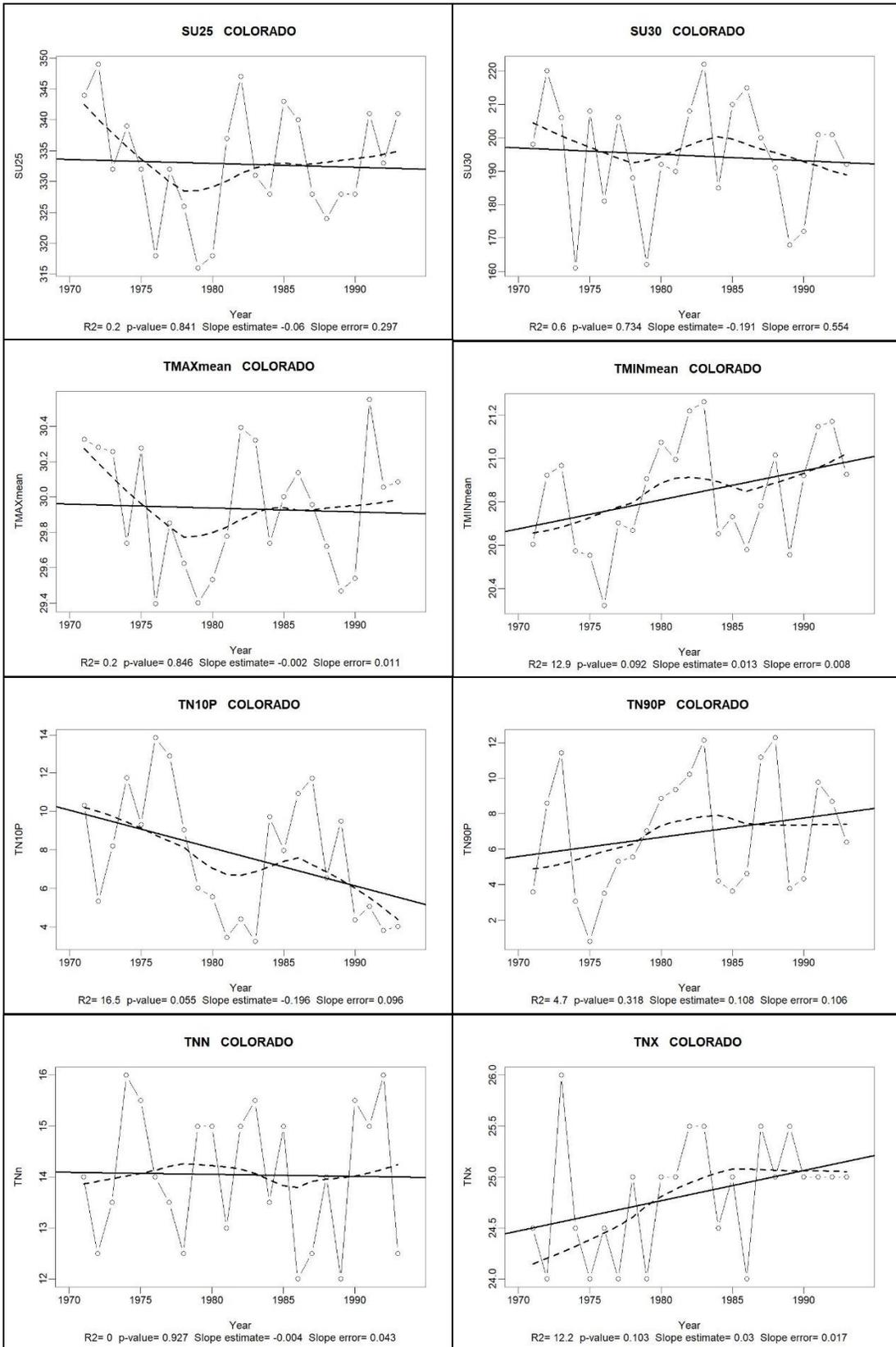
<b>ID</b>	<b>Nombre del Indicador</b>	<b>Definición</b>	<b>UNIDAD</b>
FD0	Días de heladas	Número de días en un año cuando TN(mínimo diario)<0°C	Días
SU25	Días de verano	Número de días en un año cuando TX(máximo diario)>25°C	Días
ID0	Días con hielo	Número de días en un año cuando TX(máximo diario)<0°C	Días
TR20	Noches calientes	Número de días en un año cuando TN(mínimo diario)>20°C	Días
GSL	Duración de la estación de cultivo	Annual (1 Ene a 31 Dic en HN, 1 Julio a 30 Junio en HS) cuenta entre el primer periodo de por lo menos 6 días con TG>5°C y primer periodo después de Julio 1 (Enero 1 en HS) de 6 días con TG<5°C	Días
TXx	Max Tmáx	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria	°C
TNx	Max Tmín	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria	°C
TXn	Min Tmáx	Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria	°C
TNn	Min Tmín	Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria	°C
TN10p	Noches frías	Porcentaje de días cuando TN<10th percentil	Días
TX10p	Días fríos	Porcentaje de días cuando TX<10th percentil	Días
TN90p	Noches calientes	Porcentaje de días cuando TN>90th percentil	Días
TX90p	Días calientes	Porcentaje de días cuando TX>90th percentil	Días
WSDI	Indicador de la duración de periodos calientes	Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TX>90th percentil	Días
CSDI	Indicador de la duración de periodos fríos	Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TN<10th percentil	Días
DTR	Rango diurno de temperatura	Diferencia media mensual entre TX y TN	°C
RX1day	Cantidad Máxima de precipitación en un día	Máximo mensual de precipitación en 1 día	Mm
Rx5day	Cantidad Máxima de precipitación en 5 días	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos	Mm
SDII	Índice simple de intensidad diaria	Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por PRCP>=1.0mm) en un año	Mm/día

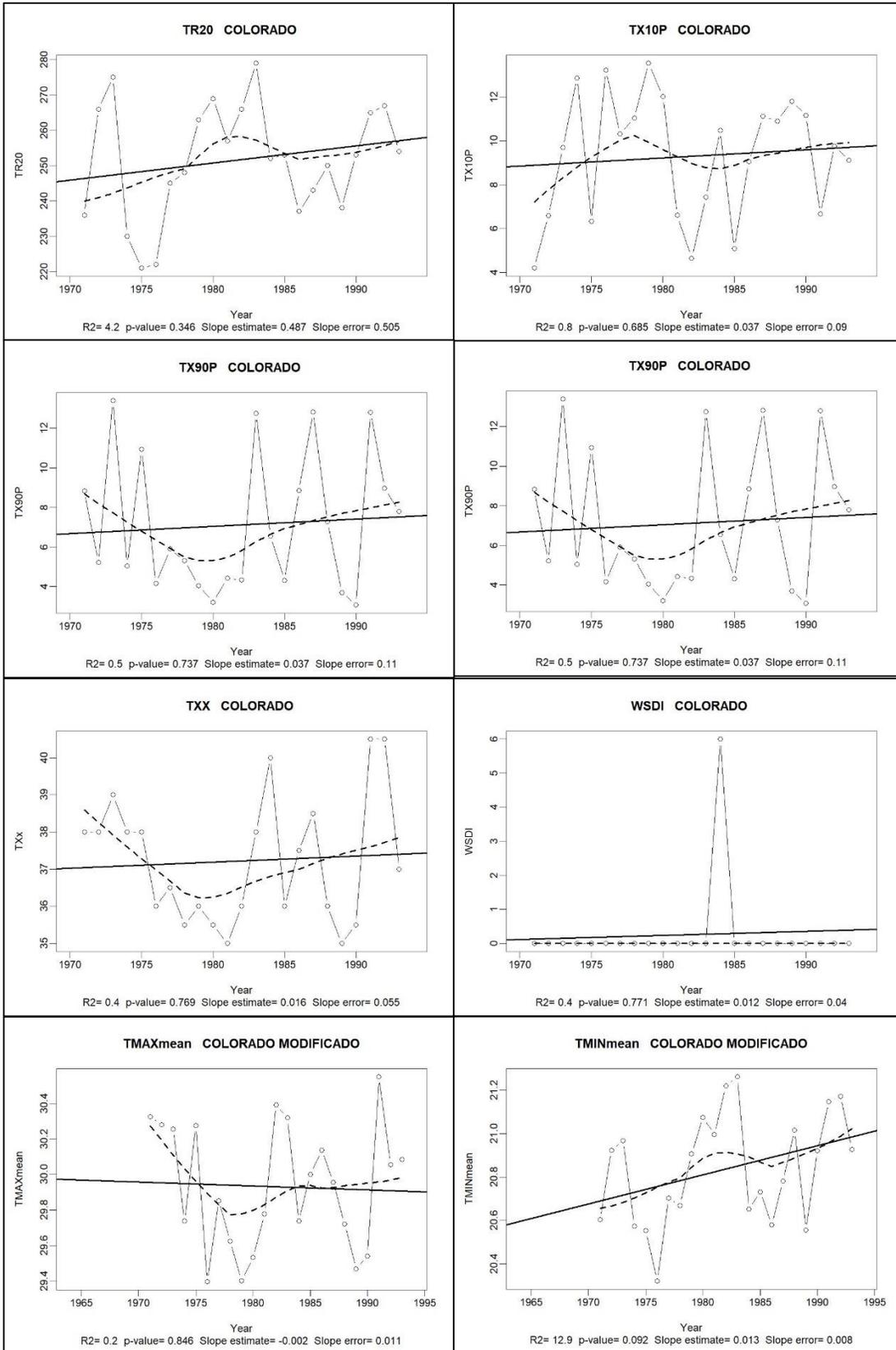
R10	Número de días con precipitación intensa	Número de días en un año en que $PRCP \geq 10\text{mm}$	Días
R20	Número de días con precipitación muy intensa	Número de días en un año en que $PRCP \geq 20\text{mm}$	Días
Rnn	Número de días sobre nn mm	Número de días en un año en que $PRCP \geq nn$ mm, nn es un parámetro definido por el usuario	Días
CDD	Días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con $RR < 1\text{mm}$	Días
CWD	Días húmedos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con $RR \geq 1\text{mm}$	Días
R95p	(Días muy húmedos)	Precipitación anual total en que $RR > 95$ percentil	Mm
R99p	Días extremadamente secos	Precipitación anual total en que $RR > 99$ percentil	mm
PRCPTOT	Precipitación total anual en los días húmedos	Precipitación anual total en los días húmedos ( $RR \geq 1\text{mm}$ )	mm

# Apéndice B. Índices calculados por estación meteorológica

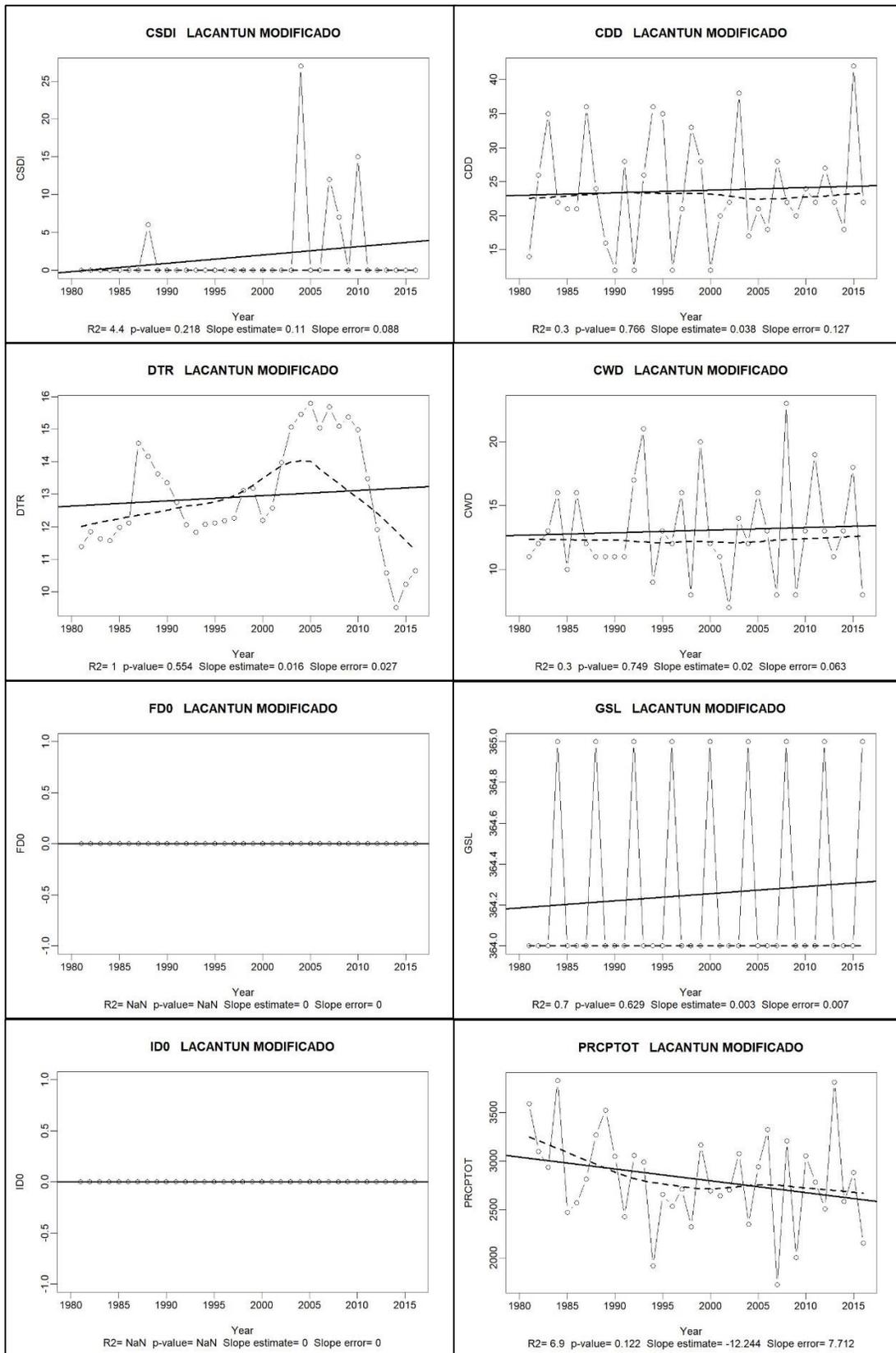
## 1. Estación El Colorado

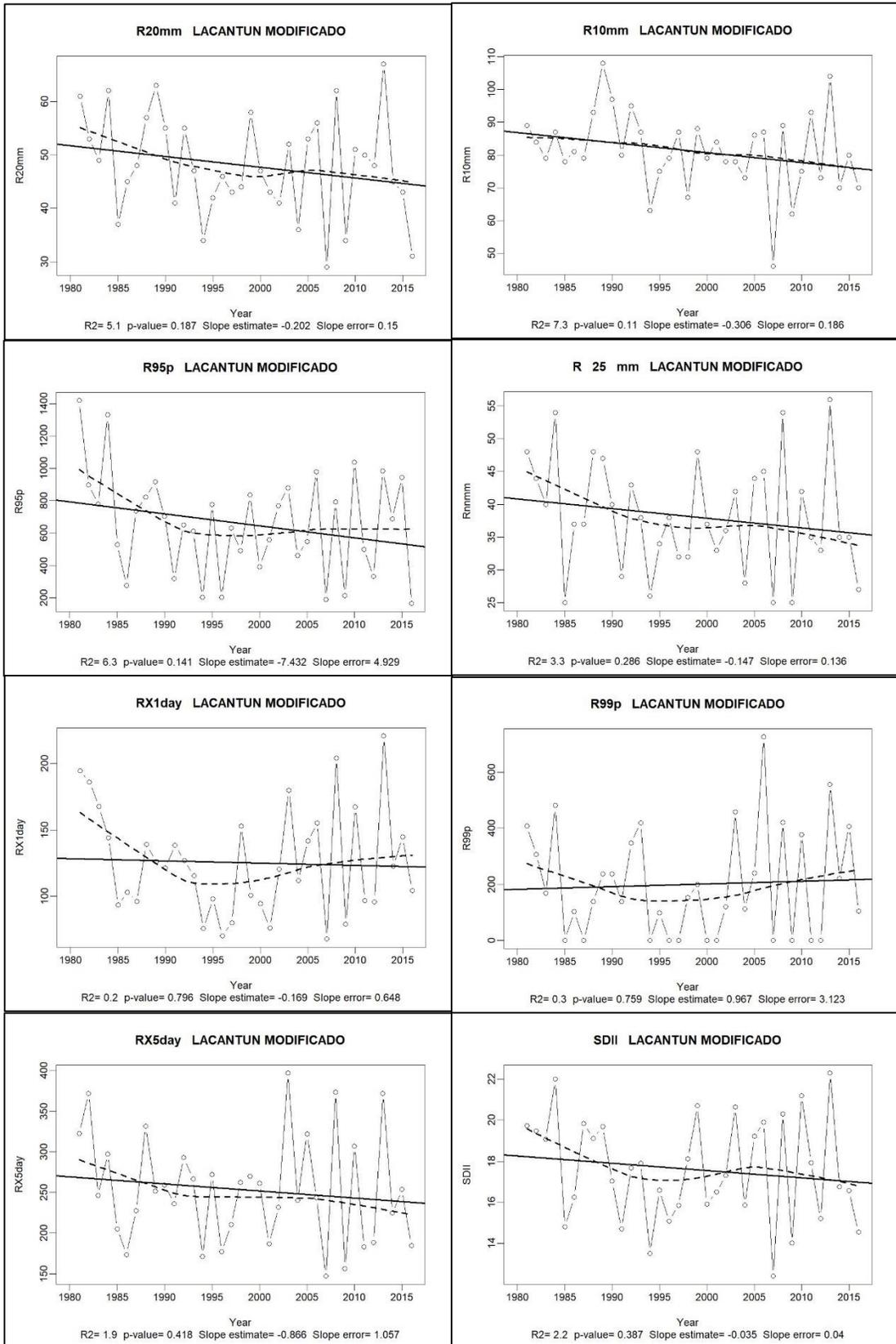


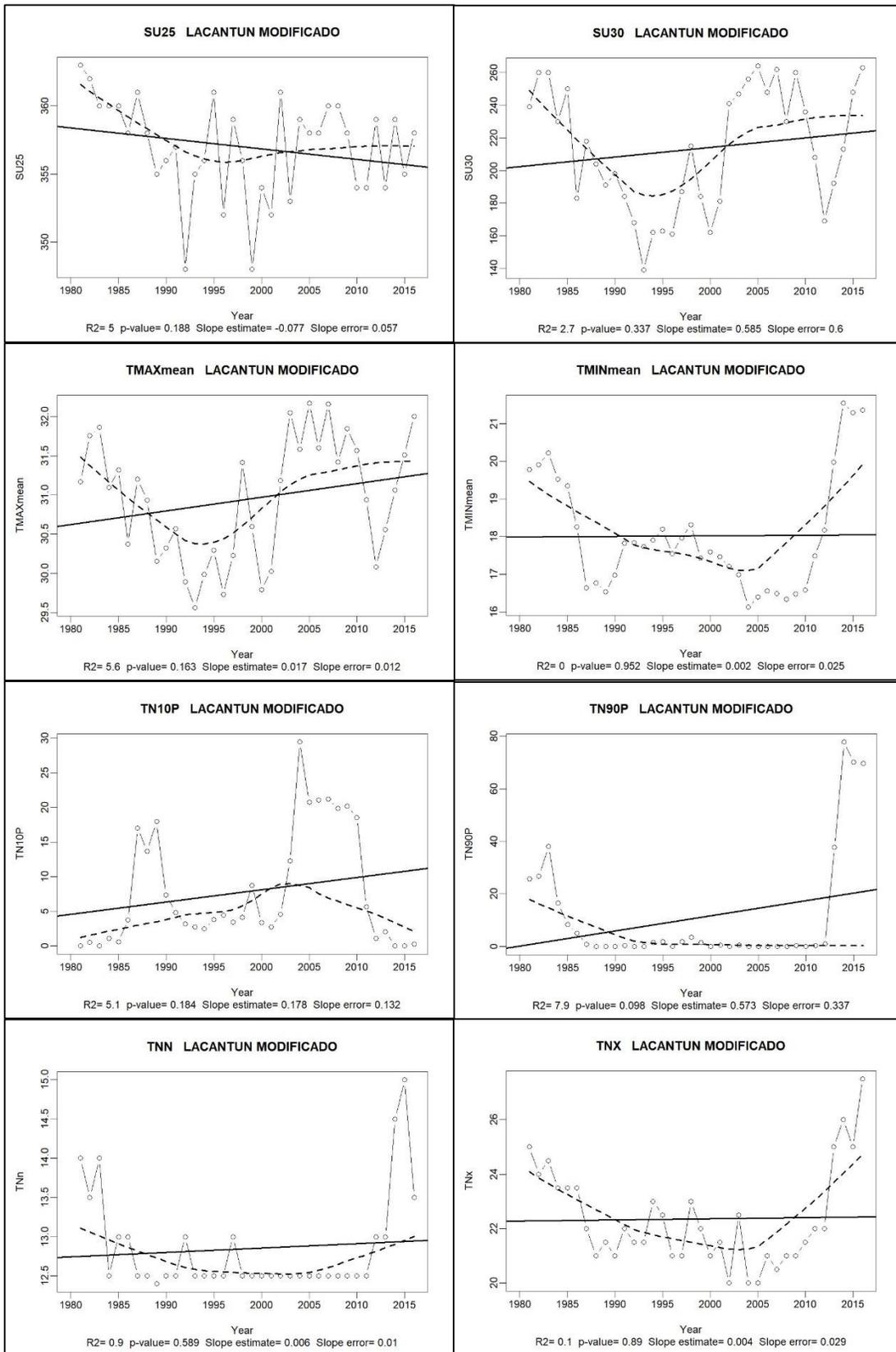


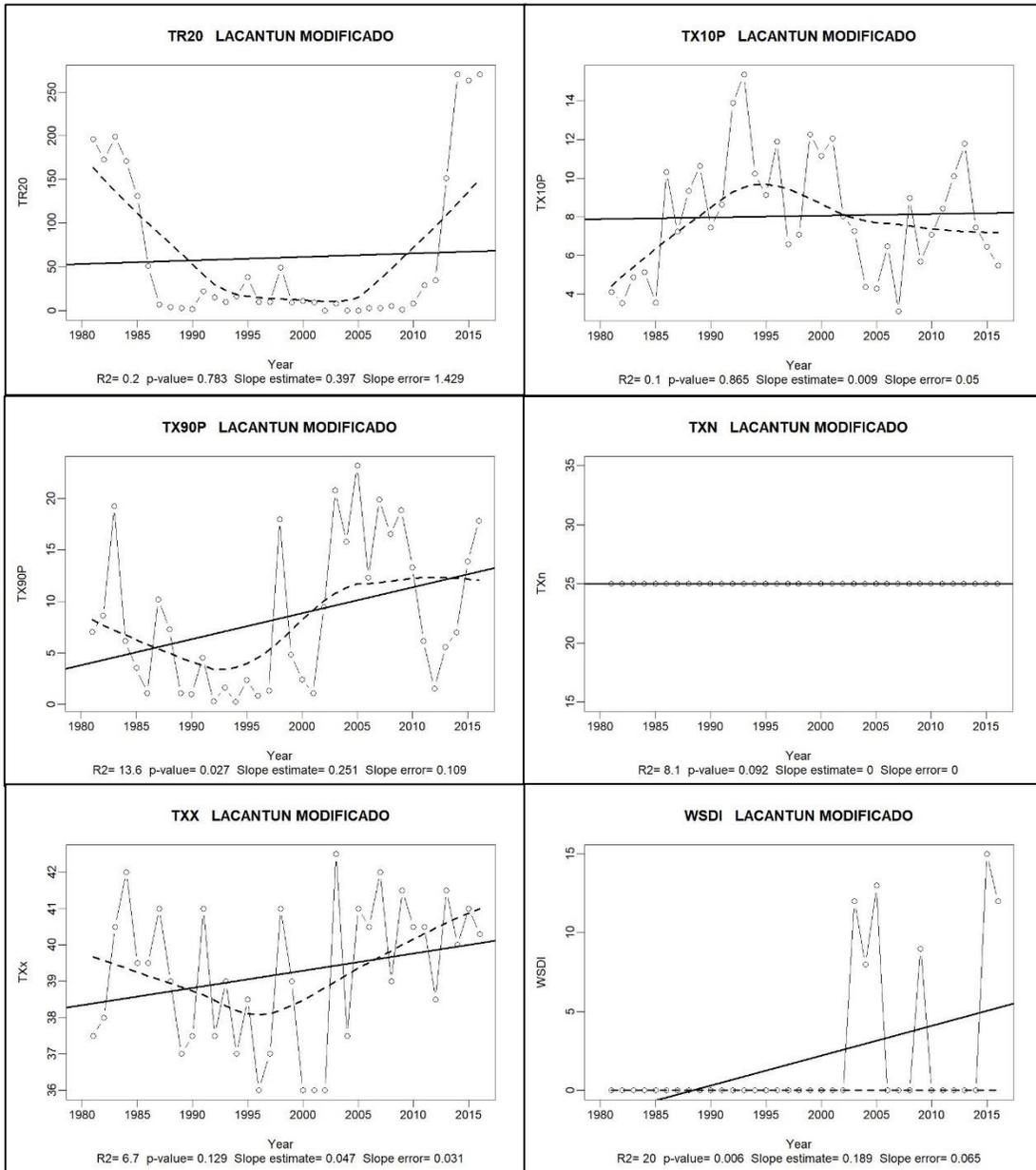


## 2. Estación Lacantún

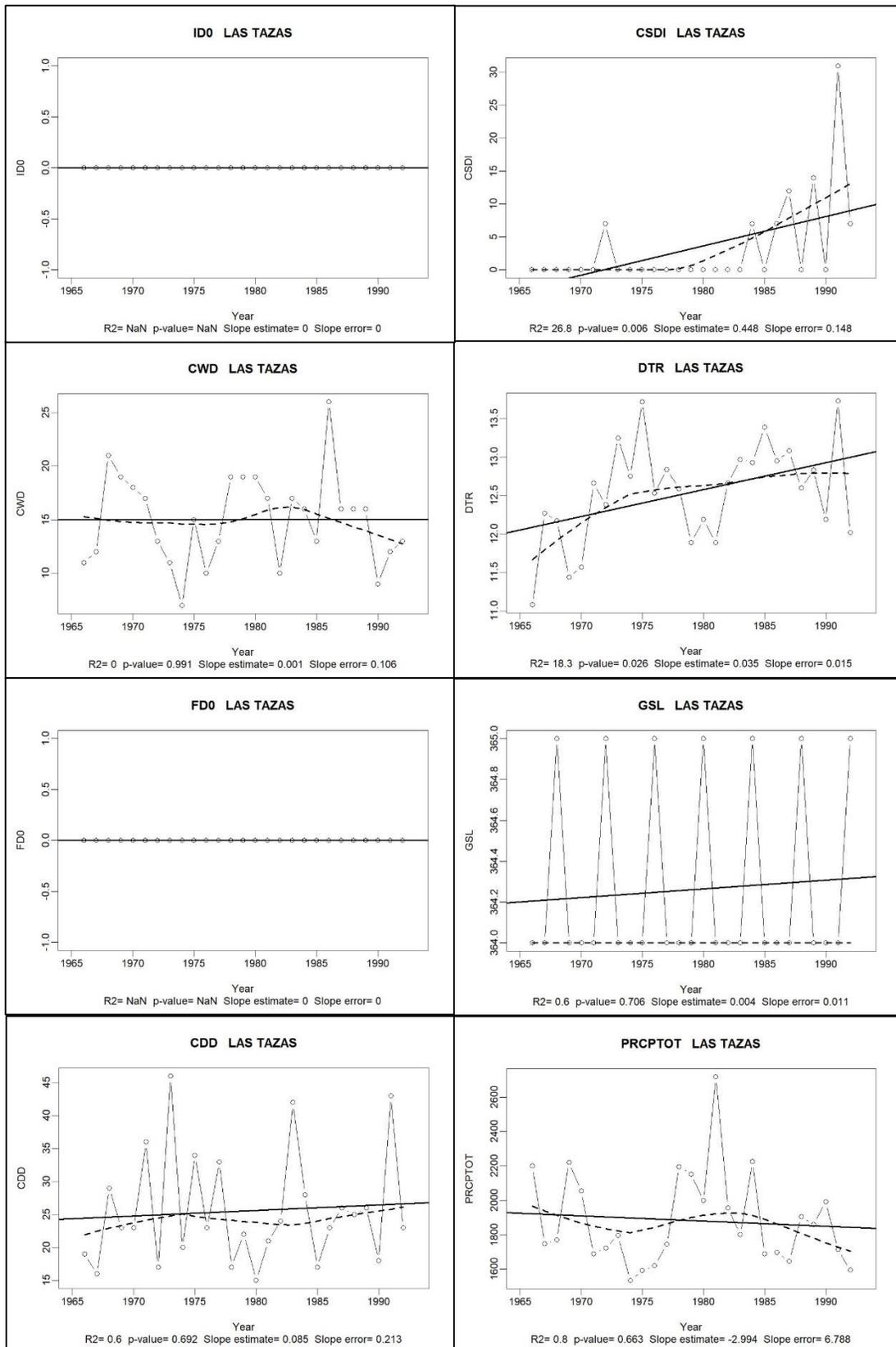


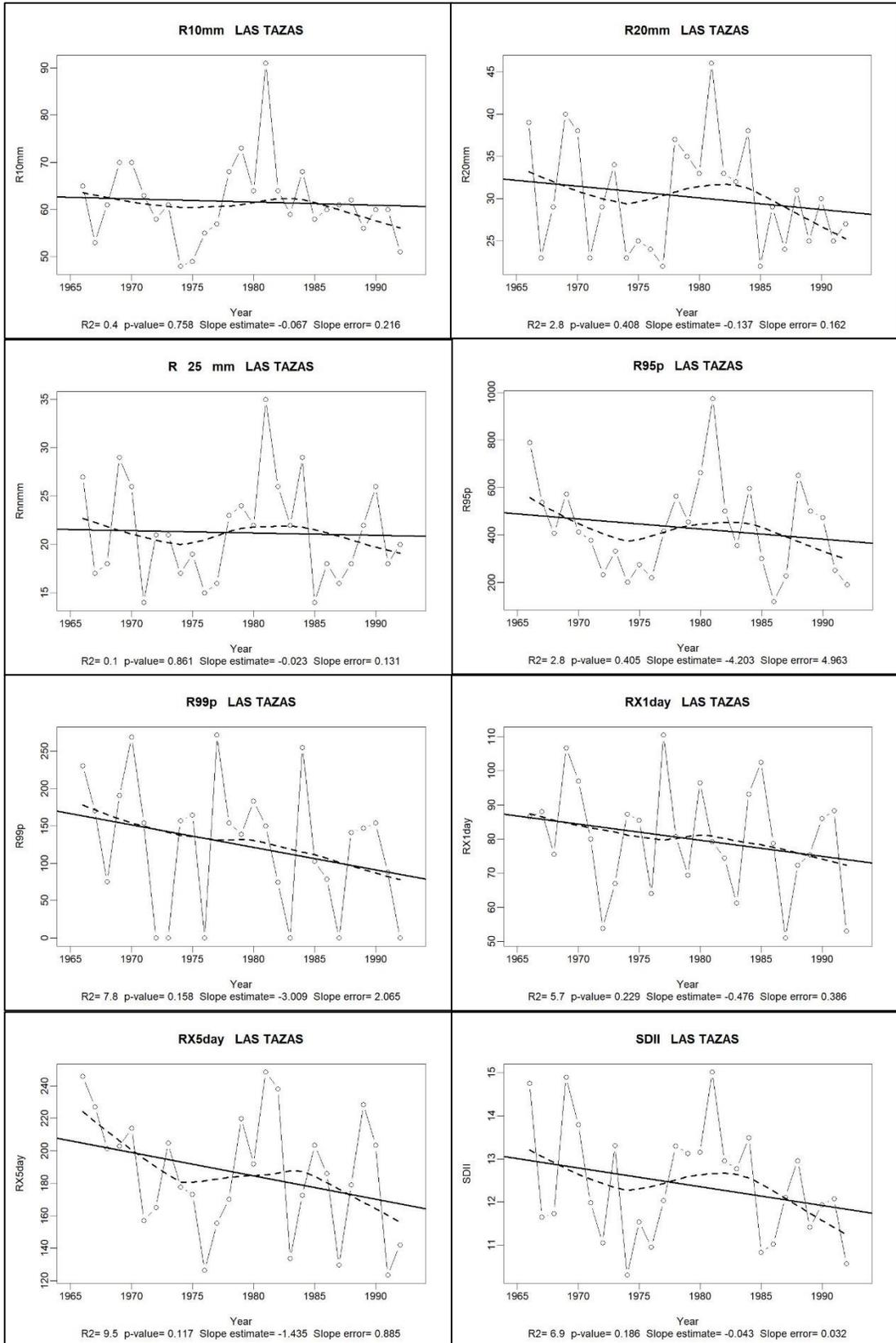


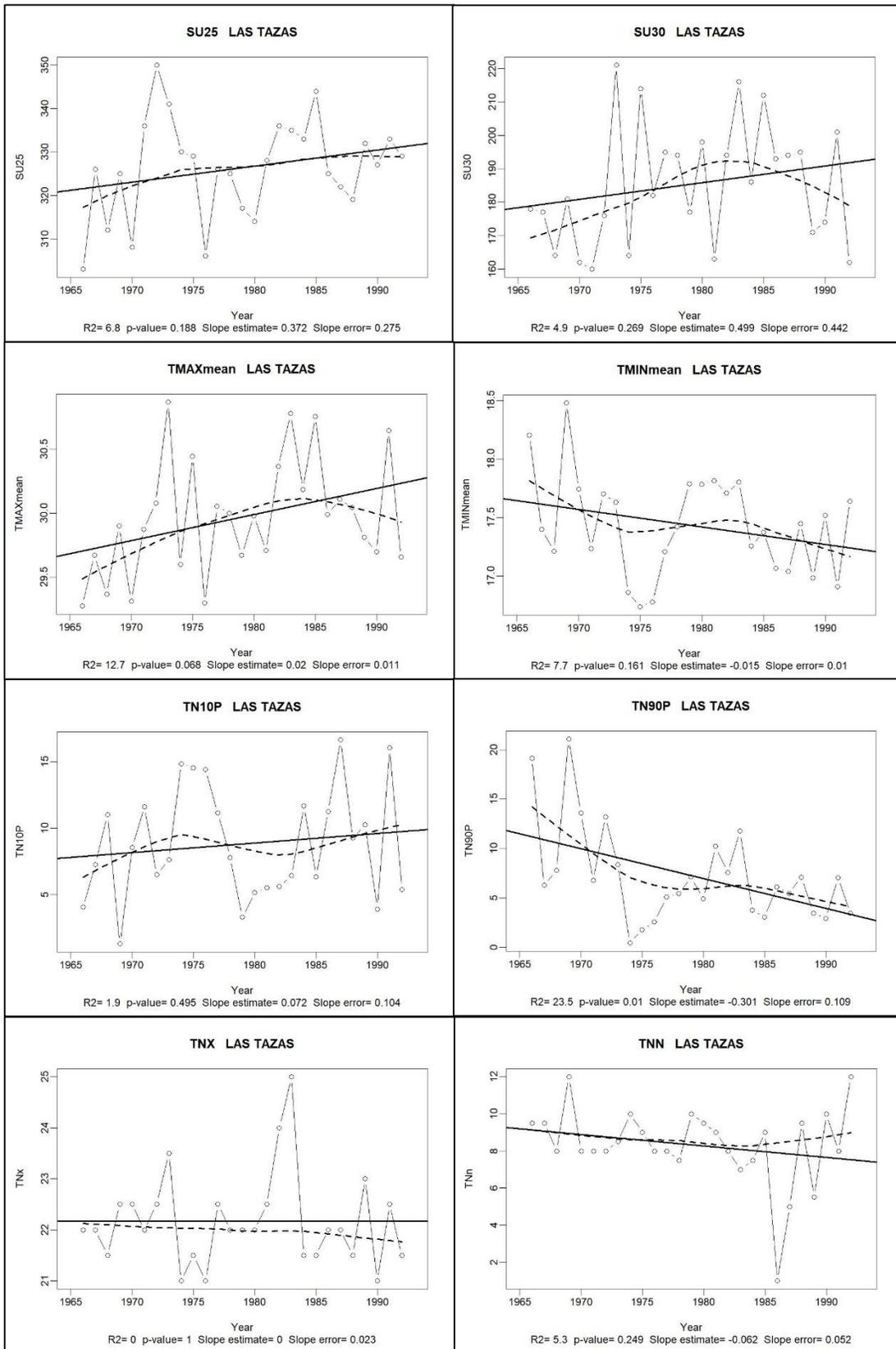


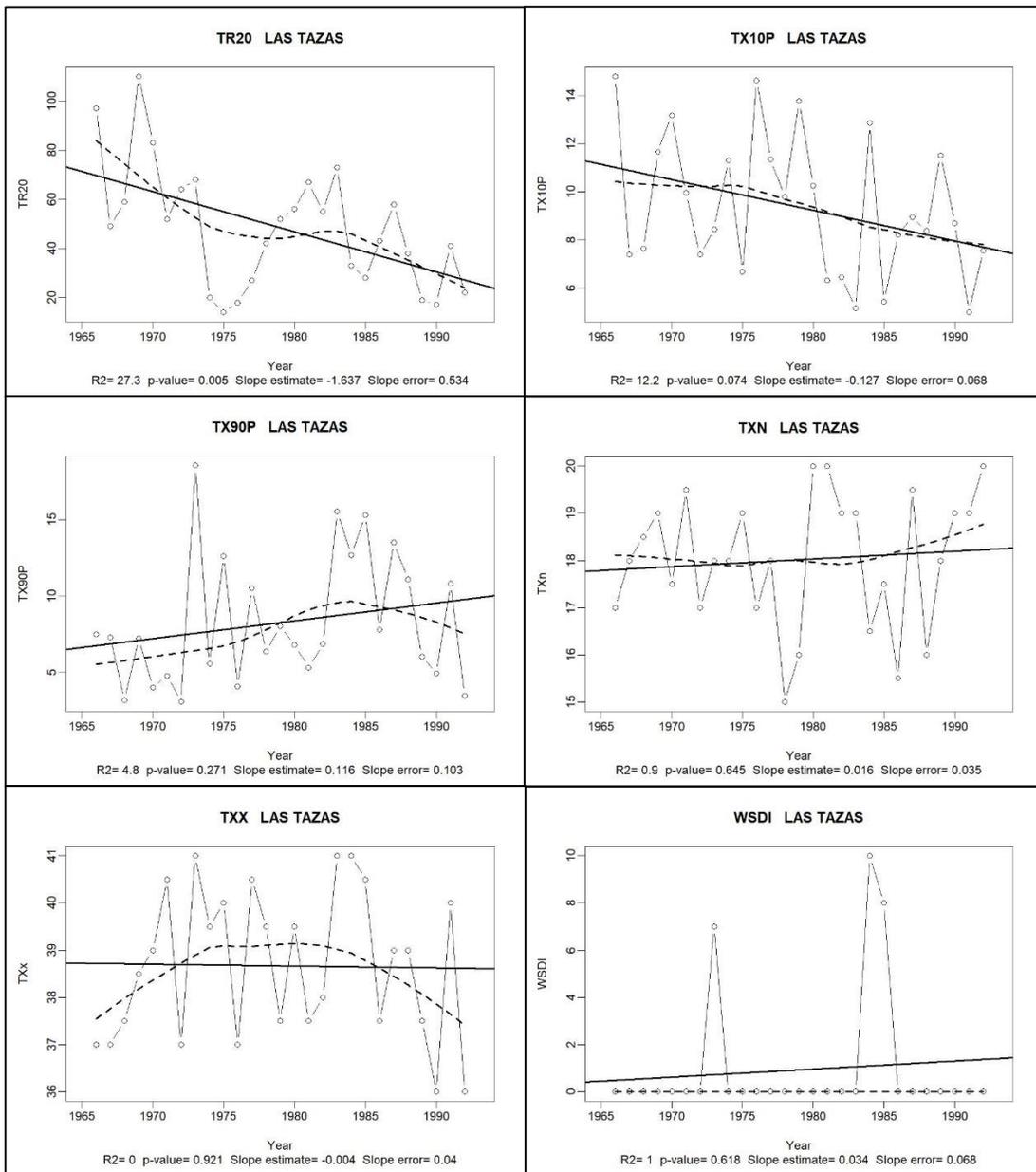


### 3. Estación Las Tazas

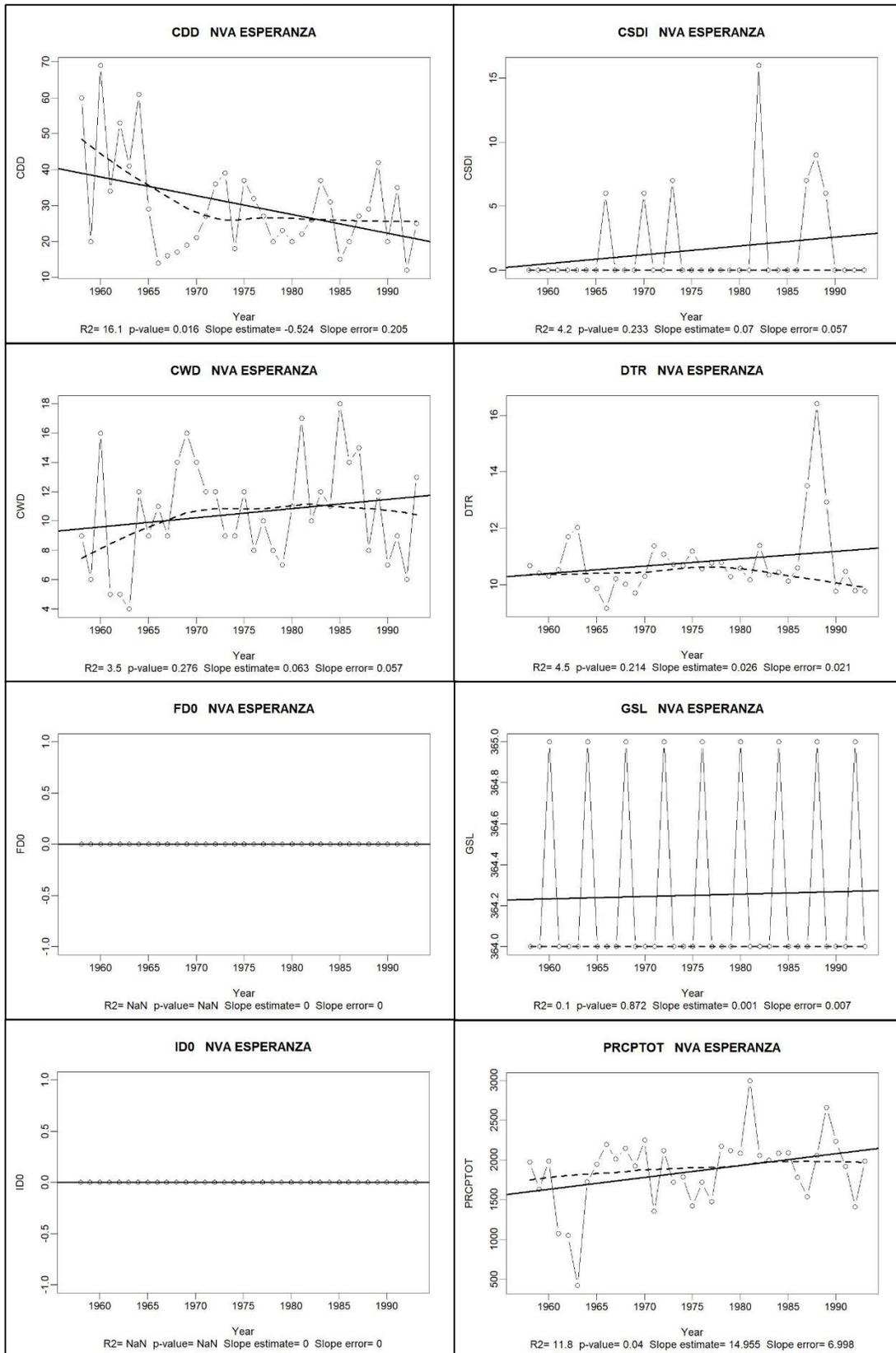


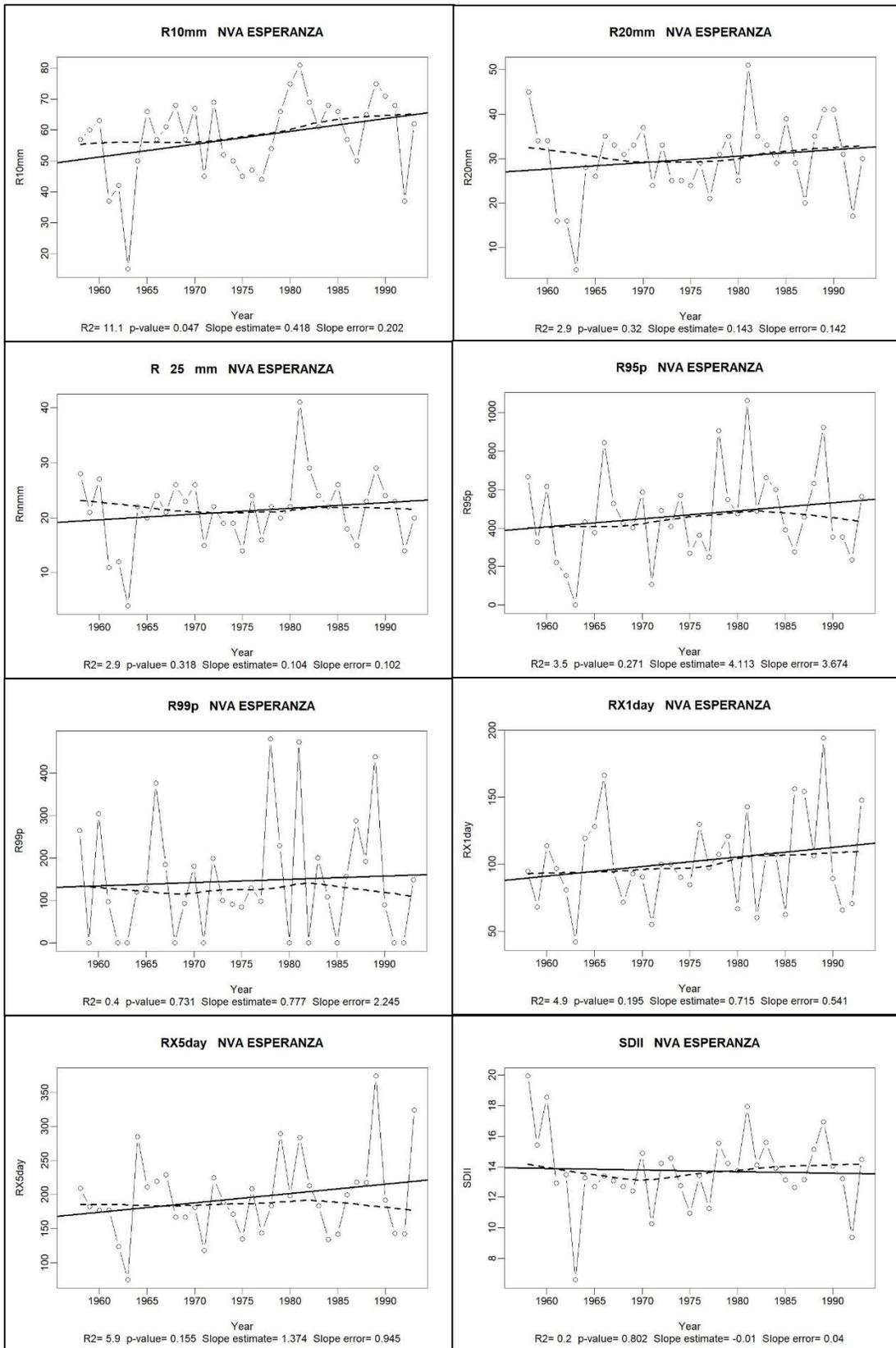


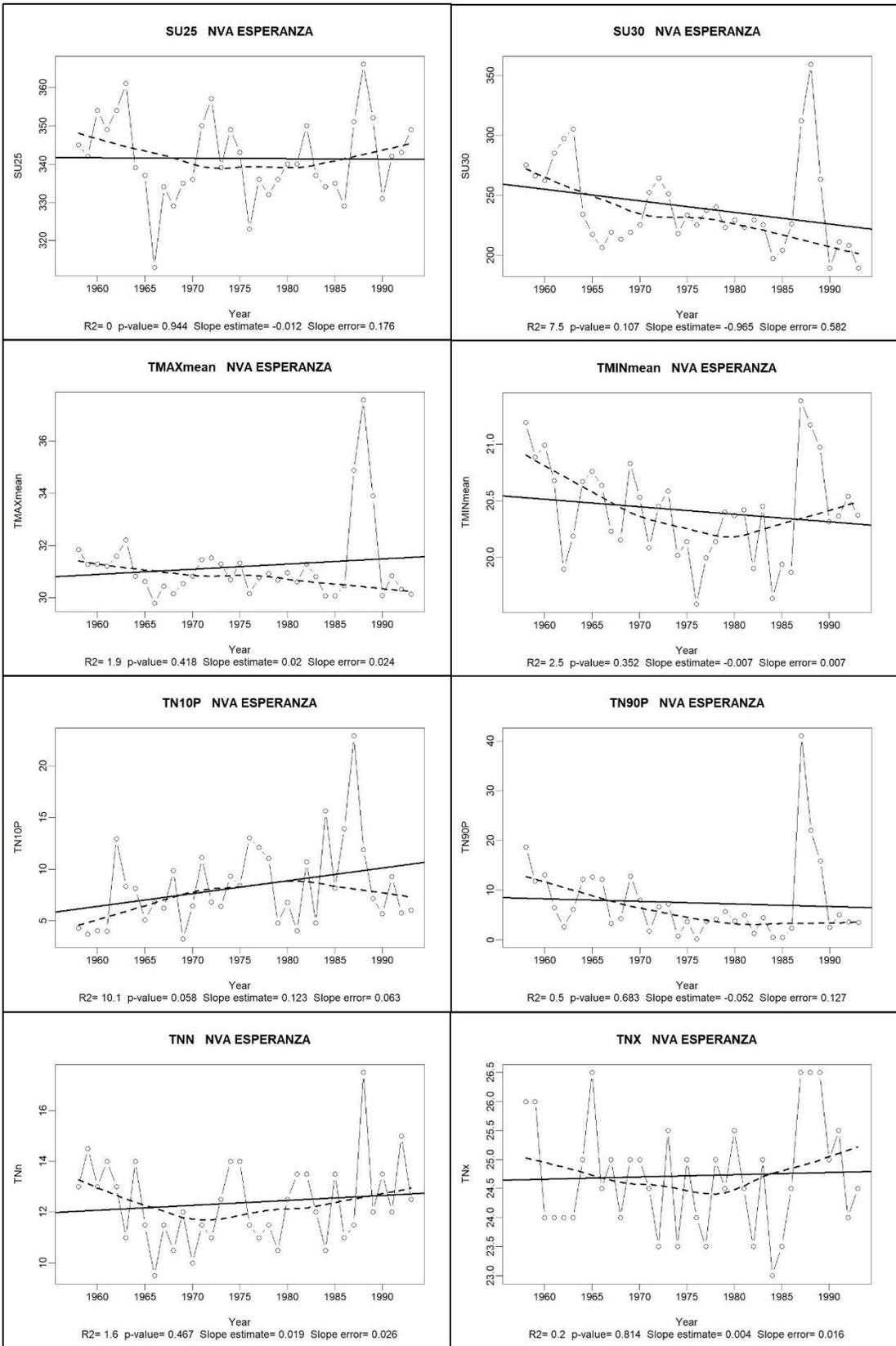


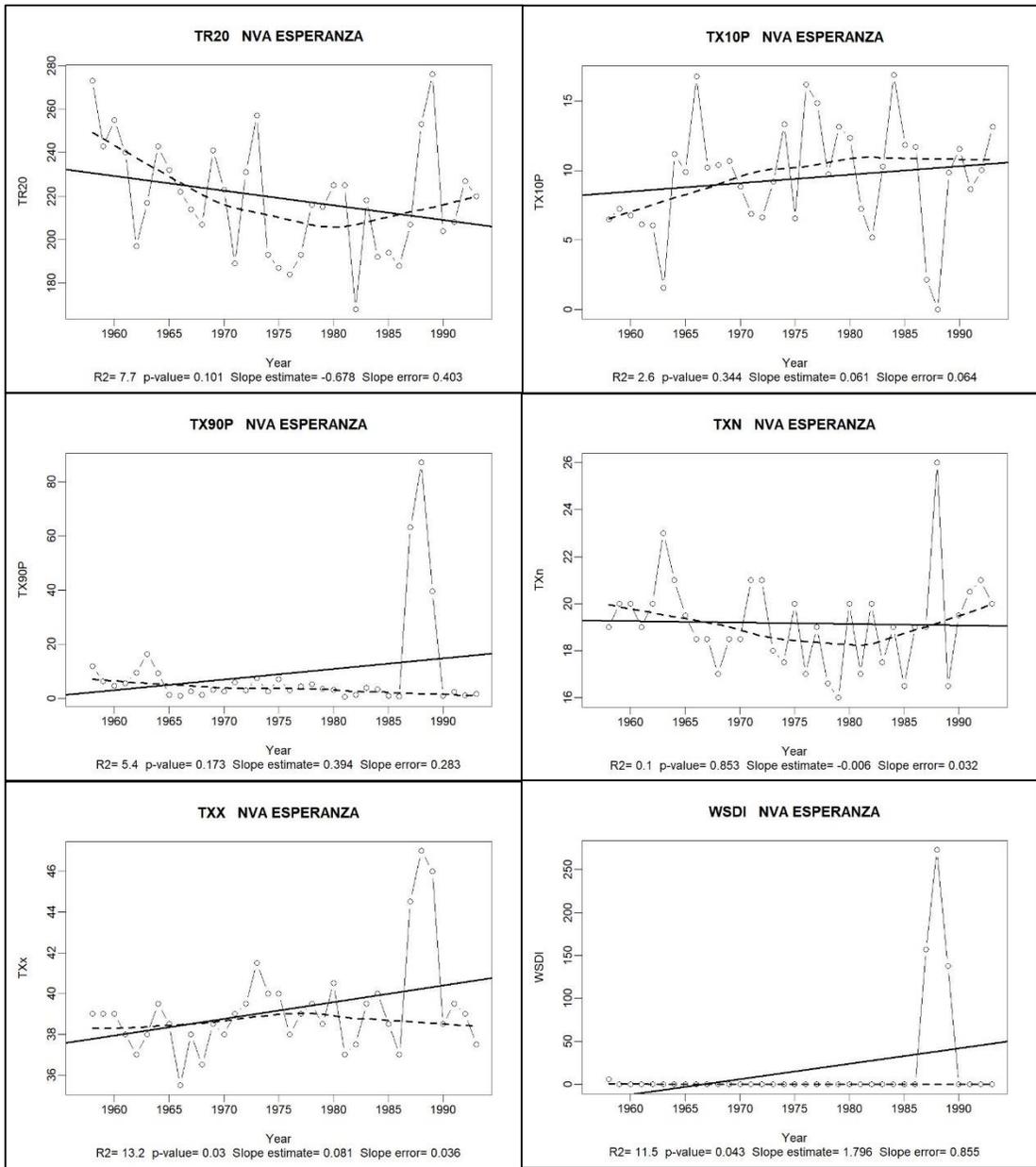


#### 4. Estación Nueva Esperanza









## 5. Estación San Quintín

