



El Colegio de la Frontera Sur

Sequías y efectos en las prácticas agrícolas de familias campesinas del Sur de la Península de Yucatán

TESIS

**presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

por

Silvia Sofía Márdero Jiménez

2011

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud, voluntad y rodearme de la gente y las situaciones ideales para ir logrando una a una mis metas.

A CONACYT por la beca otorgada para mis estudios de Maestría y a la fundación Gordon y Betty Moore por el presupuesto otorgado para esta investigación.

A mi Tutora Birgit Schmook por el apoyo, el tiempo dedicado, la paciencia y sus enseñanzas.

A todo mi consejo tutelar Guadalupe Alvarez, Claudia Radel y muy especialmente a Elsa Nickl, quien estuvo todo el tiempo al pendiente y disponible para despejar mis dudas y orientarme. A mis sinodales Gerald Islebe y Angélica Navarro por el tiempo destinado a la revisión de mi tesis, por sus consejos y observaciones.

A los 150 campesinos entrevistados y sus familias por haberme permitido entrar a sus hogares y haber compartido conmigo algunas de sus experiencias.

A mi familia humana y perruna. Mis padres Marcial y Sofía a los que les debo y les dedico todo lo que soy, y a quienes tuve en mi mente cada momento en estos dos años de ausencia. A Gaby, Marcial y Marcos por ser los mejores hermanos que la vida pudo regalarme y por ser un gran ejemplo de lo que el esfuerzo, la dedicación y un gran corazón pueden lograr y a los 8 miembros

perrunos de nuestra familia que de alguna forma también padecieron la falta de tiempo y atenciones durante la parte más complicada de la tesis.

A Odin, quien a pesar de mis arranques de estrés y mal humor se mantuvo al pie del cañón, alentándome siempre a ser una persona mejor.

A Mirna Canul, no solo por su ayuda en la realización de mi tesis, si no por ser mi amiga y consejera.

A Ana Perea por su contribución a la tesis, por las platicas para matar el tiempo en campo y por aguantar sin reírse demasiado mis múltiples quejas por los insectos, el calor y demás inconvenientes que el trabajo de campo a veces representa.

A Miguel Xijún y María Manzón por su ayuda y su paciencia.

A mis amigos de la maestría, que además de brindarme su amistad estuvieron al pendiente de mí por temor a que mi forma de ser despistada y un poco dispersa provocara que un día me perdiera de regreso a casa.

Dentro de mis amigos, muy especialmente a Nancy Mercado y Crisol Méndez, que durante los últimos meses me alimentaron, pasearon a mi perro abandonado, y aguantaron mi nueva, pero temporal personalidad aburrida y malhumorada.

Resumen

La variabilidad climática ha sido una constante en la historia del clima terrestre a diversas escalas, y sus formas de manifestación son a través de las anomalías climáticas como frentes fríos, olas de calor, huracanes frecuentes, y sequías, entre otros. De estas formas de variabilidad hay quienes afirman que la sequía, por su duración y el alcance de sus efectos naturales, sociales y económicos, es considerada como la anomalía climática más preocupante a nivel mundial y, a pesar de eso carece de una definición común, ya que a veces no se tiene bien establecido que la provoca, cuándo inicia, cuándo termina ni la extensión que abarca el fenómeno y sus efectos.

En el Sur de la Península de Yucatán algunas zonas registran una disminución de precipitación hasta de menos 12 mm anuales (periodo 1973 – 2002). Este hecho podría estar relacionado con el Cambio Climático actual, provocado ya sea por causas antropogénicas o por diversos fenómenos como el oscurecimiento global por la disminución de la radiación, aunque esta relación entre sequías y variabilidad de la precipitación con el Cambio Climático actual es ampliamente debatible. Lo que sí resulta un hecho es que los efectos más desastrosos de las sequías y la variabilidad de la precipitación desde tiempos antiguos, se han concentrado en la agricultura de temporal practicada por los campesinos más pobres que carecen de sistemas de riego, fertilizantes y semillas mejoradas y crédito,. Así, cualquiera que sea el origen y las causas de las sequías, presentan muchos desafíos críticos para la humanidad, y uno de ellos es,

indudablemente, la adaptación de los grupos sociales más vulnerables como lo son los campesinos tradicionales.

Por lo tanto, los campesinos en el Sur de la Península de Yucatán han realizado diversas acciones de respuesta como lo son las modificaciones en sus calendarios agrícolas, la diversificación de cultivos y la combinación de una amplia gama de actividades económicas.

Palabras clave.

Variabilidad climática, precipitación, Península de Yucatán, adaptación, diversificación laboral.

CONTENIDO

I Introducción

1.1 Problema de estudio y justificación

1.2 Revisión de Literatura

1.3 Objetivos de la investigación

1.4 Hipótesis

II Marco teórico conceptual

III Metodología General

3.1 Ubicación de la zona de estudio

3.2 Selección de ejidos a encuestar y obtención de muestra

3.3 Selección de estaciones climatológicas

3.4 Elaboración del cuestionario

3.5 Aplicación de encuestas (trabajo de campo)

IV Metodología para análisis climatológicos

4.1 Obtención de datos climatológicos

4.2 Selección de estaciones meteorológicas

4.3 Análisis climatológicos

V. Metodología de diversificación campesina y cambios en la agricultura

5.1 Análisis de las sequías y sus efectos en la agricultura

5.2 Análisis de la diversificación campesina

VI. Capítulo I. La variabilidad de la precipitación y las Sequías en el Sur de la Península de Yucatán

6.1 Resultados

VII. Capítulo II. La diversificación de las actividades económicas de los campesinos y los cambios en la agricultura como consecuencia de las sequías

7.1 Resultados

VIII. Discusión

8.1 Las sequías en el Sur de la Península de Yucatán

8.2 La agricultura y la diversificación de las actividades campesinas

IX. Conclusiones

X. Literatura citada

I. Introducción

El clima de una región depende de un gran número de factores que interactúan de manera compleja. A diferencia del concepto tradicional de clima, que lo define como el promedio de alguna variable, hoy en día se considera el clima como un estado cambiante de la atmósfera, mediante sus interacciones con el mar y el continente. Cuando un parámetro meteorológico como la precipitación se desvía de su valor medio registrado en una serie de tiempo, se habla de una anomalía climática ocasionada, ya sea por forzamientos internos como inestabilidad en la atmósfera y/o el océano; o por forzamientos externos como el cambio en la intensidad de la radiación solar recibida o incluso por cambios en las características de la superficie terrestre (concentración de gases de efecto invernadero, cambios en el uso de suelo, etc.) resultado de la actividad humana (Webster, P.J., 1994).

Como un sistema dinámico y complejo, el clima presenta variaciones (Storch *et al.*, 1999), que ocurren a diversas escalas, tanto temporales como espaciales (Smithers *et al.*, 1997). En la escala temporal, se puede hablar por ejemplo de la variabilidad estacional, intra-estacional, anual, inter-anual y variabilidad inter-decadal (Alfaro, 2009), eventos que están asociados a la ocurrencia de anomalías (Sauchyn, 2003). Entonces, la determinación de la variabilidad climática se logra mediante la determinación de las anomalías, las cuales se hacen evidentes cuando los valores de las variables climatológicas (temperatura, presión atmosférica, humedad, precipitación, etc.) fluctúan por arriba o por debajo de sus valores promedios (Galindo, 2007).

En las últimas décadas, a esta variabilidad natural del clima se ha sumado la comprobación de que las actividades antropogénicas están incidiendo en el cambio del clima con diversos efectos, fenómeno que ha sido denominado cambio climático antropogénico, es decir, "las alteraciones en el delicado equilibrio del clima del planeta causadas por el propio ser humano" (Martínez y Osnaya, 2004). El Tercer Informe de Evaluación de Cambio Climático del IPCC (2001), basándose en modelos climáticos sugiere que dentro de algunos de los efectos provocados por el Cambio Climático¹ se encuentra que el ciclo hidrológico se verá ampliamente afectado tanto en la distribución de las precipitaciones como en la ocurrencia e intensidad de los huracanes y las sequías. Estos efectos provocarán la caída de la productividad de las actividades agropecuarias y una consecuente reducción en la producción de alimentos, mayor frecuencia de incendios forestales, las lluvias torrenciales provocarán peligrosas inundaciones, el aumento en el nivel del mar provocará daños severos a las infraestructuras costeras como puertos y bahías y ocurrirán alteraciones graves a la salud debidas, por ejemplo, a los llamados "golpes de calor"; así como a la transmisión de enfermedades por vectores (Galindo, 2007).

Dentro de las anomalías climáticas mencionadas (variabilidad de las precipitaciones, huracanes, ondas de calor, sequías, entre otras), la sequía es considerada a escala mundial la anomalía climática más preocupante (Sauchyn, 2003; Hagman, 1984) y, sin embargo, carece de una definición comúnmente aceptada, debido a la multiplicidad de causas y a la gran variedad de formas en

¹ Referido en el resto de la tesis como CC.

que puede presentarse (Martín-Vide, 1994). Incluso existe, hoy en día, la idea de que la sequía en sí, no es una anomalía climática, sino parte del sistema climático global. Cualquiera que sea su definición, las sequías históricamente han causado problemas económicos, sociales y ambientales en muchas partes del mundo ya que su distribución espacial generalmente es mayor que la superficie dañada por otros fenómenos naturales (Hernández *et al.*, 2007). Algunos ejemplos de grandes sequías con efectos devastadores en el mundo son la ocurrida en India entre 1790 y 1796, que se sintió a lo largo y ancho del globo y trajo consigo levantamientos civiles y tumultos. La 'Gran Sequía' de la era victoriana, entre 1876 y 1878 se extendió desde China hasta la India e Indonesia y provocó hambrunas que acabaron con la vida de alrededor de 30 millones de personas. También, existen algunas teorías sobre la influencia de las sequías en la caída de grandes imperios como la Civilización Maya, la Dinastía Ming, la gran Mesopotamia, entre otras (Haug *et al.*, 2003; Diamond, 2005; Gill, 2008).

Así como las sequías y algunas otras formas de variabilidad climática han afectado distintas civilizaciones y poblaciones en todo el mundo, sus efectos también han estado presentes a lo largo de la historia climática de México. En México hay una gran variabilidad climática (Wallen, 1955; Kutzbach y Street-Perrot, 1985) debido a la influencia de muchos elementos como la latitud, la proximidad al Océano Pacífico y Golfo de México (Campos, 1992), la orografía del país y a los rasgos de la circulación atmosférica (García, 2003), así como a la teleconectividad del fenómeno del Niño (Cavazos y Hastenrath, 1990). Recientemente se ha acumulado enorme evidencia de que el clima en México

exhibe fluctuaciones distintas a las registradas años atrás. La evaluación de un posible cambio en el régimen pluviométrico es fundamental, ya que la precipitación tiene un papel importante en el manejo de los recursos naturales, debido a que tiene una gran influencia sobre las actividades agrícolas (principalmente si es agricultura de temporal), pecuarias y forestales, así como para una gran variedad de actividades económicas e incluso al comportamiento y desarrollo social (Corte-Real *et al.*, 1998). De acuerdo con Hernández *et al.* (2007) México, por su localización geográfica, es sumamente vulnerable a la acción desastrosa de las sequías, y la escasa cobertura de infraestructura para el riego en la superficie cultivada del país de tan solo 23% (Burgin y Berdegue, 2009) colocan a México en una postura de gran vulnerabilidad ante variaciones climáticas. Por este motivo, la producción de alimentos en México siempre ha sido limitada por la variabilidad en la precipitación y la escasez de las mismas, y en riesgo por la ocurrencia de sequías frecuentes. Actualmente México se encuentra amenazado por los CC asociados al calentamiento global y las transformaciones en el uso del suelo (Liverman, 1994) como la expansión de las fronteras agrícolas y ganaderas, así como el crecimiento de los centros urbanos, entre otros.

Las tendencias de las series de precipitación en México registran una variabilidad importante durante el siglo pasado, dándose a escalas regionales y consistentes. En términos geográficos, el incremento de la precipitación se registra especialmente en las regiones áridas y semiáridas; mientras que la disminución de la lluvia se hace más evidente en el centro y las costas del Golfo de México y la Península de Yucatán; durante el verano es cuando se registran las mayores

variaciones en la precipitación (Méndez *et al.*, 2007). El futuro no aparenta ser más prometedor, de acuerdo al escenario A2² con emisiones altas de gases de efecto invernadero presentado en el Informe “La economía del Cambio Climático en México”, Galindo (2009), la precipitación promedio anual podría disminuir en promedio para todo el país en un orden de 11% en un escenario a 100 años, y en algunas partes como el norte del país podría alcanzar una reducción de 50%, en el centro alrededor de 35% y en el sureste entre 35 y 40%. Cabe resaltar, que debido a que la evaporación potencial excede a la precipitación en la mayor parte del país, hasta una reducción muy ligera en el promedio de precipitación puede poner en riesgo la agricultura. En consecuencia, más del 90% de las pérdidas registradas en la agricultura mexicana son causadas por la sequía (Liverman, 1993).

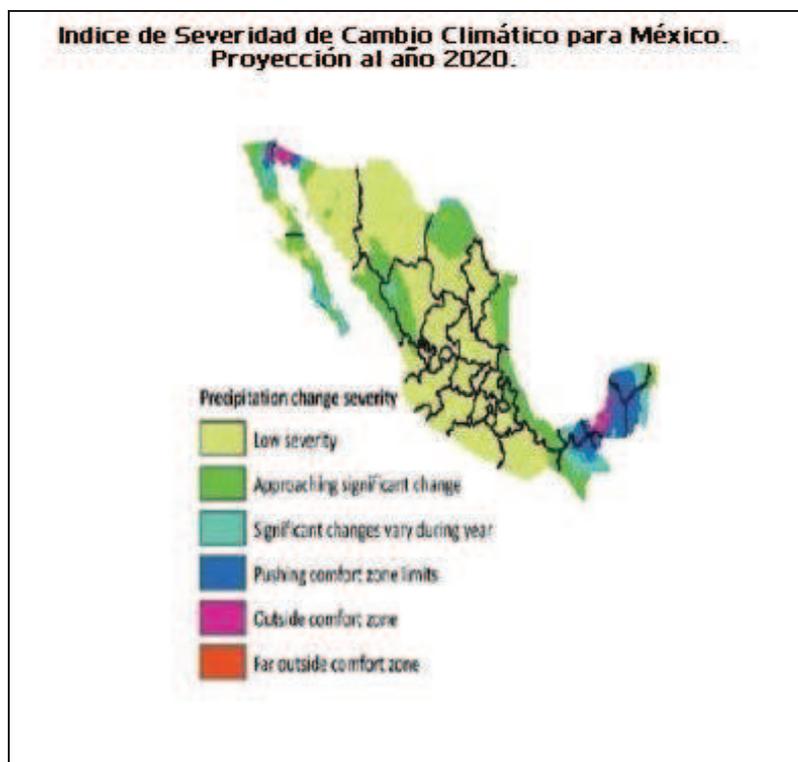
Si bien no se puede establecer la causa de esta variabilidad en la precipitación, muchos autores (Heller y Mani, 2002; Wisner *et al.*, 2007; Burgin y Berdegué, 2009) establecen como principal causa, el Cambio Climático Global. Sin embargo, el CC no figura como el único responsable, causas como la deforestación podrían también estar incidiendo de manera negativa en la precipitación. Al hablar de Cambio Climático, nos referimos tanto al calentamiento global (aumento de temperatura) como al oscurecimiento global (disminución de la radiación solar que llega a la superficie). El Oscurecimiento Global se refiere a la disminución de la radiación solar que llega a la superficie y por lo tanto menos energía para producir la evapotranspiración, que es un factor importante para la

² El escenario A2 se refiere a: Población en continuo aumento, crecimiento económico y cambio tecnológico lentos.

precipitación (Stanhill y Moreshet, 2004; Liepert, 2002). La deforestación, por su parte, es otro proceso que limita el proceso de evapotranspiración, y tiene una influencia negativa en la precipitación debido a que, al remover grandes superficies de vegetación se impide el proceso de evapotranspiración de volúmenes enormes de agua a través de las hojas (Shukla *et al.*, 2008).

La Península de Yucatán, por su ubicación y características geográficas, es una de las zonas de México más expuestas a los efectos del cambio climático, expresado principalmente por la ocurrencia de sequías y huracanes (Hernández *et al.*, 2000; Orellana *et al.*, 2009). De acuerdo con el Índice de Severidad de Cambio Climático (CHATALAC, 2008) en su mapa de Cambios en la Precipitación (proyección al 2020), la Península se encontrará en las categorías “Cambios significativos que varían durante el año” y “empujando los límites de la zona de confort” como se muestra en la figura 1:

Figura 1. Índice de severidad de cambio en la precipitación hacia el año 2020.



Fuente: Reporte de Impactos Potenciales al Cambio Climático en la Biodiversidad de Centro América, México y República Dominicana, en su mapa de Cambios en la Precipitación

La Península de Yucatán tiene un gran historial de sequías. Desde aquellas ocurridas en los años 760, 810, 860 y 910, que se presume contribuyeron o provocar el colapso de la civilización Maya, hasta las cada vez más frecuentes ocurridas en el Siglo XX y la primera década del Siglo XXI (García – Acosta 2003). En la Península de Yucatán , se han registrado periodos de disminución de la precipitación con respecto a la media, definidos por el Palmer Drought Severity

Index³, (Mendoza, 2006) como “sequías” principalmente con relación a sus efectos (como lo son desastres en la agricultura (García – Acosta, 2002)), durante los años 1949 – 1952, 1962 – 1963, 1971 – 1972, 1986 – 1987 (García – Acosta, 2002), y durante años más recientes en 1993 - 1995, 1999 - 2000 (Malizia *et al.*, 2005).

Las sequías y demás formas de variabilidad climática, así como el Cambio Climático antropogénico presentan muchos desafíos críticos para la humanidad, y uno de ellos es, indudablemente, la adaptación de los grupos sociales más vulnerables, entre ellos los campesinos. Debates recientes sobre la relación entre los efectos del CC y la adaptación en la agricultura han reconocido que el CC provoca cambios en las actividades tanto a corto como a largo plazo. En el corto plazo, el CC año con año va impulsando cambios de acuerdo a las condiciones y características de cada temporada (Smit y Skinner, 2002). Florescano (1980) afirma que los efectos más desastrosos de la sequía desde tiempos antiguos, se ha concentrado en la agricultura de temporal practicada por los campesinos y más pobres que carecen de sistemas de riego, fertilizantes y semillas mejoradas y crédito. A través de siglos de experiencia y conocimiento adquirido, los campesinos han desarrollado diversas estrategias de respuesta a las condiciones ambientales en que viven (Netting, 1993; Doolittle, 1989; Denevan, 1980). La flexibilidad de estas estrategias es fundamental para su efectividad, ya que los campesinos no solo están en constante adaptación a las variaciones climáticas, también lo están a las dinámicas sociales, económicas y e institucionales; lo que

³ Índice de Severidad de Sequías de Palmer es una medida de uso frecuente de sequía basada en registros de precipitación y temperatura. Fue desarrollado por el meteorólogo Wayne Palmer en 1965.

constituye el concepto de “doble exposición”, que se refiere a casos donde una región, sector, ecosistema o grupo social es confrontado tanto por los efectos del cambio climático, como por los efectos de la globalización económica (O’Brien, 2000). Su habilidad para mitigar estos efectos depende no solo de sus experiencias y conocimientos en campo, sino también de las condiciones del mercado, los precios y los costos de producción a los que se enfrentan, así como la seguridad económica de sus hogares (Eakin, 2000).

Entre las comunidades rurales donde se practica la agricultura tradicional, los campesinos parecen actuar en función de las fluctuaciones del clima (Mortimore y Adams, 2001) minimizando las pérdidas en productividad mediante el uso incrementado de variedades tolerantes a la sequía, ajustes en la fecha de siembra, almacenamiento de agua, policultivos, agroforestería, resiembra y colecta de plantas silvestres entre otros (Liverman, 1999). Así mismo, muchos de los campesinos optan por combinar y diversificar sus actividades productivas para obtener otros ingresos (Ashok y Goodwin, 1997), mediante actividades consideradas como trabajos *off farm*, es decir, no agrícolas (Ellis, 1998), como son el trabajo de jornaleros, el trabajo en la construcción, el comercio, la y carpintería, entre otros.

Los tipos de adaptaciones son variadas, y se dan tanto en las actividades agrícolas, como en las actividades económicas en general. Investigaciones han documentado cómo los agricultores mexicanos durante generaciones han cultivado variedades de maíz más pequeños (maíz enano) y de rápida maduración para contrarrestar en las cosechas los efectos de los vientos fuertes y para reducir

al mínimo el riego por las sequías (Kirkby, 1974; Altieri y Trujillo, 1987; Bellon, 1991). Otros agricultores han optado por cambiar la ubicación de sus tierras de cultivo de acuerdo a los cambios en la disponibilidad de agua, las temperaturas y el riesgo por sequías y heladas asociadas a determinadas estaciones del año, siempre y cuando lo permita su sistema de tenencia de la tierra (Gliessman, 1991).

Sin estas medidas y sin los distintos apoyos para las comunidades pobres y para el campo otorgados por el gobierno como lo son el Programa Oportunidades, PROCAMPO, PROGAN, apoyos por siniestros, etc., muchos productores afectados por las sequías y demás variaciones climáticas, abandonarán sus prácticas agrícolas y buscarán trabajo en las zonas urbanas cercanas o en los Estados Unidos (Castañeda Reyes 1981, Laferriere 1992).

Basándonos en los registros climatológicos y las encuestas realizadas, la problemática a abordarse en esta tesis son las modificaciones en los patrones de precipitación, en el Sur de la Península de Yucatán, las cuales serán calculadas y analizadas en el apartado de Análisis Climáticos de este texto. El objetivo se centrará en determinar las acciones de respuesta en las actividades económicas y en las estrategias de producción, que los habitantes de la zona de estudio han implementado para hacerle frente a la variabilidad en la precipitación y la ocurrencia de sequías.

La importancia del estudio radica en la combinación de dos campos científicos como lo son la climatología y las ciencias sociales, y en las aportaciones que en conjunto pueden proporcionar para la ciencia en general.

Esta investigación forma parte de un proyecto interdisciplinario de nombre “*New Knowledge About Ecosystem Level Response to Increased Frequency of Large-Scale Natural Disturbance Driven by Climate Change, (EDGY)*” presentado por la Universidad Rutgers, la Universidad de Clark, la Universidad de Virginia y el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), financiado por la Fundación Moore.

Este proyecto recopila y analiza información sobre los efectos en el entorno natural y social provocados por el paso del Huracán Dean en la Península de Yucatán el 21 de agosto del 2007, así como examina la variabilidad de la precipitación y la ocurrencia de sequías en la región, con sus efectos en las prácticas agrícolas y actividades económicas de los habitantes.

La aportación de mi investigación está enfocada a proporcionar información sobre la variabilidad de precipitación y la ocurrencia de periodos de sequía en el Sur de la Península. Así mismo, se centra en describir las acciones de respuesta de los campesinos, relacionadas con la diversificación de sus actividades económicas y las variaciones que han realizado en sus prácticas agrícolas como consecuencia de las sequías y la variabilidad en la precipitación.

1.1 Justificación

De acuerdo al IS (Índice de Severidad)⁴ de áreas de México vulnerables a la sequía meteorológica⁵ publicado por la Universidad Nacional Autónoma de

⁴El cálculo del índice de severidad para cada año en el periodo estudiado (1950 – 1980), se realizó con los datos de precipitación, comparados con sus respectivas medias y se clasificó en siete grados: extremadamente severo (mayor de 0.8), muy severo (0.6 a 0.8), severo (0.5 a 0.6), muy fuerte (0.4 a 0.5), fuerte (0.35 a 0.4), leve (0.2 a 0.35) y ausente (<0.2). (Sancho y Cervera, *et al.*, 1980).

México y el Instituto Nacional de Ecología, la Península de Yucatán actualmente está catalogada como una de las cinco zonas del país con sequía severa (región noreste) y con sequía fuerte (zona sur), al igual que las costas de los Estados de Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Colima. También, la última predicción del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007) indica que la Selva Maya sufrirá intensos periodos de sequía, al comenzarse a incrementar la escasez de lluvia. Para la selva Maya, compartida por México, Guatemala y Belice se predice un incremento del 2 al 3.5 °C para el año 2090, así como una disminución en la precipitación anual del 10 al 22% para ese mismo periodo, sin embargo, durante algunas épocas de estiaje podría alcanzar hasta una reducción del 48% (Magrin *et al.*, 2007).

Los pobladores del Sur de la Península de Yucatán participan en una variedad de actividades productivas entre las que se encuentra la agricultura de roza – tumba - quema. Los principales cultivos son el maíz, el frijol y la calabaza; el primero de ellos es la base de muchos hogares al ser utilizado tanto como autoconsumo como para su venta o trueque por otros productos (Steward 2009). Para la agricultura de subsistencia, practicada por la mayoría de los campesinos de la zona de estudio, el agua representa un elemento indispensable, y al presentarse eventos de disminución y variación en los patrones de precipitación en la zona, los habitantes serán forzados a adaptarse y diversificar sus actividades

⁵ Hernandez Cerda, *et al.* 2000. *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Capítulo II “Sequía Meteorológica”. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. México, 220 p. ISBN 968-36-7562-X. El autor se refiere como “sequía meteorológica” a una disminución en la precipitación de acuerdo a la media registrada a lo largo de los años 1950 – 1980.

económicas con el objetivo de hacerle frente a estas variaciones en la precipitación, representadas como sequías principalmente, y a los efectos adversos del cambio climático actual.

La comprensión de cómo ciertos sectores de la población se ven afectados por la sequía y la investigación sobre cómo responden a ésta, son considerados pasos esenciales hacia el diseño de políticas de mitigación, socorro y programas de apoyo ante desastres (Endfield *et al.*, 2002). La reconstrucción de las historias regionales climáticas y las investigaciones de los impactos y de la respuesta social a las sequías a lo largo de la historia resultan, por lo tanto, de importancia crucial si queremos entender y anticipar las repercusiones de los acontecimientos futuros.

1.2 Revisión de literatura

Para el desarrollo de esta investigación se parte de la pregunta: ¿Qué se sabe sobre las sequías y sus efectos en nuestras sociedades?

Diversas publicaciones sobre sequías en México y el Mundo nos brindan distintas perspectivas acerca de ellas, desde la forma en la que se definen y se abordan hasta las formas en las que las sociedades se adaptan a ellas, ya que, para hablar de sequías, sus efectos y las adaptaciones a ellas primero es necesario definir las.

Autores como Wilhite y Glantz (1985) recopilaron más de 150 definiciones de sequía, categorizándolas en cuatro grupos según la disciplina desde la que sea analizado el fenómeno: sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía agrícola

y sequía socioeconómica. Sudene (1999) por su parte las agrupa en 3 categorías, prescindiendo de la sequía meteorológica y hay también clasificaciones más detalladas como la de Subrahmanyam (1967) que distingue hasta 6 tipos de sequía (meteorológica, climática, atmosférica, agrícola, hidrológica y de gestión hídrica). Sin embargo, diversos autores como Oscar Valiente (2001) aseguran que ninguna de ellas aporta información conceptualmente mejor sustentada que la propuesta por Wilhite y Glantz (1985).

Valiente (2001) hace una revisión de las categorías establecidas por Wilhite y Glantz (*op cit.*) retomando conceptos para cada una de ellas, exponiendo para sequía meteorológica las definiciones hechas por Palmer (1965) y Russell *et al*, (1970) que la definen como “el intervalo de tiempo, generalmente con una duración del orden de meses o años, durante el cual el aporte de humedad en un determinado lugar cae consistentemente por debajo de lo climatológicamente esperado o del aporte de humedad climatológicamente apropiado” y “falta prolongada de precipitación inferior a la media registrada en determinada zona”, definidas por cada uno de esos autores, respectivamente.

En adición, existen numerosas publicaciones que se enfocan solo en registrar las variaciones climáticas y realizar proyecciones para distintos escenarios. Autores como Méndez *et al.* (2007), Mendoza y García – Acosta (2006) y Yoav Me – Bara y Valdez (2003), han documentado la variabilidad climática y las sequías en México y en la Península de Yucatán y Hernández *et al.* (2007), y Orellana *et al.* (2009) por su parte, han establecido distintos escenarios

futuros de variabilidad climática y sequía, con sus tipos de severidad también para el país y la Península de Yucatán.

Méndez (2007) calculó las tendencias de precipitación para México en el periodo 1920 – 2004, mostrando la gran variabilidad que hay en las precipitaciones en diversas partes del país. Mendoza y García – Acosta (2006) y Yoav Me – Bara y Valdez (2003) se enfocaron en la variabilidad climática y la ocurrencia de sequías en la Península de Yucatán; los primeros autores registraron las sequías desde el siglo XVI al XIX y midieron su frecuencia y duración, y los segundos autores se enfocaron en demostrar la ocurrencia de las sequías como eventos al azar y no periódicos, parte de la variabilidad climática natural de la Península.

Otras publicaciones en torno a las sequías retoman los conceptos sobre las mismas y enfocadas al campo de estudio que exponen. Con base en eso establecen periodos o años de ocurrencia de las mismas en diversos periodos de tiempo y en distintas partes de México y el Mundo algunos de ellos exponen las formas en las que las sociedades se adaptan a estas formas de variabilidad climática. Autores como Saravanan, Prabhakar y Shaw (2007) expusieron evidencias que indican la reducción del monzón en la India, también Bezabih *et al.* (2010) documentó la ocurrencia de sequías en Etiopía, así como Benegas (2008) lo hizo en Centro América y Degaetano (1999) las registró en Nueva York.

Estos autores y algunos otros como Sivakumar (1992) quien expuso las implicaciones del CC y las sequías en Nigeria, describen también las acciones de

respuesta y las adaptaciones que distintos grupos sociales realizan ante la sequía. Saravanan, Prabhakar y Shaw (2007) por ejemplo explicaron las adaptaciones implementadas desde el nivel gubernamental hasta los campesinos. Benegas (2008) evaluó las estrategias de adaptación realizadas por los campesinos en Centro América. Sivakumar (1992) expuso las adaptaciones campesinas en la agricultura en Nigeria y Batterbury y Forsyth (1999) hacen referencia a las variaciones de la precipitación y las adaptaciones de la población en Tailandia, Nigeria, Sudan, entre otros lo que nos permite visualizar la forma en que diferentes zonas del mundo son afectadas por la variabilidad climática y las sequías así como las maneras en que la gente responde en distintos países.

En México, publicaciones como las de Endfield *et al.* (2006) sobre las sequías en Chihuahua y algunos estudios de caso sobre sequías y adaptaciones en otros estados de la república como Tlaxcala, Veracruz y Tamaulipas (Conde *et al.* 2003) han proporcionado información sobre la ocurrencia de sequías y la forma en la que los campesinos han tenido que adaptarse, desde cambios en las prácticas agrícolas hasta diversificación y combinación de actividades económicas. En este contexto, existen otros trabajos sobre adaptaciones humanas al cambio climático como el trabajo de Iglesias *et al.* (2009) sobre los *Métodos para evaluar la vulnerabilidad social a las sequías*, la publicación sobre adaptación al CC de Burton *et al.* (1993), el informe de *La adaptación local al cambio climático y dinámicas territoriales rurales* de Burgin (2009), el artículo *Desarrollo Rural, Cambio Climático y Desastres* de Spring (2007), el libro *Adaptabilidad Humana* de

Moran (2000) todos ellos enfocados en la ocurrencia de sequías y huracanes, así como las respuestas humanas ante estos fenómenos.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Determinar la ocurrencia de sequías meteorológicas y exponer la variabilidad de la precipitación en el Sur de la Península de Yucatán, así como presentar los cambios realizados por los campesinos del Sur de la Península de Yucatán sobre sus prácticas agrícolas y actividades económicas para hacerle frente a estas características climáticas.

Objetivos específicos

- Analizar la variabilidad de la precipitación de la zona, determinando la ocurrencia de sequías, calculando las anomalías en la precipitación y estableciendo las tendencias de precipitación tanto anuales y como estacionales, con el objetivo de visualizar el comportamiento de la precipitación en un periodo de tiempo de 35 años aproximadamente.

Presentar las acciones de respuesta implementadas tanto en las prácticas agrícolas como en las actividades económicas de los campesinos de la zona de estudio ante las variaciones en la precipitación y la ocurrencia de sequías.

1.4 Hipótesis

La precipitación en el Sur de la Península de Yucatán ha experimentado (durante las últimas cuatro décadas) algunas variaciones que se ven reflejadas mediante la ocurrencia de sequías y mediante la disminución de la precipitación

anual y estacional. Esta variabilidad en la precipitación ha influido en que los campesinos de la zona realicen modificaciones en sus prácticas agrícolas y recurran a la combinación de varias actividades económicas para asegurar su subsistencia.

II. Marco Teórico Conceptual

Se llama Cambio Climático a la modificación del clima con respecto al historial climático en una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. En teoría, son debidos tanto a causas naturales (Crowley y North, 1988) como a causas antropogénicas (Oreskes, 2004).

Este término suele usarse de forma poco apropiada al hacer referencia tan sólo a los cambios climáticos que suceden en el presente, utilizándolo como sinónimo de calentamiento global. En las décadas recientes, “cambio climático” se ha usado indistintamente para referirse al posible cambio climático como resultado de la acción del hombre o *cambio climático antropogénico*. Debido a que en el último siglo la industrialización de nuestras sociedades ha incorporado más y más gases de efecto invernadero a la atmósfera (bióxido de carbono, metano, óxido nitroso), la temperatura media del planeta se está incrementando (Solomon *et al.*, 2007), dando lugar al término “calentamiento global”, ante el cual el cambio climático es probable: la variabilidad climática y las diferencias regionales en el

clima seguirán siendo parte inherente de la vida en el planeta, y las sociedades tendrán que seguirse adaptando a sus nuevas condiciones climáticas.

De acuerdo a Sauchyn (2003) cuando hablamos del término *variabilidad climática* nos referimos a aquellas variaciones que se presentan a diversas escalas de tiempo (estacional, intra-estacional, anual, inter – anual, inter-decadal) y su determinación se logra mediante la observación de las anomalías, las cuales se hacen evidentes cuando los valores de las variables climatológicas (temperatura, presión atmosférica, humedad, precipitación, etc.) fluctúan por encima o por debajo de sus valores promedio.

De acuerdo con algunos autores (Sauchyn, 2003; Hagman, 1984), dentro de las anomalías climáticas registradas a nivel mundial, la sequía es considerada la más preocupante. El Vocabulario Meteorológico Internacional de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) la define como “la ausencia prolongada o déficit notable de precipitación”. Con base en esta definición y a otros factores, se ha considerado la sequía como un fenómeno meteorológico que se presenta cuando la lluvia o el escurrimiento natural en un periodo dado es menor al valor normal, y cuando esta deficiencia es lo suficientemente importante y prolongada para provocar efectos en las actividades humanas.

Existen numerosos autores y definiciones para catalogar a las variaciones en la precipitación como sequía. Por ejemplo, Wilhite - y Glantz (1985) detectaron más de 150 definiciones de sequía, y la categorizaron en cuatro grupos

según la disciplina científica desde la que sea analizado el fenómeno: sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía agrícola y sequía socioeconómica. El presente estudio se basará en la sequía meteorológica, entendida como “el intervalo de tiempo, generalmente con una duración del orden de meses o años, durante el cual el aporte de humedad en un determinado lugar cae consistentemente por debajo de lo climatológicamente esperado o del aporte de humedad climatológicamente apropiado” (Palmer, 1965) o “falta prolongada de precipitación, inferior a la media” (Russell *et al.*, 1970) , así como una reducción de la precipitación respecto a la normal en un periodo de tiempo (Hernández *et al.*, 2007).

Las condiciones operativas especifican el grado de partida del promedio de precipitación o alguna otra variable climática en un periodo de tiempo; para determinar el inicio de una Sequía Meteorológica comúnmente se compara la situación actual con el promedio histórico, que a menudo se basa en un periodo de registro de al menos 30 años (Valiente, 2001). Tales mediciones meteorológicas son los primeros indicadores de sequía y el sector agrícola es el primero en verse afectado por las sequías.

Ante la ocurrencia de sequías y una gran variabilidad de la precipitación, las familias campesinas se han visto orilladas a realizar modificaciones en sus prácticas agrícolas y diversificar sus actividades económicas como medidas de adaptación a las nuevas características climáticas. De acuerdo con Folke *et al.* (2002), la capacidad de adaptación es la “habilidad de un sistema socio –

ecológico para acoplarse a nuevas situaciones sin perder opciones para el futuro”. Así, en el ámbito del CC, la adaptación es vista como un ajuste en los sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a cambios observados o esperados en los patrones climáticos, y sus efectos e impactos a fin de aliviar los efectos adversos o aprovechar las nuevas oportunidades (Nigel, 2005). Dicha adaptación se da a partir de la identificación de un problema de la sociedad provocado por condiciones adversas del clima, factores políticos, económicos, culturales, entre otros, en una región o un sector socioeconómico, y está dada en función de la condición económica de la región, de la población y sus características socioeconómicas (Aldunce, 2008).

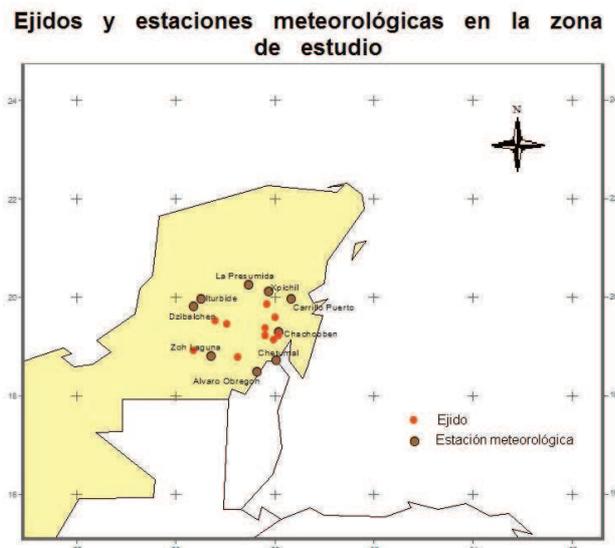
De acuerdo al Informe de Adaptación Local al Cambio Climático y Dinámicas Territoriales Rurales (2009), en México las estrategias generales de los campesinos y las comunidades para afrontar las variaciones climáticas incluyen la migración (ya sea temporal o permanente), el almacenamiento tanto de agua como de alimentos y animales para su alimentación o posterior venta, el desarrollo e infraestructura, y la diversificación ya sea dentro de sus actividades agrícolas (combinación de cultivos) o la diversificación de sus actividades económicas.

III. Metodología general

3.1 Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parte Centro - Sur de la Península de Yucatán, abarcando parte de los Estados de Campeche y Quintana Roo, en la cual se seleccionaron 10 ejidos⁶, agrícolas principalmente. En esta zona se seleccionaron también 9 estaciones meteorológicas⁷ con base a los criterios de cercanía con los ejidos y la disponibilidad y temporalidad de sus datos (Figura 2).

Figura. 2 Ejidos y estaciones meteorológicas en la zona de estudio



De acuerdo con la clasificación climática de Koeppen, la mayor parte de la Península de Yucatán presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano

⁶ Ejidos: Blanca Flor, Nuevo Becal, Sta. María Poniente, Buenavista, Los divorciados, Laguna Kana, Chun.ek, Can Cabchen, y Laguna Om y Miguel Alemán.

⁷ Estaciones: Alvaro Obregón, Carrillo Puerto, Chachobben, Chetumal, Dzibalchen, Iturbide, La Presumida, Ixpichil y Zoh Laguna.

(junio-noviembre), con un gradiente de precipitación general de seco hacia el noroeste (900 mm) y más húmedo hacia el sureste (1400 mm), clasificado como Aw (García, 1988). Quintana Roo presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias estacionales y un alto porcentaje de lluvias invernales. A lo largo de la costa predomina un clima cálido y un poco menos húmedo. De acuerdo a Orellana *et al.*, (2009), la zona de estudio (centro – sur de la Península), se encuentra entre las isotermas de 25.75° C y 26.25° C (temperatura media anual, 1961-1990); y las isoyetas de 1000 y 1300 mm (precipitación total anual 1961 – 1990).

La península de Yucatán está regida por patrones de circulación atmosférica propios de las zonas tropicales en el límite con las zonas áridas. La singularidad que tiene la región es la ausencia de orografía, lo cual no permite que se presente el efecto del ascenso orográfico de las nubes que descargan lluvia, así que el componente principal es la lluvia convectiva⁸. La Península tiene una influencia muy importante de la celda anticiclónica atlántica Bermuda Azores, que es una determinante de las altas presiones y el consecuente predominio de despejados que existe en la arista noroeste peninsular (Orellana *et a.l.*, 2009). Durante la mitad caliente del año, el anticiclón se desplaza hacia el Norte, lo que permite que puedan penetrar los vientos del Este o alisios con suficiente fuerza y humedad, proveyendo a la región de lluvia de forma diferencial en un gradiente de Noroeste a Sur.

⁸ Este tipo de lluvias caracteriza a las zonas llanas o con pequeñas irregularidades orográficas, donde se da un proceso de evaporación debido a la insolación; seguido por el ascenso de las capas más cálidas, menos densas y a menudo húmedas hasta llegar a las capas más altas para después precipitarse.

Dentro del sistema de circulación de la celda atlántica, además, se forma a lo largo del verano un considerable número de ondas tropicales, que atraviesan de Este a Oeste la región y agudizan las lluvias estivales, dejando por lo regular mal tiempo uno o dos días (Orellana *et al.*, 2009). Durante el verano, y como consecuencia del sobrecalentamiento del océano, se forman las tormentas tropicales que pueden dar lugar a huracanes de distintas categorías.

El aporte de lluvia por tormentas tropicales y huracanes puede llegar a ser importante y generalmente se asocia al mes de septiembre, mes de máxima frecuencia. Desde finales del otoño y hasta el inicio de la siguiente temporada de lluvias, la Península es recorrida por los frentes fríos. Aquellos frentes fríos que están saturados de humedad se denominan “nortes” y depositan lluvias. Si los frentes fríos no traen consigo humedad, solo influyen en la temperatura dejando días más frescos (Orellana *et al.*, 2009). Considerando las tres fuentes principales de precipitación pluvial, en la Península se presentan tres regímenes de lluvia: a) de verano, b) intermedio o irregular con tendencia al verano, y c) de verano con alto porcentaje de lluvia invernal. El más abundante es el último de ellos. También es importante mencionar que en la mayor parte de la Península se presentan dos periodos de “sequía”: la preestival o de primavera, que abarca un periodo de dos a cuatro meses, y la intraestival o canícula que se presenta desde finales de julio a septiembre (Orellana *et al.*, 2009).

Los tipos de vegetación en la Península de Yucatán varían de acuerdo a la precipitación, el suelo y el clima. De acuerdo con Miranda y Hernández (1963) en

la Península encontramos los siguientes tipos de vegetación: manglar, matorral de duna costera, petén, sabana o pastizal inundable, selva baja caducifolia, selva baja caducifolia espinosa, selva baja inundable, selva mediana subperennifolia y selva alta subperennifolia.

Las principales actividades económicas que realizan los habitantes de la zona de estudio son la agricultura bajo el sistema tradicional de roza – tumba – quema (Hernández *et al.*, 1995), la explotación forestal maderable, la extracción de chicle, la producción de miel, y la ganadería (Stewart, 2009).

3.2 Selección de ejidos a encuestar y obtención de muestra.

Como fue mencionado en la introducción, este trabajo forma parte del Proyecto EDGY⁹, en el cual se ha estado trabajando con 22 ejidos de la zona Sur de la Península de Quintana Roo, ubicados en la ruta del Huracán Dean ocurrido en el año 2007 y en los cuáles se realizaron un total de 350 encuestas.

De los 22 ejidos, se seleccionaron 10 para este trabajo; dicha selección se llevó a cabo tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- a) De la información obtenida previamente, en las encuestas realizadas en el año 2008, se seleccionaron los ejidos cuya principal actividad económica sea la agricultura, esto debido a que nuestro interés se centra en conocer los efectos de las sequías en las prácticas agrícolas.

⁹ *New Knowledge About Ecosystem Level Response to Increased Frequency of Large-Scale Natural Disturbance Driven by Climate Change, (EDGY)* presentado por la Universidad Rutgers, la Universidad de Clark, la Universidad de Virginia y el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) financiado por la Fundación Moore.

b) Así mismo, era necesaria la existencia de estaciones meteorológicas cerca de los ejidos a estudiar y así conocer mejor sus condiciones climatológicas, hacer los análisis de precipitación y establecer los periodos de sequía. De esta forma, se seleccionaron los ejidos que contaran con estaciones meteorológicas cercanas, con calidad y cantidad de datos disponibles.

Los 10 ejidos que respondieron a estas características y en los cuales se trabajó, fueron: Chun Ek, Cancanchen, Nuevo Becal, Laguna Om, Blanca Flor, Buenavista, Los Divorciados, Laguna Kana, Miguel Alemán y Santa María Poniente. De las 350 encuestas aplicadas en el año 2008 en los 22 ejidos iniciales, 150 fueron hechas en los 10 ejidos seleccionados para esta investigación. Con el fin de darle continuidad a la información obtenida en ese año, las nuevas encuestas fueron realizadas a los mismos 150 hogares, de los cuales ya se contaba con información útil como lo es lo referente a sus actividades económicas.

3.3 Selección de estaciones climatológicas

De acuerdo a la página de internet <http://climate.geog.udel.edu/~enickl/YUCATAN/yucatan.html>, cuyos datos fueron obtenidos en la Comisión Nacional del Agua (CNA) y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, se cuenta con 126 estaciones meteorológicas en los estados de Campeche y Quintana Roo. De estas 126 estaciones, se seleccionaron inicialmente 42 estaciones cercanas a los ejidos de estudio. Esta

selección se llevo a cabo tomando en cuenta primero la ubicación de la zona general de estudio, es decir, los 22 ejidos trabajados anteriormente en el proyecto EDGY de acuerdo a su impacto por la trayectoria del Huracán Dean, y la ubicación de las estaciones meteorológicas. Mediante un mapa realizado en ArcView se pudo apreciar la distribución espacial de las estaciones meteorológicas para así seleccionar las que quedaran dentro de la zona de estudio o cercanas a ellas. Una vez seleccionadas estas 42 estaciones, se comenzó la revisión de los datos, los años a partir de los cuales se tiene información, los vacíos existentes, etc. Tras revisar cada una de las estaciones, se seleccionaron 25 de ellas que aparentemente tenían los registros de precipitación más completos. Posteriormente se comenzaron a hacer algunos análisis y se fueron descartando las estaciones con menor número de datos y que estuvieran muy cerca unas de otras, para así quedarnos con estaciones distribuidas a lo largo de la zona de estudio. Finalmente el número de estaciones se redujo a 9.

3.4 Elaboración del cuestionario

El cuestionario que fue aplicado en campo constó de 70 preguntas que estuvieron organizadas en 4 secciones:

- 1) Información general (datos demográficos, actividades económicas).
- 2) Percepción del clima (cambios del clima actual con respecto al clima pasado, sequía, riesgos por huracanes, etc.).
- 3) Información general de sequía (calendario agrícola, modificaciones en el calendario agrícola, pérdidas de cultivos, etc.).

- 4) Adaptación a las sequías y la variabilidad de la precipitación. (cambios en las prácticas agrícolas).

3.5 Trabajo de campo (Aplicación de las encuestas)

Las encuestas fueron aplicadas entre los meses junio y julio del 2010, a los jefes de familia de las 150 familias en los 10 ejidos; así mismo, además de las encuestas se tuvieron algunas pláticas informales con los comisariados ejidales de cada uno de los ejidos para conocer mejor la situación de la comunidad. Los comisariados hablaron sobre la situación de la tenencia de la tierra en el ejido, sobre su participación en algunos programas como son los de reforestación y de pagos por servicios ambientales; en algunos casos platicaron sobre los proyectos en lo que ha participado el ejido (proyectos ecoturísticos, por ejemplo) y comentaron sobre los apoyos que se reciben en el pueblo, la situación del clima y la agricultura en general en sus terrenos ejidales, etc.

IV. Metodología para análisis climatológicos

4.1 Obtención de datos climatológicos

El análisis de las fluctuaciones en la precipitación y determinación de periodos de sequía se han llevado a cabo basándonos en los registros de precipitación mensuales y anuales obtenidos de la página de internet: <http://climate.geog.udel.edu/~enickl/YUCATAN/yucatan.html>. Esta página cuenta con datos climatológicos de 126 estaciones distribuidas en los estados de Quintana Roo y Campeche, algunas de ellas con registros de hasta 60 años, obtenidos de diversas fuentes como lo son la Comisión Nacional del Agua (CNA)

y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y fue elaborada por la Climatóloga Elsa C. Nickl, candidata a Doctorado del departamento de Geografía, de la Universidad de Delaware, Newark, EEUU, en base a la información climática proporcionada por ECOSUR y la Universidad de Clark, como parte de un acuerdo de colaboración en el control de calidad y análisis de datos.

4.2 Selección de estaciones meteorológicas

Los criterios con los que fueron seleccionadas las estaciones meteorológicas para esta investigación fueron mencionados previamente en la Metodología General. A grandes rasgos consistió en seleccionar las estaciones con menores vacíos en los registros, con datos de un periodo de tiempo homogéneo y que estuvieran cerca de los ejidos seleccionados para la aplicación de las encuestas. Fueron 9 las estaciones que cumplieron con estas características.

4.3 Análisis climatológicos

a) Climatologías

Las climatologías representan la forma más fácil de analizar e interpretar el clima promedio de una región es en términos de medias anuales o estacionales de temperatura y/o precipitación (Ayllón, 2003), y en esta tesis, van a estar conformadas por las precipitaciones mensuales promedio en un periodo aproximado de 35 años (este periodo va a variar dependiendo del tipo de análisis que se realice y la disponibilidad de datos). Por lo tanto el primer paso en el

análisis de precipitación de estas 25 estaciones fue establecer la climatología de la zona.

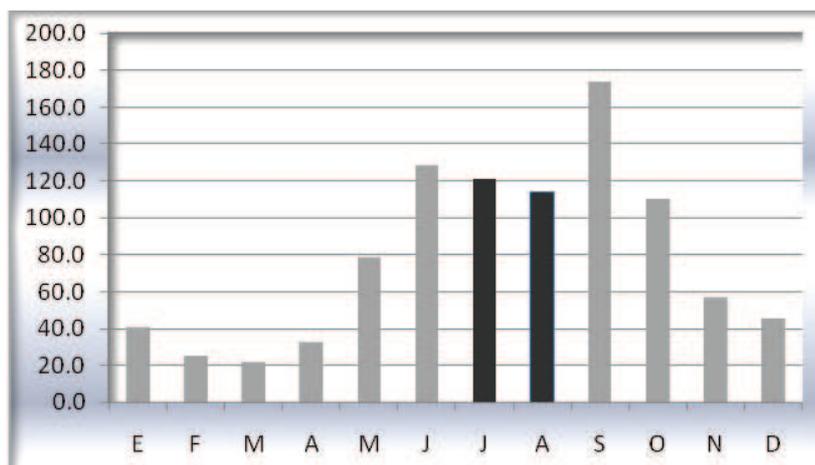
La climatología de la zona consiste en calcular el promedio de lluvias para cada mes tomando en cuenta un periodo de tiempo, en este caso 1965 –2000. Se seleccionó ese periodo debido a que algunas estaciones presentaban datos hasta 2008, otras hasta 2002, etc., entonces se usaron datos hasta el año 2000 para procurar que se presenten periodos de tiempo iguales en todas las estaciones. Sin embargo, para el cálculo de anomalías y el establecimiento de sequías y su severidad, sí se contemplaron todos los años de que se tenga registro en cada estación, ya que no es necesario hacer comparaciones entre ellas.

Para el establecimiento de las climatologías se calcularon los promedios anuales y estacionales, tomando en cuenta como estación lluviosa a los meses de Junio a Octubre, y como estación seca de Febrero a Abril. Con estas climatologías mensuales y promedios anuales y estacionales se puede tener una idea del comportamiento promedio de las precipitaciones mensuales, anuales y estacionales de cada estación meteorológica (Figura 3).

Con este periodo establecido (1965 – 2000), se volvió a hacer una revisión de las 25 estaciones, para determinar cuáles de ellas tenían los datos más completos para este periodo y en cuales de ellas los análisis parecían más completos y entendibles, así se seleccionaron nueve estaciones para poder hacer los análisis posteriores sin tantos vacíos. De esta forma, las estaciones climatológicas que se tomarán en cuenta para esta investigación son: Dzibalchen,

Iturbide, Zoh Laguna, Alvaro Obregón, Chetumal, Chachobben, La Presumida, Felipe Carrillo Puerto e Xpichil.

Figura 3. Ejemplo de la Climatología de la estación meteorológica Zoh Laguna¹⁰, Campeche del periodo 1965 – 2000.



El promedio de precipitación anual par ese periodo en dicha estación es de 948.7 mm, en estación de lluvias es 647.8 mm y en la estación seca es 79.3 mm

En este tipo de gráficas también podemos observar la ocurrencia de la llamada sequía intraestival o canícula (representada por las barras más oscuras) que de acuerdo a la CNA y a Magaña *et al.* (1999) es una disminución notoria y no uniforme de la cantidad de lluvia generado por la presencia de los vientos denominados "alisios" que están a su vez relacionados con las fluctuaciones de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), los cuales soplan fuertemente en el Golfo de México durante Julio y Agosto, impidiendo el desarrollo de nubes

¹⁰ Se seleccionó la estación Zoh Laguna como ejemplo debido a que es la que presenta los datos más completos y se pueden apreciar mejor los análisis realizados

convectivas en el océano y, como consecuencia, inhiben la presencia de lluvias en la parte continental de México.

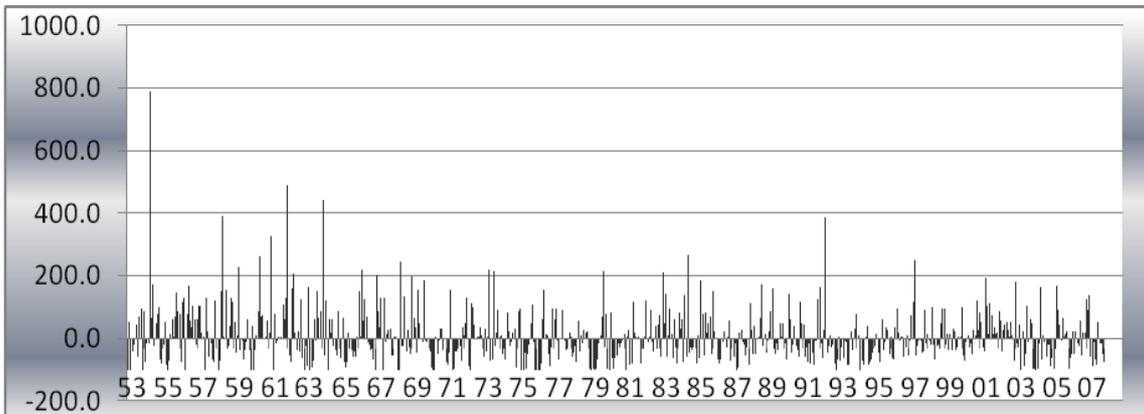
b) Anomalías de Precipitación

Una vez calculadas las climatologías y los promedios estacionales y anuales para cada una de las 25 estaciones, se prosiguió a calcular las anomalías climáticas. Las anomalías climáticas evalúan el comportamiento del clima en términos de estabilidad o incertidumbre. Este parámetro contempla las desviaciones de la precipitación, por ejemplo, con respecto a la media histórica de esa variable lo cual es útil en virtud de que, para poder emitir juicios relativos a desastres climáticos, es necesario evaluar el comportamiento hacia ambos lados de la media (Sánchez, 2006).

De este modo, las anomalías climáticas son la diferencia de lo observado en un año, mes o periodo específico (P_i) respecto al promedio 1965 - 2000 (\bar{P}). Estas fueron calculadas en milímetros $(P_i - \bar{P})$ que expresan cuántos milímetros más o menos de precipitación se tiene en un determinado año, mes o periodo con respecto al promedio, y en porcentajes $\frac{(P_i - \bar{P})}{\bar{P}} \times 100$, lo cual es un porcentaje con respecto a la precipitación promedio, con lo que se pudieron obtener series de tiempo de las anomalías de precipitación. Se calcularon las anomalías mensuales, anuales y estacionales para cada año de las series de tiempo de las estaciones (Figs. 4,5 y 6).

A partir de estas anomalías es posible identificar los principales años de sequía (porcentajes negativos) y comparar entre las diversas estaciones para ver años de coincidencia.

Figura 4. Anomalías climáticas mensuales en la estación Zoh Laguna, expresadas en milímetros. Periodo 1965 – 2007.



El eje de las X representa las anomalías expresadas en porcentaje y el eje Y el periodo de tiempo.

Figura 5. Anomalías climáticas anuales en la estación Zoh Laguna, expresadas en porcentajes. Periodo 1965 - 2007.

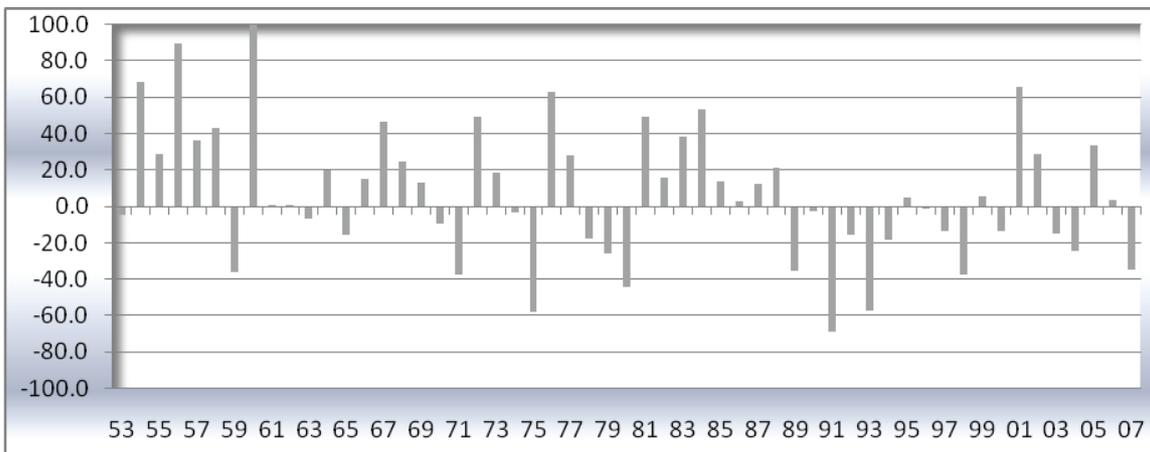
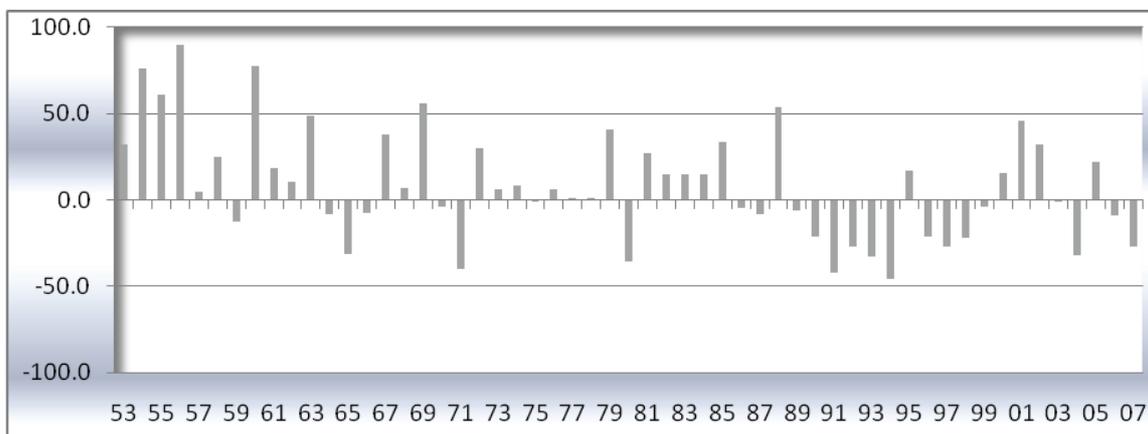


Figura 6. Anomalías climáticas en la estación de lluvias (Junio-October) en la estación Zoh Laguna, expresadas en porcentajes. Periodo 1953 – 2007.



c) Análisis de tendencias

Posteriormente, se realizaron los análisis de tendencias; es decir, se obtuvo la ecuación de regresión lineal ($y=ax+b$) que muestra la tendencia (coeficiente "a") de las precipitaciones a lo largo de un periodo de tiempo, para saber si estas tienden a aumentar (coeficiente positivo) o a disminuir (coeficiente negativo); así mismo, este análisis expresa, en milímetros la cantidad de lluvia promedio que aumenta o disminuye cada año o periodo. Estas fueron realizadas por año, por periodo de secas y periodo de lluvias (Figs.7-9).

Figura 7. Tendencia de precipitación anual, en la estación Zoh Laguna. Periodo 1953 - 2007

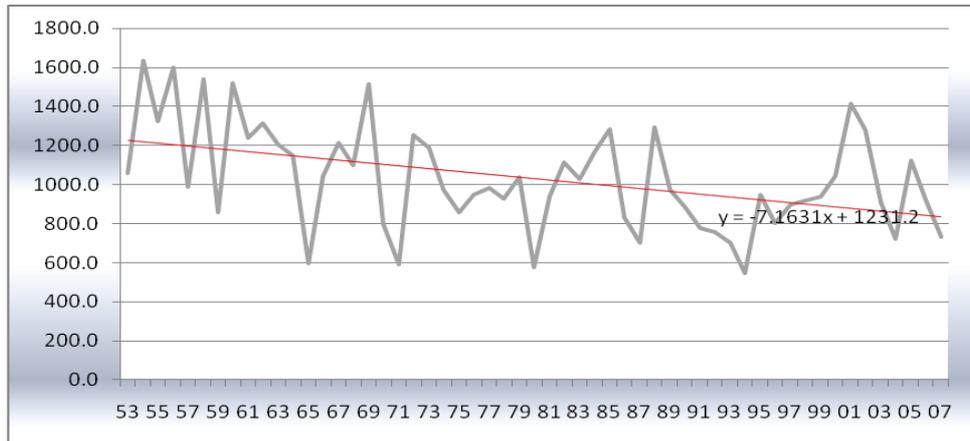


Figura 8. Tendencia de precipitación en la temporada de lluvias (Jun – Oct) en la estación Zoh Laguna. Periodo 1953 – 2007.

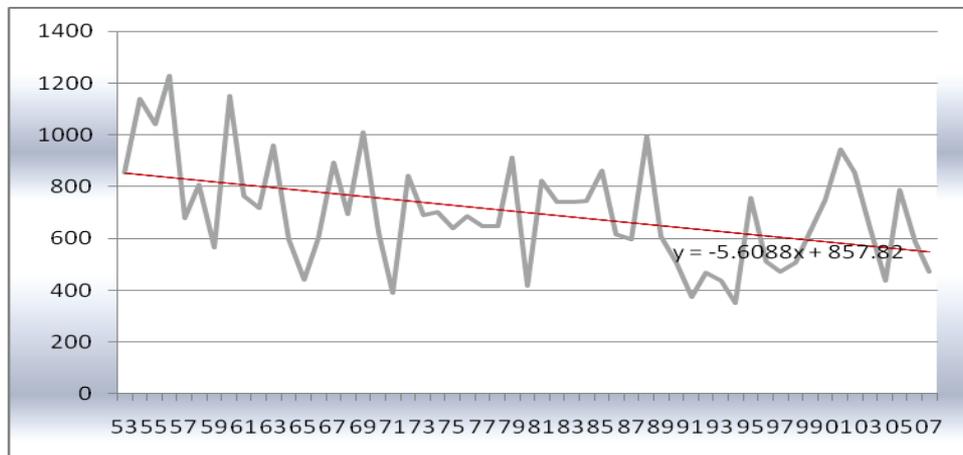
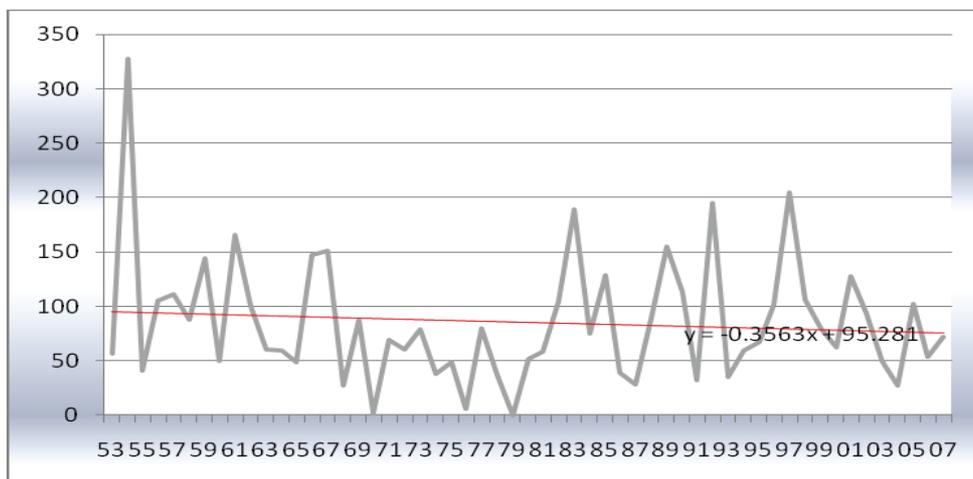


Figura 9. Tendencia de precipitación en la temporada de secas (Feb – Abr) en la estación Zoh Laguna. Periodo 1953 – 2007.



d) Establecimiento de años o periodos con sequía meteorológica en la zona de estudio.

Con las nueve estaciones seleccionadas para la zona de estudio, se procedió a definir, lo que íbamos a tomar en cuenta como una sequía meteorológica, que, de acuerdo a Russell *et al.* (1970) es “Falta prolongada de precipitación, inferior a la media”. Sin embargo, existen muchas definiciones de sequía meteorológica dependiendo de la región y de sus características, y para este trabajo, se tomará como sequía meteorológica los años cuya precipitación se encuentre por debajo de la media, de una serie de tiempo de aproximadamente 35 años.

De acuerdo a que, y tomando en cuenta las anomalías negativas de precipitación mencionadas previamente de las nueve estaciones, se establecieron los años y/o periodos con Sequía Meteorológica. Posteriormente, usando el método de quintiles, que, de acuerdo a sus creadores Gibbs y Maher (1967) son los puntos que dividen la distribución con base en el porcentaje acumulado de casos, que identifica el carácter pluviométrico de los distintos años a partir de una descripción basada en una serie de datos observados, se establecieron 6 categorías de acuerdo a la precipitación anual y estacional en cada una de las nueve estaciones. Este proceso consiste en ordenar de menor a mayor las precipitaciones anuales de un periodo de años de una estación; luego se divide la cantidad de años disponibles entre cinco, formando rangos desde los menores valores considerados como sequía severa, hasta los mayores valores considerados como años lluviosos o muy lluviosos. Posteriormente si se tiene información de otros años, se evalúan los valores de acuerdo al rango establecido (Michell, 1996).

Las categorías fueron: sequía extrema, sequía moderada, sequía leve, año normal, año lluvioso y año muy lluvioso, que son definidas de acuerdo a los promedios y características climatológicas de cada sitio. Por medio de esta categorización podemos saber la intensidad de las sequías registradas y las características pluviales anuales, de temporada de lluvias y de temporada seca.

Tabla 1. Categorización pluvial de la estación Zoh Laguna, serie 1965 – 2007.

AÑO	PRECIPITACIÓN ANUAL(mm)	CATEGORÍA
1994	547.9	Sequía extrema
1980	575.2	Sequía moderada
1971	593.6	Sequía moderada
1965	595.2	Sequía moderada
1993	702.3	Sequía moderada
1987	703.4	Sequía moderada
2004	723.1	Sequía moderada
2007	730.6	Sequía moderada
1992	758.5	Sequía moderada
1991	777.4	Sequía leve
1970	797	Sequía leve
1996	802.1	Sequía leve
1986	831.7	Sequía leve
1975	857	Sequía leve
1990	887.9	Sequía leve
1997	896.3	Sequía leve
2003	905.6	Sequía leve
1998	920.2	Normal
2006	923.9	Normal
1978	926.8	Normal
1999	935.6	Normal
1981	938.7	Normal
1976	947	Normal
1995	949.7	Normal
1989	971.1	Lluvioso
1974	971.3	Lluvioso
1977	984.8	Lluvioso
1983	1029.4	Lluvioso
1979	1036.3	Lluvioso
2000	1041.6	Lluvioso
1966	1044.7	Lluvioso
1968	1096.5	Lluvioso
1982	1112.8	Muy lluvioso
2005	1124.3	Muy lluvioso
1984	1164.8	Muy lluvioso
1973	1190	Muy lluvioso
1967	1215.6	Muy lluvioso
1972	1256	Muy lluvioso
2002	1281.3	Muy lluvioso
1985	1282	Muy lluvioso

1988	1296.2	Muy lluvioso
2001	1412	Muy lluvioso
1969	1515.7	Muy lluvioso

V. Metodología de la diversificación campesina y cambios en la agricultura

En este apartado se presenta la forma en que se analizó la información obtenida de las 150 encuestas aplicadas en el año 2010 a 150 campesinos de 10 ejidos en la zona de estudio. De estos 150 campesinos, 140 son hombres y 10 son mujeres de entre 26 y 89 años, estando la mayoría de ellos entre los 35 y los 44 años de edad. Los resultados fueron separados para su análisis en dos secciones: 1) Las sequías y sus efectos en la agricultura y 2) La diversificación de las actividades productivas de los campesinos.

Los resultados obtenidos de la encuesta fueron analizados cuantitativamente, debido a que, cuando se analiza la información por frecuencias, proveniente ya sea de preguntas abiertas o cerradas sin profundizar en casos o grupos específicos, se analiza de modo cuantitativo. Además de que las respuestas fueron obtenidas mediante encuestas y no entrevistas a profundidad.

Los análisis realizados fueron cálculo de promedios, obtención de porcentajes, frecuencias y desviación estándar, que fueron útiles para saber cómo se comporta la muestra y dar respuesta a diversas preguntas cómo cuántos de los campesinos se sentían en riesgo por diversos fenómenos (sequías, huracanes e incendios), las hectáreas sembradas y cosechadas en distintos años (2009,

buenos años de cosecha, malos años, años de sequía) y en el apartado de “acciones de respuesta de los campesinos”, para saber cuántos de los campesinos de la muestra recurrían a cada tipo de actividades económicas o cuántos de ellos habían realizado modificaciones en su forma de hacer agricultura (retraso del calendario, combinación de variedades de maíz o cultivos, etc.). Las frecuencias, fueron aplicadas para conocer el rango en que se encuentra la mayoría de los años definidos por los campesinos como de sequía, como malos y buenos años en la agricultura, con sus límites superiores e inferiores. Las gráficas utilizadas para expresar visualmente algunos de los resultados y análisis fueron realizadas en Excel.

Para describir las percepciones de los campesinos acerca del clima se incluyeron preguntas sobre su percepción acerca de los cambios en el clima en los últimos 15 años¹¹, y de ser positiva la respuesta, se les preguntó cuáles creen que han sido esos cambios y a que los atribuyen. Las respuestas proporcionadas fueron analizadas mediante estadística multivariada descrita más adelante. Otro aspecto importante para este análisis fue comprender si existe una relación entre los cambios climatológicos y la duración de la jornada de trabajo en la milpa en este mismo periodo para lo que se recurrió a un Análisis de Varianza

Así mismo, se indagó sobre el significado de la sequía para los campesinos, qué es y cómo la perciben y si se sentían en una situación de riesgo frente a tres de los fenómenos climatológicos en la zona: sequías, huracanes e incendios

¹¹ Se utilizó el periodo de 15 años debido a que en el cuestionario piloto y pláticas con la gente de la zona, se llegó a la conclusión de que la mayoría no recordaba bien las características del clima (sequías, lluvias más fuertes, etc) antes de ese periodo, la mayoría de ellos al referirse a cambios en el clima, los remontaban a la última década, o 15 años a lo mucho.

forestales; cuál de éstos significaba un mayor riesgo desde su percepción en relación al nivel de afectación que provocan en la dinámica cotidiana.

En el software Infostat se realizaron análisis de correspondencia (AC) el cual nos permite responder a la interrogante de cómo los campesinos en los ejidos que presentan diversas tendencias de precipitación (positiva, negativa y estable), ven reflejados los cambios en el clima, por medio de una técnica exploratoria que permite representar gráficamente filas y columnas de una tabla de contingencia, y que opera sobre la matriz de desviaciones Chi cuadrado (Balzarini y Casanoves *et al.*, 2008). El análisis de correspondencias es una técnica estadística cuya finalidad es representar gráficamente las relaciones de dependencia existentes entre las clases o categorías de dos o más variables a partir de la información proporcionada por sus tablas de frecuencias cruzadas (Figueras , 2003). El AC es un método de representación de filas (variables) y columnas (observaciones) de una tabla como puntos en un mapa, con una interpretación específica de sus posiciones, que permite establecer las similitudes y las diferencias entre filas y entre columnas, así como la asociación entre las mismas de acuerdo con la distancia existente en ellas dentro del grafico (Eguía *et al.*, 2010).

Los AC fueron realizados sobre las variables referidas al cambio en el clima como: ¿considera usted que el clima ha cambiado durante los últimos 15 años?, ¿en qué ha cambiado? Y ¿a qué cree usted que se deban estos cambios en el clima?; para saber que características del clima (menos lluvia, más calor, lluvias a

destiempo) llevan a los encuestados a afirmar que hay un cambio en él, y conocer cuáles son las causas a las que lo atribuyen.

También, se recurrió al uso de análisis de Varianza (ANOVA) que permite probar hipótesis referidas a los parámetros de posición de dos o más distribuciones, descomponiendo la variabilidad total de la muestra en componentes asociados cada uno a una fuente de variación reconocida (Nelder, 1994; Searle, 1971); es decir, este tipo de análisis nos permite decidir si diferentes muestras (a veces llamadas "factores" o "tratamientos") son significativamente diferentes desde un punto de vista estadístico, partiendo de que no existe una diferencia (hipótesis nula) entre los componentes. Mediante una ANOVA se analizó si existían cambios en la duración de la jornada de trabajo en la milpa en los distintos periodos.

Entonces, para realizar el análisis de la percepción de los campesinos ante el clima se estableció el siguiente orden:

- 1) Se calculó el porcentaje de campesinos que percibían un cambio en el clima local en los últimos 15 años.
- 2) Se realizaron análisis de correspondencia (AC) para conocer cuáles son los cambios en el clima local que perciben en los ejidos con diversas tendencias de precipitación y para saber las causas a las que asocian dichos cambios climáticos.

- 3) Posteriormente se calculó el porcentaje de campesinos que percibía estar en peligro por la ocurrencia de: sequías, huracanes e incendios, y cuál de estos fenómenos les causaba más preocupación.
- 4) También, con el objetivo de encontrar alguna relación entre los cambios en el clima local y las jornadas de trabajo actuales (2010) de los campesinos, se calculó el promedio de ellos que habían modificado sus jornadas, y se calculó de cuántas horas fue esta modificación.
- 5) Para complementar el punto 4, se realizó un ANOVA para saber si existen diferencias, desde el punto de vista estadístico, en las jornadas de trabajo.

Metodología para las sequías y sus efectos en la agricultura

Debido a que en el capítulo I ya se realizaron los análisis de la precipitación con los registros de las estaciones climatológicas de la zona, este capítulo se basa en lo que los entrevistados perciben del clima, de la precipitación, y sus efectos, así como de lo que recuerdan como periodos de sequía, malos y buenos años de cosecha en relación a su producción, su calendario agrícola y los efectos de la sequía sobre sus prácticas agrícolas. Para este apartado se calcularon también promedios, tablas de frecuencia, y porcentajes de diversas variables como el tipo de maíz utilizado, la cantidad de maíz sembrado y cosechado en diversos años, los periodos o años con sequías, etc. Adicionalmente se realizaron análisis de conglomerados, que es una técnica de agrupamiento de las observaciones en busca de similitudes (Balzarini y Casanoves *et al.*, 2008). Esta

técnica fue aplicada para encontrar similitudes entre los ejidos en los años que consideraron como sequía o malos años de cosecha.

El análisis de conglomerados fue realizado a nivel ejido y no con la información de las entrevistas, debido a que se querían observar las coincidencias o similitudes de los años de sequía entre los ejidos buscando observar el alcance espacial de las sequías, es decir, si un año de sequía afectaba varios ejidos, o si cada ejido había presentado periodos de sequía diferentes.

El análisis de conglomerados nos permitió agrupar los ejidos que presentaron características similares, en este caso los años de sequía y de mala producción, y ver cuáles de ellos se relacionan. El objetivo de este análisis fue conocer si los años de sequía han afectado varios ejidos simultáneamente, o, de no existir relaciones entre ellos en los años de sequía, considerar entonces que algunas sequías ocurridas no han tenido grandes alcances espacialmente hablando, y han sido más locales.

Metodología para la diversificación campesina

De acuerdo al Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2001), diversificar significa convertir en múltiple y diverso lo que era uniforme y único, y este concepto puede aplicarse a diversos ámbitos.

Los análisis realizados para este apartado consistieron en el uso de estadística descriptiva, que permite describir un conjunto de datos mediante medidas de resumen como son tablas de frecuencias, medias y desviación

estándar, mínimos y máximos (Balzarini y Casanoves *et al.*, 2008). Se seleccionó este tipo de análisis porque lo que nos interesa es responder a la pregunta si el promedio de campesinos han implementado tal o cual estrategia en respuesta a las sequías, conocer las cantidades y porcentajes de ellos que tienden a combinar sus actividades económicas, por ejemplo y otro tipo de medidas.

VI. CAPITULO I. SEQUÍAS EN EL SUR DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

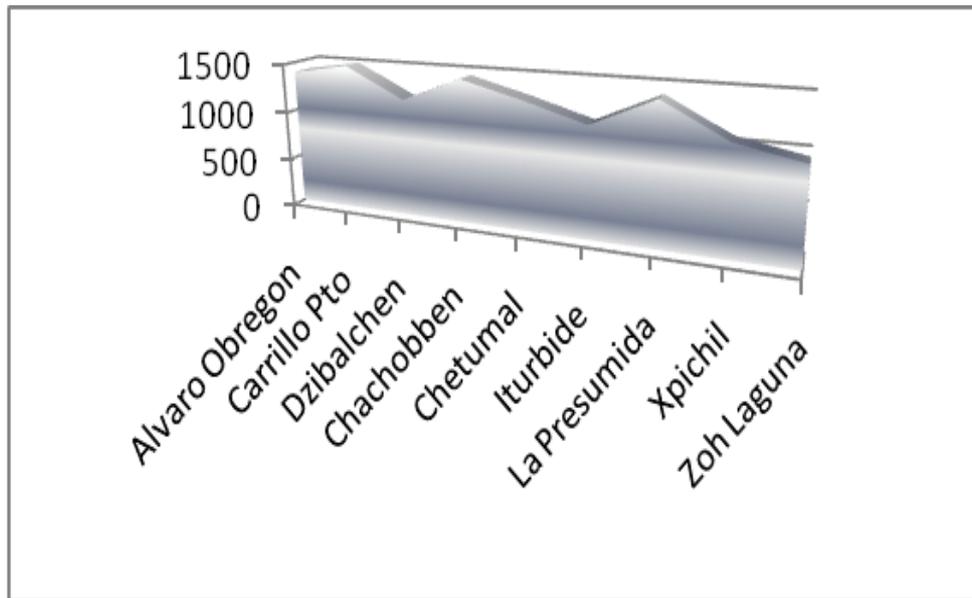
6.1 Resultados

a) Climatologías

Las climatologías son las precipitaciones mensuales promedio (de un periodo largo de tiempo, en este caso de 30 años). Estas fueron estimadas y analizadas para las 9 estaciones seleccionadas en la zona de estudio, siendo Septiembre el mes más lluvioso (la estación lluviosa en la zona se presenta de Junio a Octubre) y Marzo el mes más seco (la estación seca en la zona se presenta de Febrero a Abril). Estos meses con mayor y menor precipitación concuerdan con las climatologías establecidas en el Atlas de Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán de Orellana *et al.* (2009) para un periodo de tiempo similar (1961 – 1990).

La precipitación promedio anual va desde 948 mm en la zona suroeste de la península, donde se ubican los ejidos de Nuevo Becal y Laguna Om y llega hasta los 1499.2 en la zona centro - en el municipio de Carrillo Puerto, donde se ubican los ejidos de Laguna Kana y Santa María Poniente.

Figura 11. Precipitación promedio anual (mm) de las 9 estaciones de la zona de estudio.



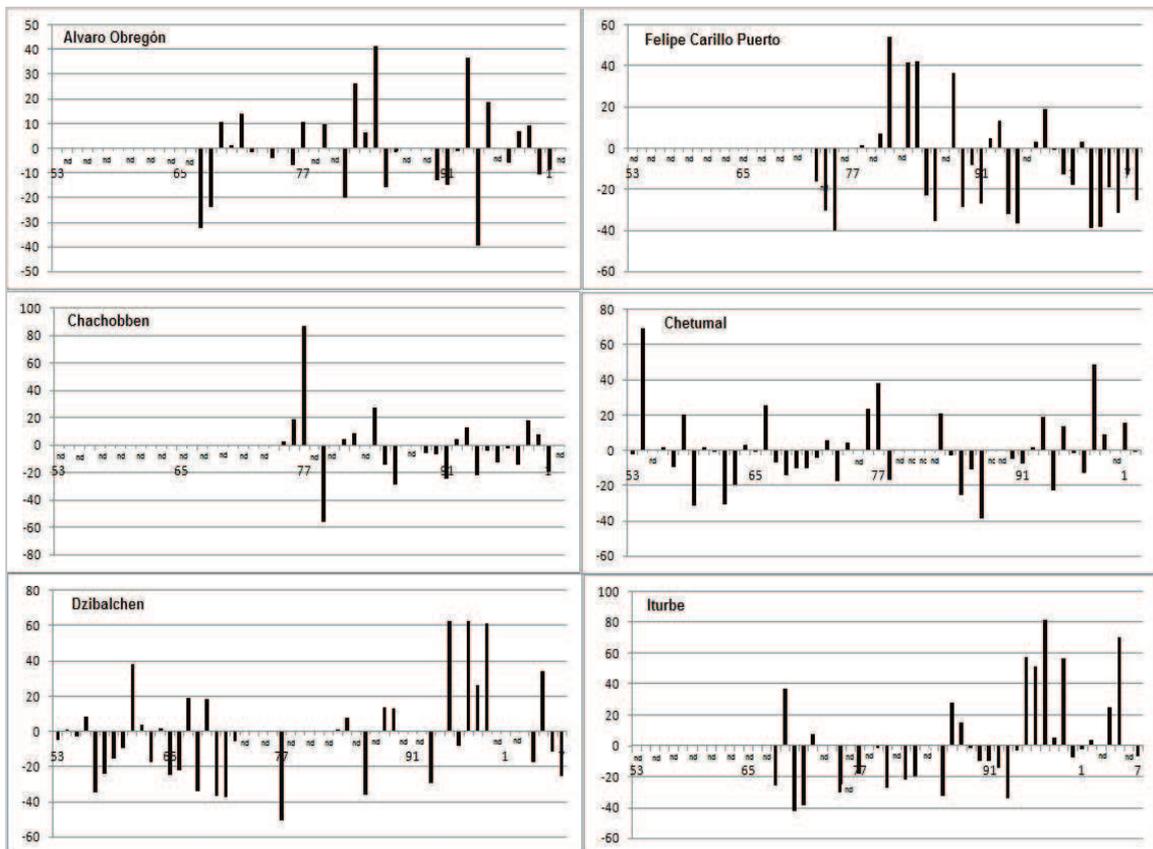
Para la temporada de lluvias, el promedio de precipitación en la zona de estudio va desde los 647.8 mm al centro – sur de la Península, en la estación Zoh Laguna, hasta los 958.6 en la porción sureste de la Península, cerca de la costa del Caribe. Durante la temporada seca, el promedio de precipitación más bajo se registra nuevamente en la estación Zoh Laguna, en el estado de Campeche, y el mayor promedio de precipitación se registró en la estación Chachobben, ubicado en la parte centro – este de la península entre los ejidos de Santa María Poniente, Los Divorciados, Buenavista y Blanca Flor.

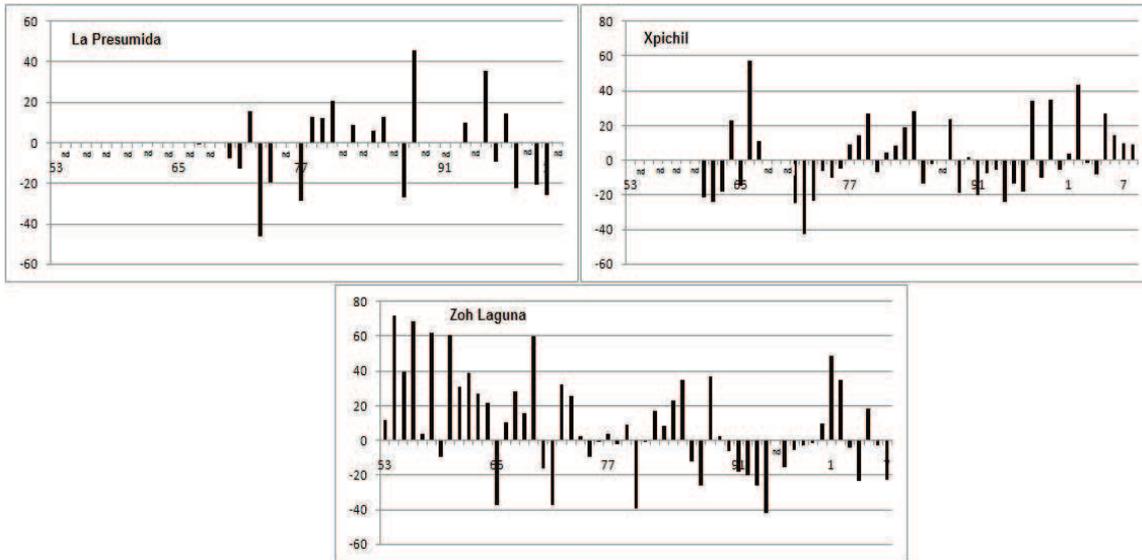
b) Identificación de años de sequías

Anomalías

Las anomalías climáticas son las diferencias registradas entre la variable analizada, en este caso, la precipitación, con respecto a la climatológica normal en la zona.

Figura 12. Anomalías de la precipitación anual en las 9 estaciones meteorológicas, periodo 1953 - 2007





Los resultados obtenidos por medio de las anomalías climáticas muestran dos años en los que la mayoría de las estaciones meteorológicas presentaron su mayor porcentaje de anomalías en la precipitación, estos años fueron 1986 y 1994. En el año 1986, cuatro de las nueve estaciones analizadas coincidieron en la presencia de la mayor anomalía en precipitación registrada en 30 años. En el caso de la estación Chetumal, durante este año se registró una anomalía de -42% de precipitación con respecto al promedio; en el caso de Iturbide se registró una anomalía de -44.7%, en Dzibalchen -67% y finalmente Carrillo Puerto registró 72.1% menos precipitación durante la temporada de lluvias de 1986 que su promedio en 30 años. Durante el año 1994, el resto de las estaciones registraron la mayor anomalía de precipitación en temporada de lluvias en 30 años. Xpichil presentó 37.3% menos de precipitación en esta temporada de lluvias, Zoh Laguna -45.9%, Chachobben -52% y Alvaro Obregon -54%. La estación La Presumida fue

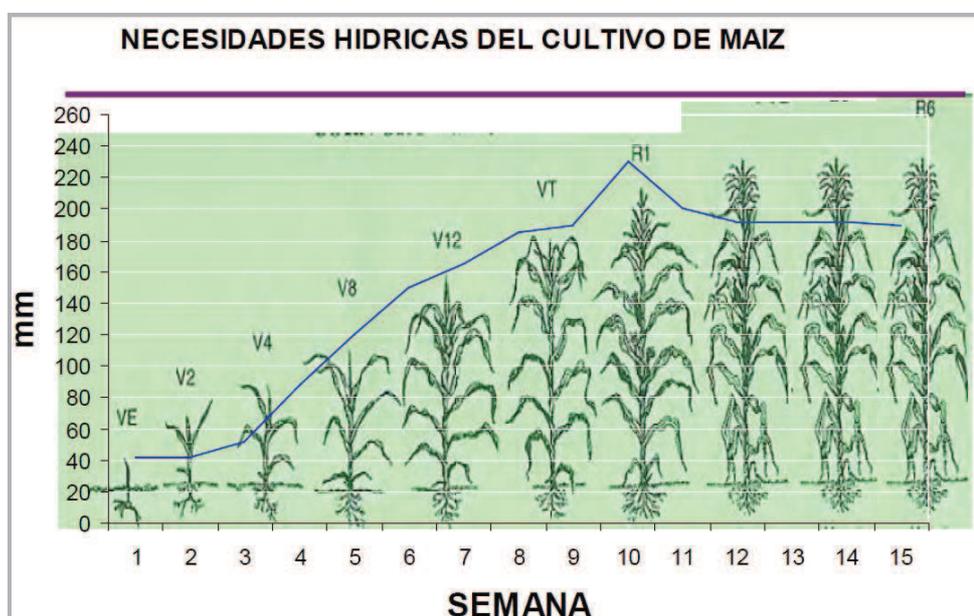
la única que presentó su mayor anomalía en un año diferente a estos, 1992, donde registró -45%.

Estos análisis muestran que durante los años 1986 y 1994, una parte considerable de la zona de estudio padeció sequías de extremas a moderadas, resultados que serán reafirmados más adelante mediante la categorización de las sequías por medio del método de quintiles. Usando estas anomalías también se pudieron determinar los años considerados como años con sequía meteorológica, todos aquellos años que presentaran anomalías de precipitación negativas, serían considerados como años de sequía. Esto se hizo para cada una de las estaciones, y, al buscar coincidencias y analizar los resultados, se encontraron los siguientes periodos considerados con sequía meteorológica: 1970 – 1972, 1985 – 1987, 1990 – 1991, 1994, 2001.

Es importante hacer mención de que muchas veces, a pesar de tener un año donde se registró un gran déficit en la precipitación, si se analiza por meses, estos déficits pueden variar, por lo tanto es necesario realizar también los análisis por meses y/o temporadas debido al impacto que estos déficits podrían tener en ciertas actividades dependiendo de los meses en los que ocurra. Como lo es el caso de la agricultura, en la que el déficit en la precipitación sería más dañino en los meses o semanas en lo que el maíz se encuentra en la etapa crítica de crecimiento, es decir, la fase reproductiva que se da a partir de la semana 10 (INIFAP, 2009). Si tomamos en cuenta las fechas de siembra actuales proporcionadas por los campesinos encuestados en la zona de estudio (junio) y el

tipo de maíz que se utiliza (maíz de cuatro meses en su mayoría, aunque también se usa el maíz de tres meses), generalmente se presentaría a finales de agosto, cuando la canícula empieza a desaparecer. Sin embargo, eso posiblemente aplicaría solo para el maíz de cuatro meses, y los campesinos en la zona también usan variedades de maíz dos meses, dos meses y medio y tres que podrían resultar más afectados por la presencia de la canícula.

Figura 13. Requerimientos hídricos por etapa de crecimiento del maíz de 4 meses.



FUENTE: INIFAP. "El Efecto del Cambio Climático en la producción del maíz en Yucatán". Octubre 2009.

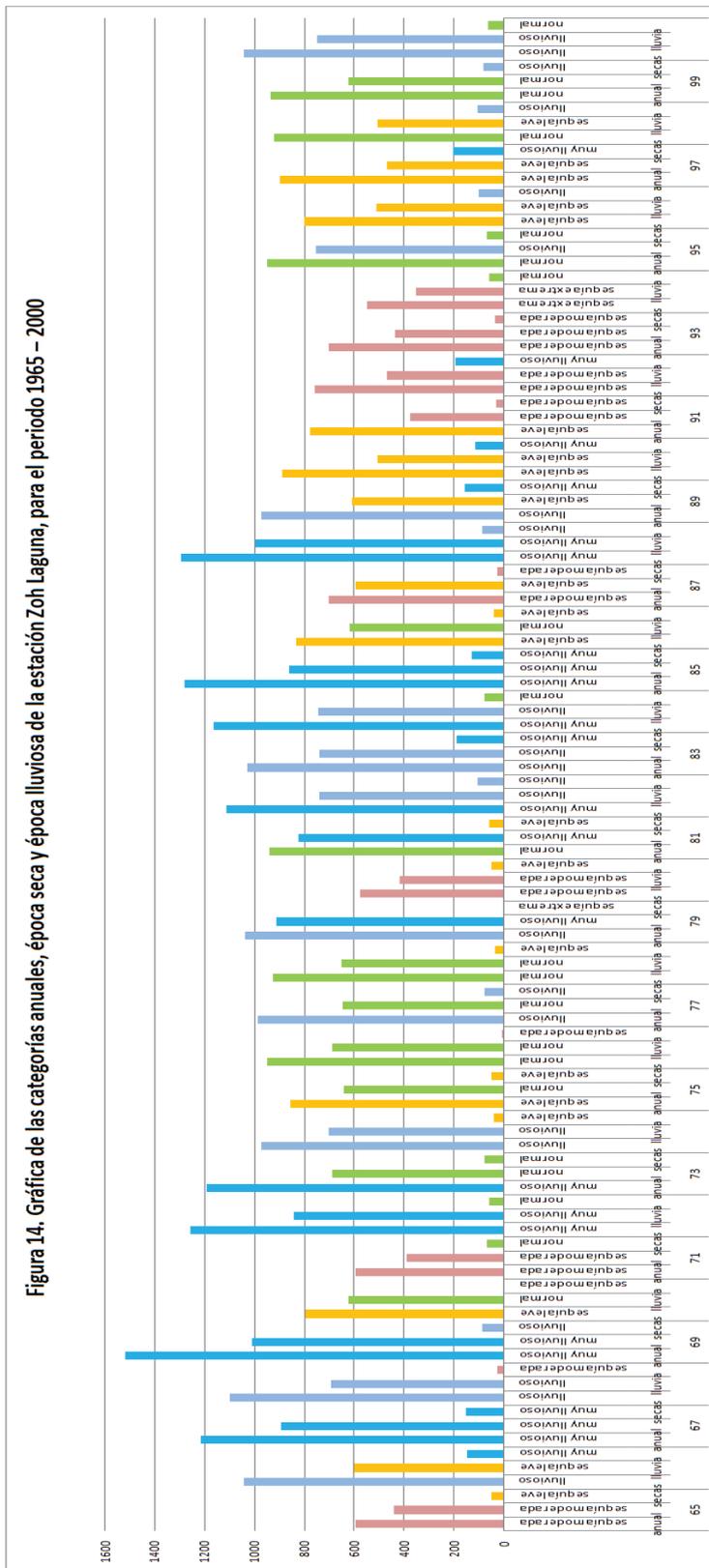
De acuerdo a la figura 13 podemos darnos cuenta de que, por ejemplo, durante el mes de agosto que es el tiempo crítico para la producción de maíz en la Península, se tiene un déficit de más de 60 mm con respecto al promedio en la

zona para ese mes que es de 152.2 mm. Este es un punto clave en la problemática precipitación – agricultura en la zona, ya que, como el retraso en la llegada de las lluvias regulares provoca un atraso en la siembra, muchas veces las etapas más vulnerables del maíz a la sequía quedan más expuestas a la canícula. De acuerdo al INIFAP (2009) el requerimiento de agua del maíz en esa etapa en la Península es de alrededor de 180 mm, por lo tanto, estos déficits podrían haberse traducido en grandes pérdidas para la agricultura en la zona.

Categorización por quintiles

Mediante el método de quintiles se establecieron seis categorías de acuerdo a la precipitación en las series de tiempo: sequía extrema, sequía moderada, sequía leve, año normal, año lluvioso y año muy lluvioso. Con este método se pudieron establecer las características en la precipitación anual de cada una de las estaciones meteorológicas y para la temporada de lluvias y temporada seca de cada año. A continuación se presenta la gráfica 14 que muestra las categorías y precipitación anual, de temporada seca y de temporada lluviosa para cada año en la estación Zoh Laguna.

Figura 14. Gráfica de las categorías anuales, época seca y época lluviosa de la estación Zoh Laguna, para el periodo 1965 – 2000



registró en el año 1973. Esos resultados nos indican que en los periodos de 1970 – 1973 y 1994 – 1995; así como el año de 1986 representaron una sequía extrema para la mayor parte de la zona de estudio.

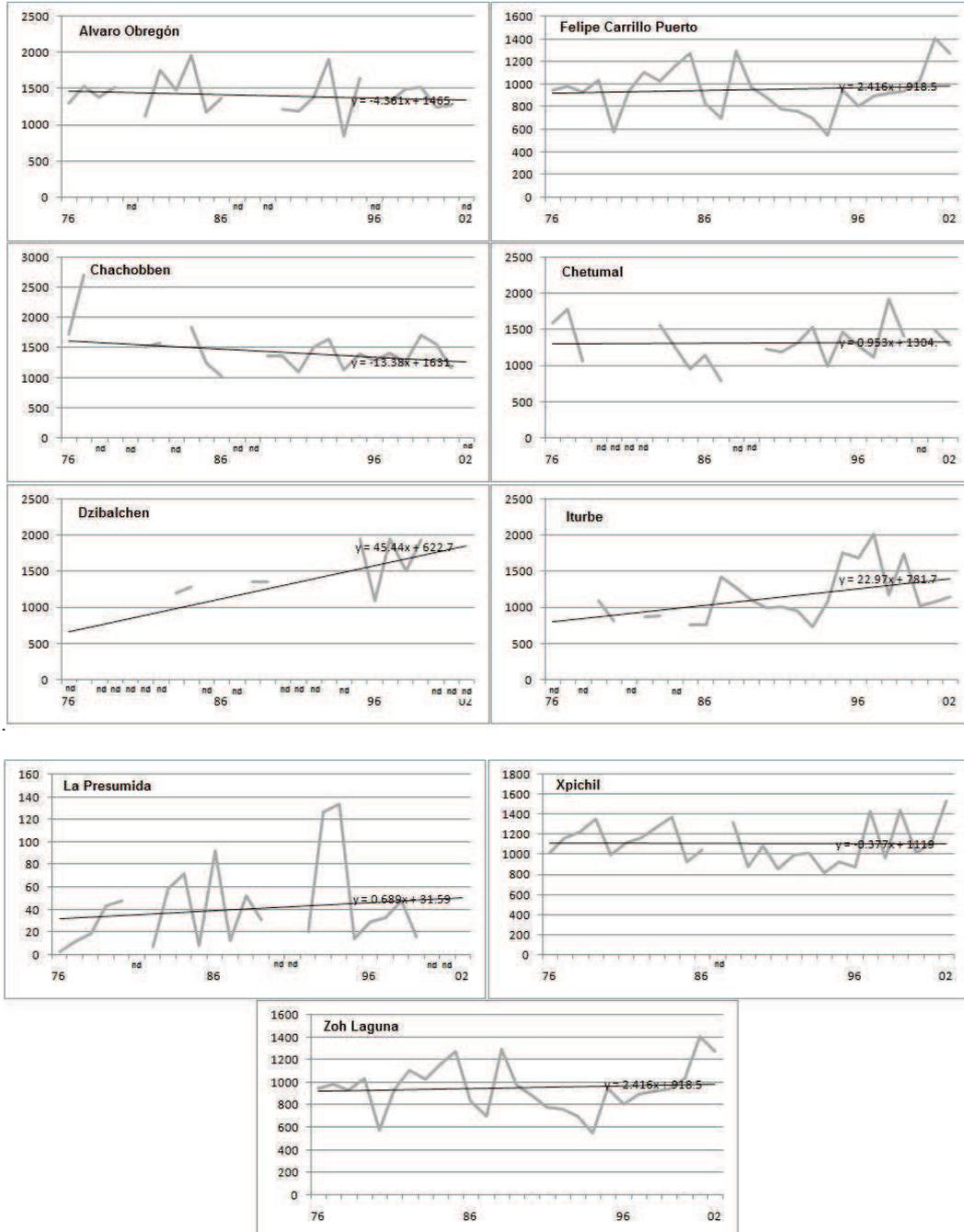
Estos resultados posteriormente serán comparados con los años que, de acuerdo a los campesinos y su producción, han considerado como periodos de sequía extrema.

c) Análisis de Tendencias

Las tendencias son cambios graduales de incremento o decremento en el tiempo de las variables estudiadas (Méndez *et al.*, 2007), en este caso, la precipitación. Estos análisis permiten saber si la precipitación ha aumentado o disminuido en un periodo de tiempo determinado.

Tendencias anuales

Figura 15. Tendencias anuales de la precipitación de las 9 estaciones de la zona de estudio, periodo 1973 – 2002.



Las tendencias anuales (figura 15) muestran que, la parte Este de la zona de estudio, cercana a la Costa del Mar Caribe, donde se ubican los ejidos Santa María Poniente, Los Divorciados, Blanca Flor y Buenavista, es la que presenta una disminución en su precipitación promedio anual que alcanza los -13 mm/año, mientras que las estaciones ubicadas en la zona centro de la Península registran una precipitación estable en el periodo comprendido para el análisis (1973 – 2002). Así mismo, la parte Oeste de la zona de estudio donde se ubican las estaciones Iturbe y Dzibalchen así como los ejidos Chun Ek y Cancanchen se muestra un aumento significativo en la precipitación promedio anual. Con esto se puede establecer un gradiente claro dentro de las tendencias de precipitación en la zona que va de:

1) Tendencias de precipitación negativas en zonas cercanas a la costa del Caribe.

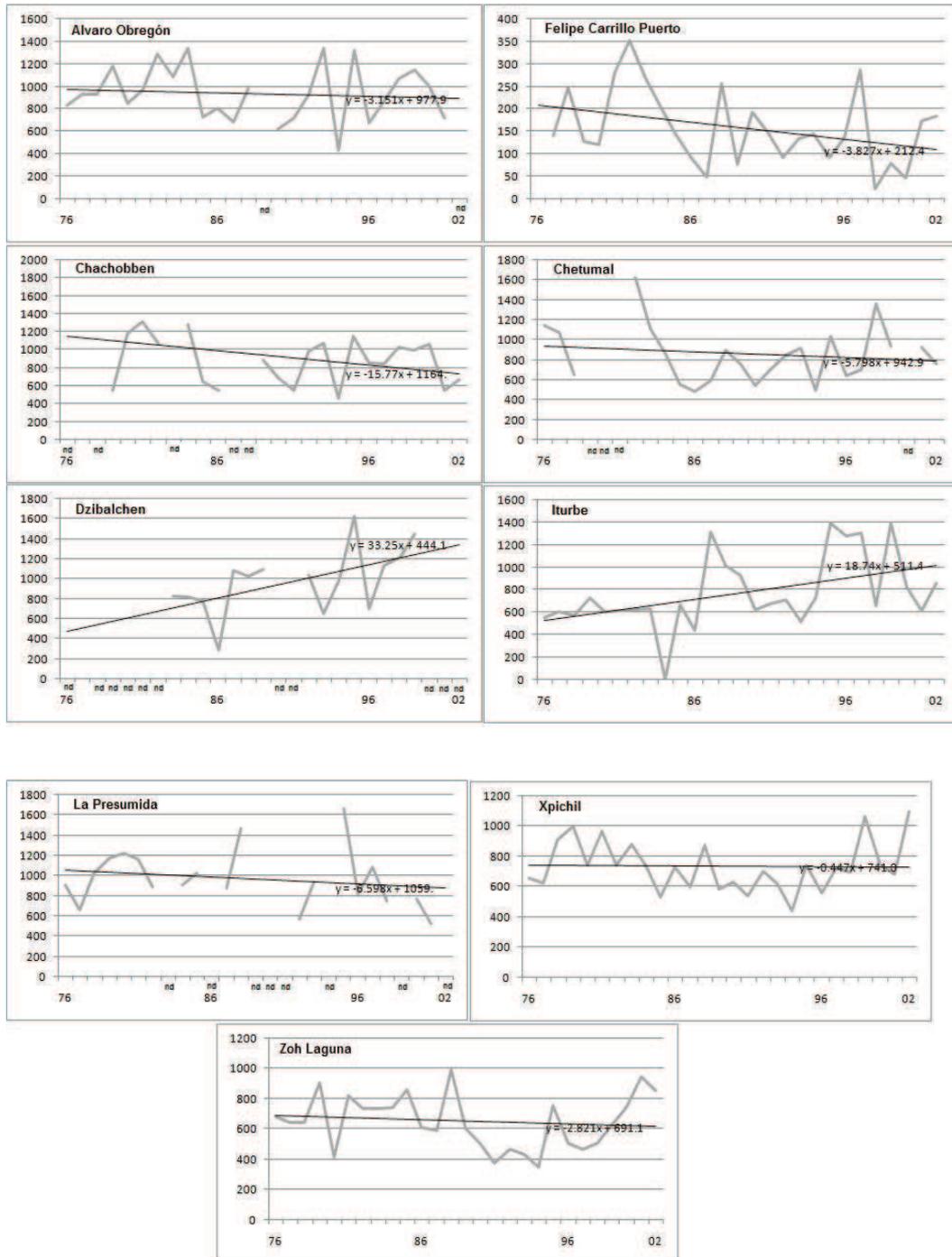
2) Tendencias de precipitación estables en el centro de la Península

3) Tendencias de precipitación positivas en las estaciones más alejadas al mar Caribe, pertenecientes al estado de Campeche.

Este fenómeno que se puede apreciar más adelante en la figura 18.

Tendencias durante la estación lluviosa

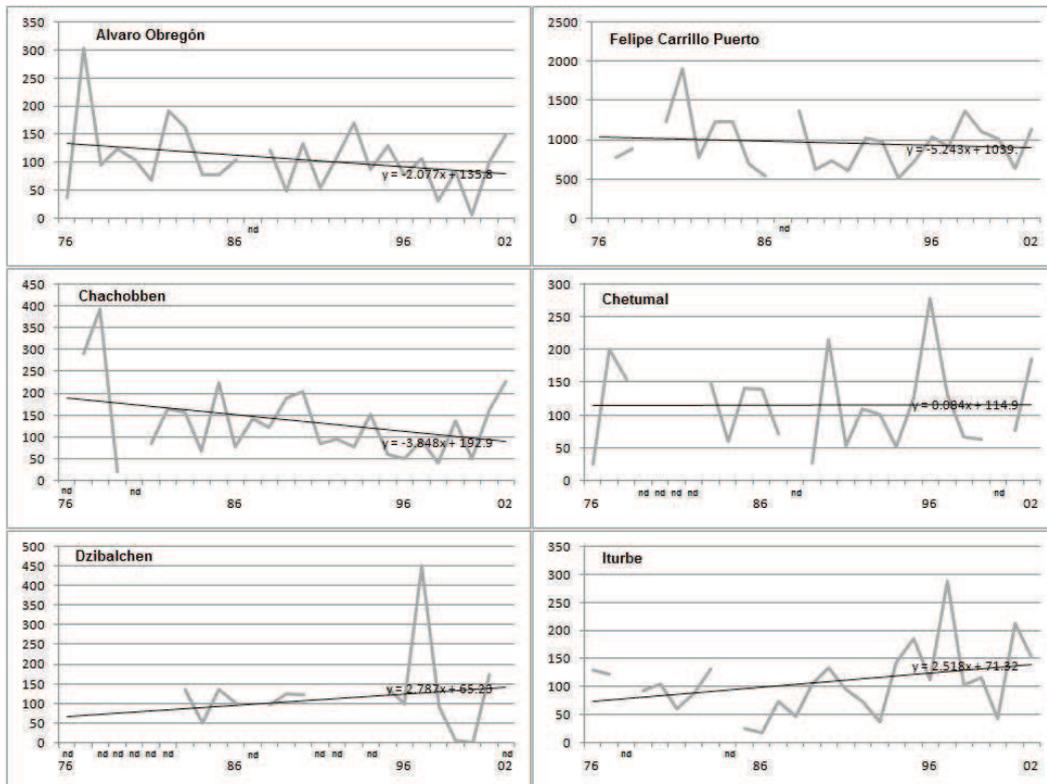
Figura 16. Tendencias de precipitación de la temporada lluviosa (Jun – Oct) de las 9 estaciones de la zona de estudio, periodo 1973 - 2002

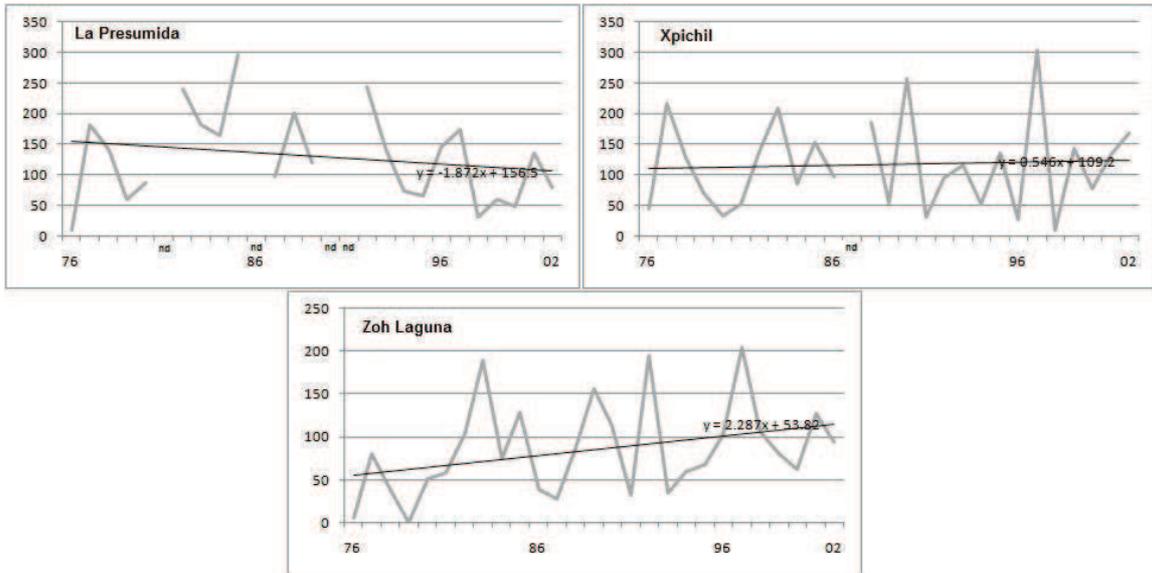


Las tendencias de la estación lluviosa (figura 16) indican que la totalidad de las estaciones analizadas de Quintana Roo presentan una disminución de precipitación durante la temporada de lluvias. Las estaciones Iturbe y Dzibalchen ubicadas en la zona Oeste, en el estado de Campeche vuelven a presentar una precipitación positiva, sin embargo las porciones Centro y Este presentan una clara disminución de precipitación en la temporada de lluvias que alcanza los menos 15.78 mm anuales en algunas zonas costeras.

Tendencias durante la estación seca

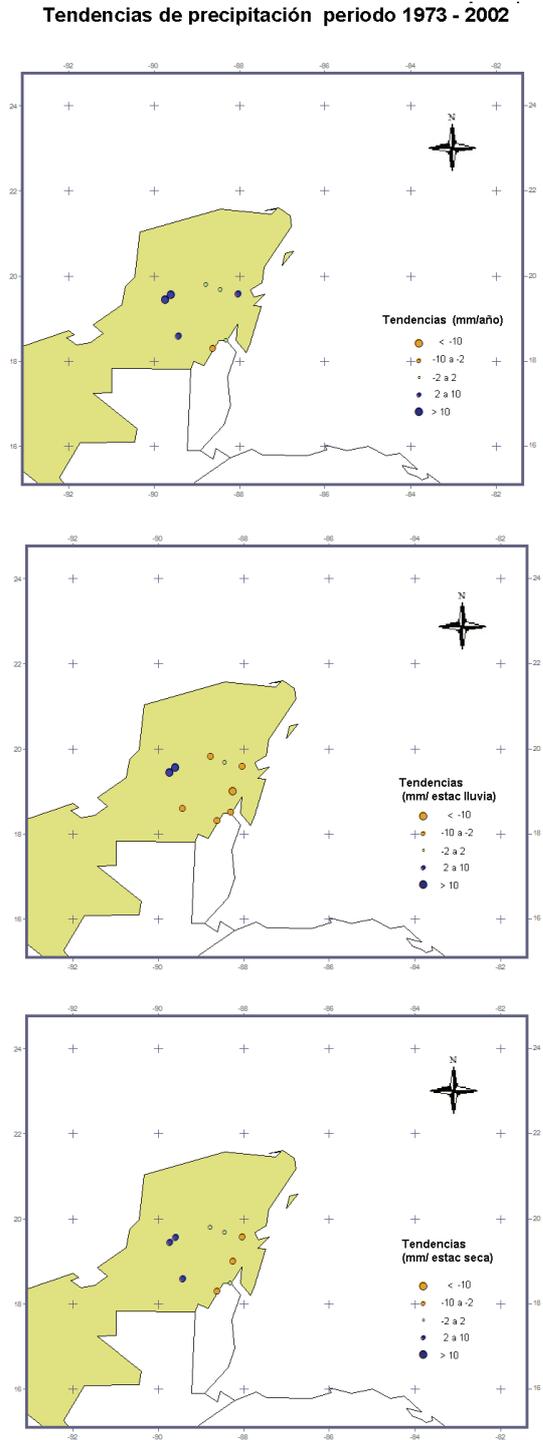
Figura 17. Tendencias de precipitación de la estación seca (Feb – Abr) de las 9 estaciones de la zona de estudio. Periodo 1973 – 2002.





Las gráficas (figura17) muestran que durante la temporada seca, menos de la mitad de las 9 estaciones meteorológicas (4 de ellas, ubicadas principalmente cerca de la Costa del Caribe), muestran una tendencia de precipitación negativa, y esta disminución en la tendencia no rebasa los 5 mm, a diferencia de las tendencias anuales y las tendencias de la estación lluviosa donde se observaron disminuciones de hasta – 13 mm y – 15 mm respectivamente.

Figura 18. Mapas de tendencias de la precipitación anual, temporada lluviosa y temporada seca en la zona de estudio para el periodo 1973 – 2002.



Con este análisis tanto anual como estacional podemos observar que la mayor disminución de la precipitación en la zona se ha dado principalmente durante la temporada de lluvias, y que la precipitación en la temporada seca se ha mantenido relativamente estable. Estos resultados son importantes, ya que la agricultura en la zona de estudio es de temporal y el maíz se siembra principalmente durante la época de lluvias, que es precisamente la que está presentando mayor variabilidad y mayor disminución de precipitación.

VII. CAPÍTULO II. LA DIVERSIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE LOS CAMPESINOS Y LOS CAMBIOS EN LA AGRICULTURA COMO CONSECUENCIA DE LAS SEQUÍAS

7.1 Resultados

Percepción del clima

Según la psicología, la percepción es el proceso cognitivo de la conciencia que consiste en el reconocimiento, interpretación y significación para la elaboración de juicios en torno a las sensaciones obtenidas del ambiente físico y social, en el que intervienen otros procesos psíquicos entre los que se encuentran el aprendizaje, la memoria y la simbolización (Vargas, 1994). La percepción está constituida por atributos y cualidades, valores y juicios, ideas y creencias, que dependen o varían en función de la edad, el sexo, la religión, el estatus social, la etnia, las experiencias de vida, etc. (Geertz, 1994).

Para el análisis de esta sección partimos de que el 92% de los campesinos percibe que han habido cambios en el clima local en los últimos 15 años. Estas respuestas tienen relación directa con las observaciones sobre el cambio climático, en función de la variabilidad y reducción de la precipitación y el aumento de la temperatura (ver figura 19).

Figura 19. Análisis de correspondencias entre las tendencias de precipitación (negativa, positiva y estable ilustrada en color rojo) características de cada ejido (ver capítulo 1), y los cambios en el clima.

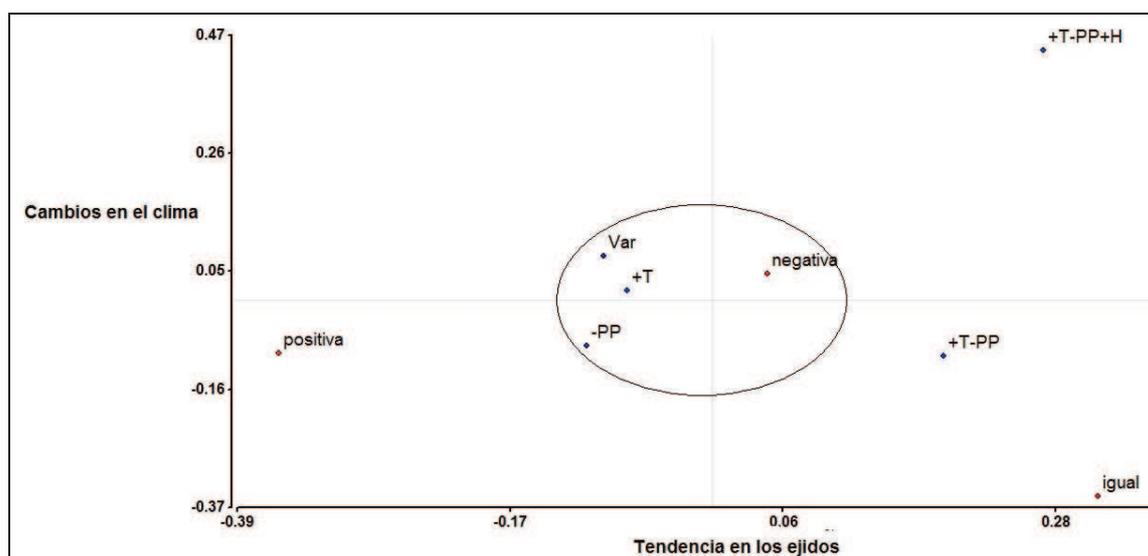


Tabla 3. Tendencias de precipitación de los 10 ejidos de la zona de estudio.

Ejido	Tendencia de Precipitación
Cancanchen	Positiva
Chun Ek	Positiva
Blanca Flor	Negativa
Buenavista	Negativa

Laguna Kana	Estable
Laguna Om	Negativa
Los Divorciados	Negativa
Miguel alemán	Negativa
Nicolás Bravo	Negativa
Nuevo Becal	Negativa
Santa María Poniente	Negativa

La figura 19 representa conjuntamente las distintas modalidades de una tabla de contingencia, de forma que la proximidad entre los puntos representados está relacionada con el nivel de asociación entre dichas modalidades.

El eje 1 representa la frecuencia acumulada de varianza generada por el cada factor de tendencias (positiva, negativa y neutral) y el eje 2 representa la frecuencia acumulada de la varianza generada por las características de cambio en el clima (mayor temperatura, menos lluvia, mayor variabilidad climática). Entonces, cada uno de los ejes representa la variable de análisis (Eje 1 Tendencias, Eje 2 Características en el clima).

La existencia o no de algún tipo de relación entre el Eje 1 (tendencias de precipitación en los ejidos, ver tabla 5) y el Eje 2 (características del cambio en el clima) se analiza mediante contrastes de hipótesis sobre la independencia de dichas variables, por lo tanto a mayor cercanía de los puntos, mayor relación existe entre ellos.

Los puntos son categorías de análisis, y el significado de sus letras es el siguiente:

- Variables X: tendencias positivas, negativas y estables (Tabla 5).

- Variables Y: Var (Variabilidad en la precipitación)
 - PP (Menos precipitación)
 - +T (Aumento en la temperatura)
 - +H (Mas humedad)

Por medio de esta gráfica se pretende responder cómo los campesinos en los ejidos que presentan diversas tendencias de precipitación (positiva, negativa y estable), perciben los cambios en el clima, esperando que los ejidos con tendencia negativa, sean los que vean la disminución de lluvias como la característica principal del cambio en el clima.

En este caso se seleccionaron los ejidos como variable a analizar en lugar de los encuestados debido a que se pretendía ver la relación entre los lugares y sus tendencias de precipitación, con los elementos que reflejan ese cambio en el clima local.

En la figura 19 podemos observar que, en los ejidos que presentan una tendencia de precipitación negativa, sus habitantes perciben los cambios en el clima local expresados a través de a) una mayor variabilidad en las lluvias¹², b) un aumento en la temperatura y c) un disminución en la precipitación promedio anual. En los ejidos cuya tendencia de precipitación es positiva y en los ejidos donde la tendencia permanece estable, no se encontró una característica en especial a través de la cual los campesinos vean reflejados los cambios en el clima local.

¹² Dicho en las palabras de los campesinos "es cuando la lluvia no llega a tiempo, o llueve y de ahí no vuelve hacerlo en algunas semanas, o llueve mucho en pocos días y de ahí no vuelve a llover".

Para complementar este análisis hecho a nivel ejidal, se buscó el promedio de campesinos que perciben cambios en el clima local, y el resultado se expresa en la siguiente tabla:

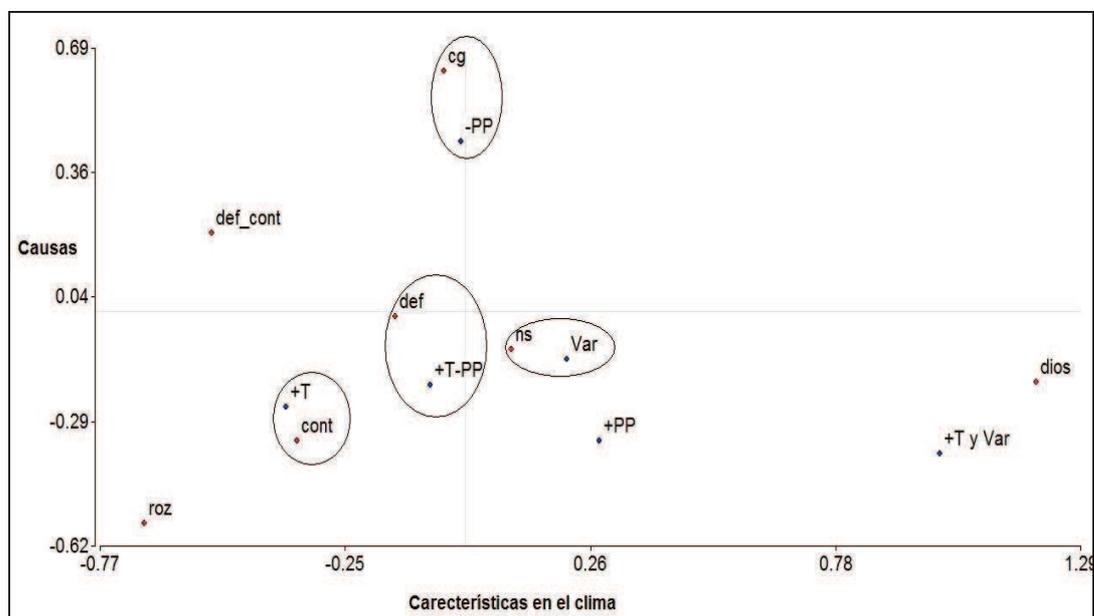
Tabla 4. Características mediante las cuales los campesinos perciben el cambio en el clima local $n=130$

Característica del clima	% de campesinos que perciben el cambio
Disminución de la precipitación	24
Aumento de la temperatura	31
Mayor variabilidad de las lluvias	22
Aumento de la precipitación	1
Aumento de la temperatura y disminución de la precipitación	17
Aumento de la temperatura y mayor variabilidad de las lluvias	5

Para conocer las causas asociadas a cada una de las características (disminución de la precipitación, mayor temperatura, mayor variabilidad climática), a nivel individual, sin importar el ejido ni la tendencia, se realizó un análisis de correspondencia (AC) con las variables características de cambio en el clima y las causas asociadas a ellas aportadas por todos los entrevistados.

Esta asociación o dependencia se muestra en la siguiente figura:

Figura 20. Análisis de correspondencias entre las percepciones sobre el cambio del clima y las posibles causas.



El significado de los códigos presentados en la gráfica se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 5. Significado de las abreviaciones presentes en la gráfica 16.

Códigos	Significado
def_cont	Deforestación y contaminación
def	Deforestación
cont	Contaminación
+T	Aumento de temperatura
roz	Reducción o adelgazamiento de la capa de ozono
cg	Calentamiento Global
-PP	Disminución de la precipitación
+PP	Aumento de precipitación
+T-PP	Más temperatura y menos precipitación
Var	Mayor variabilidad en las lluvias
+TyVar	Más temperatura y más variabilidad en las lluvias
Dios	Dios
ns	No saben

Los ejes representan la frecuencia acumulada de varianza generada por cada factor (más lluvia, más calor, etc. que expresan las características del clima, y en el otro eje, las causas como deforestación, contaminación, etc.).

El análisis de correspondencia nos ayuda a responder qué elementos corresponden a ciertas características, es decir, si los campesinos hablaron de un aumento de la temperatura como una de las características que los hacen pensar en que el clima ha cambiado, con este análisis podemos saber cuáles son las causas que, de acuerdo a su percepción, provocan este aumento en la temperatura, como pueden ser la deforestación, la contaminación, el adelgazamiento de la capa de ozono, etc., relación que es mostrada mediante la cercanía de puntos, a mayor cercanía de ellos, mayor relación existe. En esta gráfica podemos observar que:

- a) El aumento de las temperaturas lo relacionan principalmente con la contaminación.
- b) La disminución de las lluvias la visualizan más como un efecto del Cambio Climático Global. Al cuestionar a los campesinos sobre las causas de los cambios locales en el clima, algunos de ellos respondieron de manera literal, que “se debía al cambio climático que se está dando en todo el mundo”.
- c) A la combinación de menos lluvias y un aumento de la temperatura la relacionan con la deforestación expresado literalmente, a “la tumba del monte”.

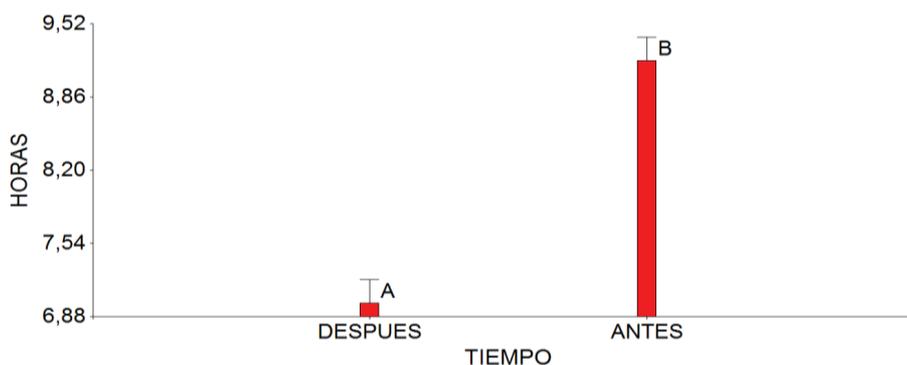
d) En el caso del origen de la variabilidad de las lluvias, no pueden atribuirlo a alguna causa en específico.

Cabe recalcar que, la mitad de los campesinos dijeron desconocer las causas que originan estos cambios, por lo tanto la gráfica muestra las percepciones de solo el 50% de la muestra ($n=150$).

Modificaciones en la duración de la jornada de trabajo como efecto de los cambios en el clima local

Con el objetivo de saber si han existido cambios en la duración de la jornada de trabajo en la milpa de los campesinos y conocer sus causas, se les preguntó de qué hora a qué hora acudían a trabajar en sus milpas hace 15 años, y que horario tenían en el año de las encuestas (2010). Los resultados arrojaron que han existido cambios en el número de horas que los campesinos pasan en sus parcelas (figura 21).

Figura 21. Análisis de Varianza que muestra los cambios en el horario de los campesinos tomando como base para comparar hace 15 años (antes) y el año 2010 (después).



La pregunta se realizó a cada campesino, indagando su horario en la milpa hace 15 años y su horario en la milpa actualmente, de esta forma podríamos calcular el número de horas que cada campesino dedicaba a su milpa antes y el número de horas que dedican a su milpa ahora, y así ver la diferencia. De notar una diferencia en sus jornadas de trabajo, que ocurrió en 73 de los 142 campesinos que respondieron la pregunta, se les preguntó a que se debían estos cambios, y el 56% de ellos respondieron que a los cambios en el clima, en especial, el aumento de temperatura.

Más del 50% de los campesinos expresó haber reducido la duración de la jornada de trabajo en la milpa debido al cambio en las temperaturas en los últimos años: "ya no se aguanta el calor, está más fuerte que antes" (campesino encuestado en Santa María Poniente).

- a) Ahora hace más calor. Poco más del 50% de los campesinos que contestaron haber reducido su jornada de trabajo lo atribuye a que actualmente el sol está más fuerte y ya no aguantan el calor. De acuerdo a esto, según registros de la CNA, el aumento de la temperatura promedio anual en la zona de estudio va desde 0.3°C hasta 0.5°C en la zona centro de la Península en los últimos 15 años.
- b) La edad. Alrededor del 15% de los campesinos que modificaron su jornada de trabajo afirman haberlo hecho a causa de su edad.

c) Ahora hace más calor y también son mayores de edad. Casi un 20% de los campesinos dijeron haber realizado cambios en su jornada de trabajo debido a la combinación de estos dos factores.

Cabe aclarar que, si bien los campesinos mencionaron como causa principal de esta reducción en su jornada de trabajo en la milpa a los cambios en el clima local, podría existir una combinación de esta causa con otros elementos tales como la diversificación de sus actividades económicas, trabajar un menor número de hectáreas, etc. que estarían influyendo en su horario en la milpa pero no fueron especificados.

Percepción de los campesinos acerca de diversos fenómenos climáticos y ambientales

a) Huracanes e Incendios Forestales

Los huracanes son un fenómeno climático típico frecuente en la región del Caribe de Junio a Octubre (Islebe *et al.*, 2009), y el estado de Quintana Roo en particular ha sido impactado en el último siglo por al menos 100 huracanes de diferente intensidad (Boose *et al.*, 2003; Jauregi, 1989).

Entre algunos efectos provocados por los huracanes están la pérdida de cosechas, de infraestructura, el derribo de árboles y demás daños a la vegetación, etc. Es precisamente este último efecto el que, aunado a otros factores puede influir en la ocurrencia de incendios forestales en la zona afectada por el paso de un huracán. Así mismo, el sistema agrícola tradicional de roza – tumba – quema eleva las probabilidades de ocurrencia de incendios forestales.

En el Sur de la Península de Yucatán, tras el paso del Huracán Dean, la vegetación en la zona de impacto quedó severamente dañada, encontrándose aún una gran cantidad de árboles derribados, los cuales constituyen un peligro por la ocurrencia de incendios forestales, y por otro lado también son consecuencias de los huracanes.

Así mismo, de acuerdo a la percepción de los entrevistados, los huracanes y los incendios forestales representan graves amenazas a su seguridad, a la de sus familias, a la de sus casas, las de sus cosechas, etc.

El análisis de los riesgos de desastres relacionados con fenómenos naturales, implica una revisión conceptual desde lo social, con lo cual se explican a los desastres como construcciones socio-históricas, en donde la vulnerabilidad de las poblaciones depende de diversos factores que condicionan las formas de vida, entre los que se encuentran las percepciones del riesgo. De acuerdo con Lavell (1994), el riesgo es definido como el grado de pérdidas esperado (de vidas, número de heridos, propiedad, viviendas, perturbación de la actividad económica o daño al medio-ambiente) resultante de la ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino, en un lugar en específico (probabilidad espacial) y en un período de tiempo determinado (probabilidad temporal). Sin embargo, las definiciones dadas al concepto riesgo son variadas, dependiendo de la disciplina, del enfoque y de las necesidades del autor.

De esta forma, los campesinos asocian su percepción de riesgo ante huracanes e incendios forestales en función del grado de pérdidas esperado en

sus cosechas, casas y vidas en general, por la ocurrencia de estos fenómenos que perciben como potencialmente dañinos.

En este apartado, la intención fue conocer si los campesinos se sentían en riesgo ante la ocurrencia de huracanes, y saber a qué asociaban estos riesgos, es decir, lo que ellos creían que los hacía vulnerables.

El 86 % de los entrevistados, mencionó sentirse en riesgo ante la ocurrencia de huracanes, principalmente debido a que: a) la mayoría de sus casas no son de concreto y tienen techos de guano o lámina que las hacen muy vulnerables a los efectos del viento, b) pueden resultar peligrosos para ellos y sus familias, c) provocan daños y pérdidas en la cosecha, d) puede provocar la muerte de sus animales e) los vientos provocados por los huracanes suelen tumbar los árboles y la vegetación y esto puede funcionar después como una especie de combustible para la propagación de incendios.

En este tema, se preguntó también a los campesinos sobre su percepción acerca del riesgo que implican los incendios forestales para ellos, sus familias y sus actividades.

El 73% de los campesinos, mencionó sentirse en riesgo por la ocurrencia de incendios forestales debido a causas como: a) que el huracán Dean tumbó muchos árboles que podrían actuar como combustible en caso de un incendio, y estos podrían propagarse rápidamente a las áreas de conservación e incluso a los propios ejidos b) las sequías y el calor aumentan las posibilidades de incendios y, en menor medida c) el temor de la propagación del fuego al realizar la quema

en sus parcelas, ya que aseguran, muchos campesinos no tienen el cuidado necesario a la hora de realizar esa actividad.

Los eventos naturales o provocados por los seres humanos, que más les preocupa a los entrevistados a nivel familiar, sin importar los ejidos a los que pertenezcan, fueron los que comúnmente se presentan en la zona, como los huracanes, incendios forestales y sequías. La tabla siguiente resume los hallazgos:

Tabla 6. Muestra la percepción de los campesinos sobre que fenómeno les parece más riesgoso y el porcentaje de ellos que así lo cree ($n=133$).

Evento más riesgoso de acuerdo a la percepción de los campesinos	% de ellos que lo consideran más riesgoso
Huracán	35
Incendios	8
Sequía	17
Sequía y Huracán	9
Huracán e Incendios	10
Sequía en Incendios	2
Los tres por igual	19

Como se puede observar en la tabla 6, el evento que más preocupación causa a los campesinos, es la ocurrencia de un Huracán ya que aseguran, éste puede no sólo tirar sus casas que consideran frágiles, sino que también podría costarles la vida.

A pesar de que la mayoría de los campesinos dijeron sentirse más preocupados por la ocurrencia de huracanes que de sequías, en este trabajo se

consideró más importante el estudio de la ocurrencia de sequías debido a que éstas suelen representar a) un impacto más amplio, (especialmente hablando), ya que muchas veces no afectan solo el área que impactan sino que tienen influencia en el mercado, y en los precios de diversos cultivos principalmente, y b) más prolongado (temporalmente hablando), ya que, a diferencia de los huracanes que representan un fenómeno súbito que quizá los haga perder la cosecha del año en que ocurrió, una sequía prolongada puede afectar varias cosechas y finalmente orillar a los campesinos a diversificar sus actividades económicas o transformar la forma en la que hacen agricultura.

b) Percepción que los campesinos tienen sobre las sequías.

De acuerdo a El Vocabulario Meteorológico Internacional de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) la sequía se define como “la ausencia prolongada o déficit notable de precipitación”.

No obstante, la forma en la que cada persona percibe y define una sequía puede variar en función de muchos elementos como la actividad económica que realiza, edad, experiencia, nivel de estudios, entre otros.

Para el análisis de esta sección partiremos de la definición campesina de la sequía. Por este motivo, se les preguntó qué era para ellos una sequía y que características presentaba; agrupando las respuestas obtenidas en 4 categorías, debido a que los encuestados las definían en función de: a) la falta de lluvias que generaba daños en sus cosechas y animales, percibido así por el 46% de ellos; b) el 23% lo relacionaba con características climáticas únicamente, como lo es la

falta de lluvia, el aumento de temperatura, y la variabilidad en las lluvias y c) 19% la definieron en función de sus efectos en el entorno, cómo la disminución de las lagunas y demás cuerpos de agua cercanos a los ejidos, en caso de haberlos y d) hubo quienes no especificaron (15%), con una $n=143$.

La diferencia en cuanto a la forma o el sentido en el que los campesinos perciben las sequías puede resultar comprensible si lo relacionamos con los textos de Wilhite y Glantz (1985) quienes encontraron más de 150 definiciones de sequía, dadas de acuerdo al objetivo de la investigación, o de acuerdo a los efectos causados. Ellos las categorizaron en 4 grupos según la disciplina científica desde la que sea analizado el fenómeno en: sequía meteorológica (dada en función de los déficits de precipitación), sequía agrícola (establecida no solo por las condiciones meteorológicas, sino también por las características del cultivo y las propiedades del suelo), sequía hidrológica (que hace referencia a una deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas) y sequía socioeconómica (se produce cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños a la población de la zona afectada por la escasez de lluvia).

De este modo, las percepciones y efectos de las sequías influyen en la forma en la que cada quien las define. Las respuestas dadas por los campesinos incluyen los 4 tipos de sequías, ya que fueron dadas en función de la falta de lluvia, la pérdida de cosechas y la disminución de los cuerpos de agua).

El 94% de 141 campesinos expresó su preocupación por las sequías, ya que las asocian principalmente con las pérdidas de sus cosechas, muerte o enfermedad de su ganado, pérdidas económicas y daños en la producción de miel debido a la ausencia de floración.

El 63% de los entrevistados afirmó encontrarse en un periodo de sequía durante el año de la entrevista (2010), sin embargo esto no pudo ser confirmado debido a la ausencia de registros de precipitación para dicho año. .

Tabla 7. Muestra el porcentaje de campesinos por ejido que consideró el año 2010 como un año de sequía, así como la tendencia de precipitación en cada ejido.

Ejido	Tendencia	% de campesinos que consideraron el 2010 como un año de sequía	n
Blanca Flor	Negativa	59	9
Buenavista	Negativa	39	15
Cancanchen	Positiva	69	8
Chun Ek	Positiva	83	15
Laguna Kana	Estable	51	8
Laguna OM	Negativa	41	14
Los Divorciados	Negativa	71	16
Miguel Alemán	Negativa	59	18
Nuevo Becal	Negativa	78	10
Santa Ma. Poniente	Negativa	82	17
Total			140

En la Tabla 7 podemos observar que en 8 de los 10 ejidos, más de la mitad de los campesinos percibían encontrarse en un periodo de sequía al momento de la encuesta (Junio – Julio 2010). Los ejidos Nuevo Becal, Santa María Poniente y

ChunEk, son los que presentan el mayor porcentaje de campesinos que perciben sequía en el año de la encuesta, y únicamente en 2 ejidos, Buenavista y Laguna Om la mayoría de los campesinos no percibían encontrarse en un año de sequía.

La agricultura en la zona de estudio

De acuerdo a datos obtenidos del portal de la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Sustentable (OEIDRUS) www.oeidrus.gob.mx, durante el año 2009 el 28% de la superficie de Quintana Roo correspondió a superficie sembrada, con diversos cultivos como maíz, frijol, calabaza, sandía, tomate, limón, chile, etc., y el 37.5% del estado de Campeche con cultivos similares y además aguacate, jícama, Jamaica, mandarina, etc.

En la Península de Yucatán, el término “milpa” (del náhuatl **mili**, hered y **pan**, sobre) es también conocido como **kol** que en maya significa “campo de maíz” (Mariaca M., *et al*, 1995). Sin embargo, la milpa en la zona maya actualmente incluye mucho más que sólo el cultivo de maíz, que es intercalado ya sea en temporadas o en superficie con una variedad de cultivos que en la zona de estudio pueden ser calabaza, frijol, yuca, chile, camote, chihua, entre otros.

Con el objetivo de conocer el promedio de la superficie por campesino de cada uno de los 10 ejidos, se preguntó sobre el número de parcelas que poseían y la superficie en hectáreas que tenía cada una, para después tener el promedio de cada campesino. , Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8. Promedio de superficie de milpa cultivada por ejidatario en cada uno de los ejidos.

EJIDO	Hectáreas de milpa (maíz, calabaza, frijol, yuca, chile, camote, chihua) por ejidatario en cada ejido en 2009				
	n	media	DE	Mín	Máx
Chun Ek	15	3.17	1.69	1	6
Canchanchen	10	6	3.65	2	12
Blanca Flor	10	3.4	1.84	2	8
Buenvista	11	2	0.77	1	4
Laguna Kaná	8	3.75	2.05	2	8
Laguna Om	14	4.57	4.01	1	14.5
Los Divorciados	16	3.47	1.02	2	6
Miguel Alemán	16	5.44	4.62	1	20
Nuevo Becal	9	4.39	2.64	2	9
Santa María Poniente	17	3.41	1.91	2	10

Se quiso establecer cuántas de estas hectáreas eran destinadas a la siembra de maíz, tarea que resultó un poco complicada debido a que muchos de los campesinos decían revolver las semillas de varios cultivos y sembrarlas juntas, algunos de ellos mencionaban proporciones, por ejemplo “2 semillas de frijol y 2 semillas de calabaza por cada 5 semillas de maíz”, sin embargo, se logró obtener información de 78 de los 157 campesinos entrevistados, sobre las hectáreas de maíz que cultivaban, debido a que lo hacían en parcelas separadas. Los 69 campesinos restantes no especificaron la proporción, no cultivaron maíz o no contestaron.

De acuerdo a ello, se sembraron 254.4 hectáreas de maíz, lo que constituye el 51% de todas las hectáreas cultivadas de milpa por los 10 ejidos (sin incluir pasto). El principal cultivo al que hicieron referencia los campesinos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9. Muestra el cultivo principal sembrado por los campesinos encuestados, y el porcentaje de ellos que lo siembran así.

Cultivo principal	% de ejidatarios que lo usan como cultivo principal
Maíz	96
Frijol	2.5
Pasto	1.5

Con “principal cultivo” nos referimos a aquel que cultivan en mayor proporción, y la tabla 9 nos muestra que sigue siendo el maíz, seguido pero en mucho menor proporción por el frijol y la siembra de pasto.

A preguntarles sobre el tipo de maíz que acostumbran sembrar, los campesinos respondieron lo siguiente:

Tabla 10. Muestra los tipos de maíz más usados en la zona de estudio.

Tipo de maíz	Características	Porcentaje
Blanco	Dicen que tiene mayor productividad que el maíz criollo, y tiene mayor demanda para la industria de la masa y la tortilla. Sin embargo, son difíciles de almacenar debido a que su cubierta es más suave y por lo tanto, más vulnerable al ataque de insectos.	27
Criollo	Es el maíz originario de cada región, no está modificado genéticamente, es más resistente a las características climáticas adversas de cada lugar pero su productividad es menor, alcanzando de 1.5 a 2 toneladas por hectárea como máximo.	41
Híbrido	Mejorado y modificado genéticamente ¹³ , para lograr una mayor productividad. En condiciones óptimas puede producir hasta 8 toneladas por hectárea. Sin embargo tiene baja resistencia a las plagas, a la escasez de precipitaciones y demás características particulares de cada zona.	28
Ne		4

¹³ El maíz genéticamente modificado es aquel al cual se le han realizado cambios genéticos, insertando uno o varios genes con características de interés, mediante el uso de tecnología de genes o de ADN recombinante. El maíz modificado genéticamente que se encuentra actualmente en el mercado responde principalmente a dos características agronómicas: resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas.

El 15 % de los 125 campesinos que respondieron a esta pregunta comentaron tener excedente de maíz para venta, y tan sólo un 8% para alimentación de los animales de traspatio; estos datos nos permiten interpretar que el principal uso que le dan al maíz cosechado es el consumo familiar.

Cabe aclarar que eso no quiere decir que en el 100% de los casos la cosecha alcance a cubrir sus necesidades alimenticias; más bien quiere decir que en algunos casos, el maíz cosechado no es suficiente para cubrirlas, y por consiguiente no queda un excedente que pueda ser destinado a la venta u otro uso. Tan sólo en algunos casos, la cosecha sí es suficiente para la alimentación pero no queda excedente que pueda venderse o destinarse a la alimentación de los animales.

Con el objetivo de conocer estas cifras a nivel ejidal y poder apreciar si existen grandes diferencias respecto a los usos que se le da al maíz en los diferentes ejidos, se realizó este análisis también a nivel ejidal, y los resultados fueron los siguientes:

Tabla 11. Porcentaje de campesinos por ejido que cuentan con un excedente de maíz una vez cubierto su consumo familiar, y uso que le dan a este excedente.

Ejido	% de campesinos con excedente de maíz tras cubrir su consumo familiar	Uso del excedente
Blanca Flor	11	Venta
Buenavista	12	Venta

Chun Ek	0	No aplica
Cancanchen	0	No aplica
Laguna Kaná	42	Alimento para sus animales y venta
Laguna Om	50	Venta
Los Divorciados	25	Venta
Miguel Alemán	40	Alimento para sus animales
Nuevo Becal	60	Alimento para sus animales y venta
Santa María Poniente	13	Venta

Cabe aclarar que estos resultados pueden deberse a varios factores, y no solo estar relacionados con la precipitación. El número de hectáreas sembradas por ejido, el tipo de agricultura (tradicional o mecanizada), el tipo de maíz sembrado, el uso de fertilizantes, entre otros elementos sin duda influyen en la existencia o no de un excedente de maíz para la venta u otros usos. Por ejemplo, en el caso de los ejidos Chun Ek y Cancanchen, ningún campesino presenta un excedente de maíz, esto quisa podría verse influenciado debido a que en estos ejidos la mayoría de los campesinos encuestados dijeron dedicarse a la apicultura y no a la agricultura.

En los años en los que su cosecha no cubre sus necesidades alimenticias, el 70% de la muestra, obtiene su maíz para consumo en DICONSA.

Sin embargo, la mayoría de ellos solo obtiene el maíz para consumo en DICONSA debido a que consideran que las semillas de este establecimiento no son de buena calidad, por lo tanto tienen que conseguir semillas para la siembra, las cuales se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 12. Muestra los lugares donde obtienen las semillas para sembrar y el porcentaje de ellos que lo obtienen ahí ($n=132$).

Lugar donde obtienen las semillas	No. de campesinos	Porcentaje de campesinos
Apoyos del gobierno	11	8.3
Lo compran a otros habitantes del ejido	17	13
Compran en DICONSA	13	10
Lo compran fuera del ejido (es decir, en algunos ejidos vecinos, en Chetumal o incluso en Yucatán,	38	29
Lo compra en SAGARPA	10	7.6
Lo compran en SEDER (Secretaría de Desarrollo Rural)	1	0.75
De la semilla guardada de la cosecha anterior	39	30
Lo compran en SEDARI (Secretaría de Desarrollo Agropecuario e Indígena)	3	2.3
Total	132	100.95

En la tabla 12 se puede apreciar que el 30% de los campesinos siembran las semillas que guardaron de su cosecha anterior, incluso algunos de ellos

afirmaron que a pesar de que en algunas ocasiones la cosecha es suficiente para alimentar a la familia, ellos prefieren guardar los granos para la próxima siembra debido a que los consideran de mejor calidad que los que venden en DICONSA o los proporcionados por el gobierno, sin embargo, no se les cuestionó sobre las características que los hacen mejores.

Para quienes no tienen esa posibilidad, la opción más común es comprar semillas fuera de su ejido (29%), en diversos lugares como tiendas veterinarias, con otros ejidatarios conocidos, etc.

Con la información anterior, surgió la interrogante: ¿cómo y de dónde obtienen dinero entonces los campesinos para comprar maíz?

De este modo, se les preguntó: ¿cómo obtienen el dinero para comprar maíz, ya sea para el consumo familiar, para alimentar a los animales o para sembrar? Y la respuesta fue la diversificación laboral, que se muestra en la siguiente tabla: se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 13. Actividades económicas realizadas por los campesinos que les permite comprar maíz cuando su cosecha no satisface sus necesidades. $n= 140$.

Actividades a las que recurren los campesinos para comprar maíz	Porcentaje de ellos que las realizan
De la ganadería y la apicultura	5
De la apicultura complementada con otros trabajos no especificados	4
Solo de la apicultura	4

Jornales	31
Ganadería complementada con otros empleos	11
Carbón	4
Otros trabajos no especificados fuera del ejido (Playa del Carmen principalmente)	25
Carpintería	2
No respondieron	4

En la Tabla 13 podemos observar que los campesinos realizan una diversidad de actividades económicas de las cuales obtienen ingresos que les permiten comprar maíz; siendo el pago de jornales (30%) la actividad más popular.

Las sequías y la agricultura

De acuerdo a la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Sustentable (OEIDRUS), los siniestros en la agricultura han aumentado considerablemente durante los últimos años, y así lo muestra la siguiente gráfica:

Figura 23. Muestra la Superficie sembrada, cosechada y siniestrada en los años 2002 – 2008 en los municipios donde se encuentran ubicados los 10 ejidos de la zona de estudio.



Información proporcionada por la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Sustentable (OEIDRUS) www.oeidrus.gob.mx

En esta tabla se puede observar un decremento notorio tanto en la cantidad de la superficie sembrada en el periodo 2004 – 2008 como en las áreas cosechadas y un incremento en el área siniestrada, principalmente en el año 2007 que fue el año en el que ocurrió el Huracán Dean y durante el año 2008.

Para darnos una idea de la producción de maíz y otros cultivos como frijol, calabaza, ibes, etc. que son los cultivos que mayormente constituyen la milpa de los campesinos en la zona, se les preguntó sobre la superficie de milpa sembrada y la cantidad cosechada en el año 2009, así como sobre lo que ellos consideran un buen año de cosecha, un mal año de cosecha y en un año que ellos afirmen que hubo sequía.

Cabe aclarar que se les preguntó sobre un mal año de cosecha y sobre un año de sequía por separado, ya que un mal año de cosecha puede estar influenciado por factores como plagas, sequía, huracanes, etc.

De 96 campesinos que respondieron acerca de su producción durante el 2009, obtuvimos la siguiente información: se sembraron 341 has entre todos los campesinos de los 10 ejidos, lo que significa, un promedio de 3.5 has por campesino, con un mínimo de 1 ha sembrada y un máximo de 20 y se cosecharon aproximadamente 84, 865 kg¹⁴ de diversos cultivos maíz, calabaza, frijol, chigua, ives, etc., lo que da una productividad promedio de 248 kg cosechados por hectárea y de menos de 1000 kg por campesino. Es importante resaltar que, al preguntarles a los campesinos sobre su producción durante el 2009, muchos de ellos contestaban solo el número de costales, kilogramos o toneladas que cosecharon, y solo fueron algunos de los que especificaron que esas cantidades eran solo de maíz o eran de varios cultivos, por lo tanto no estamos seguros si esta producción incluye solo maíz o se refiere a varios cultivos. .

El siguiente cuadro muestra estos datos por ejido, durante el 2009, durante un buen año de cosecha, un mal año de cosecha y un año de sequía.

¹⁴ Esta cantidad se obtuvo sumando la producción total que los campesinos dijeron haber obtenido durante el 2009 y posteriormente fue dividido entre el total de hectáreas sembradas por los campesinos encuestados en los 10 ejidos durante ese mismo año.

Tabla 14. Producción promedio por hectárea en el año 2009, en un buen año de cosecha, un mal año y un año de sequía para cada uno de los ejidos de la zona de estudio.

EJIDO	Producción promedio por ha (kg/ha) 2009	Producción promedio por ha en un buen año de cosecha (kg/ha)	Producción promedio por ha en un mal año de cosecha (kg/ha)	Producción promedio por ha en un año de sequía (kg/ha)
Chun Ek	205	902	12	56
Cancanthen	267	837	0	207
Buenavista	387	825	3	0
Blanca Flor	232	696	22	0
Laguna Kaná	344	461	4	7
Laguna Om	774 ¹⁵	427	11	69
Los Divorciados	130	960	2	7
Miguel Alemán	Ne	1679	114	85
Nuevo Becal	238	1177	22	0
Santa María Poniente	83	451	52	24

¹⁵ Las cifras del ejido Laguna Om pueden dispararse un poco debido a que, algunos campesinos en ese ejido realizan agricultura mecanizada, y como consecuencia su producción es mucho mayor a aquellos que realizan agricultura tradicional.

La tabla 14 nos muestra que durante el año 2009, el ejido de Laguna Om fue el que obtuvo una mayor producción por hectárea, manteniéndose muy por encima del resto de los ejidos. Así mismo, la producción promedio en un buen año de cosecha para los campesinos del ejido de Miguel Alemán es la más alta, obteniendo más de una tonelada y media por hectárea, seguido por Nuevo Becal con más de una tonelada por hectárea.

Estas diferencias podrían deberse a varios factores, por ejemplo, en el caso del ejido Laguna Om, que es el que presentó mayor producción por hectárea durante 2009, algunos de los campesinos practican ya la agricultura mecanizada, lo que puede elevar las cifras de producción. La precipitación sin duda es otro elemento que influye en la producción, al igual que las hectáreas sembradas, el tipo de maíz sembrado y el uso de fertilizantes.

En el caso de la producción considerada como un mal año de cosecha, fueron los campesinos de Cancanchen (0 kg cosechados por ha), seguido por Los Divorciados, Buenavista y Laguna Kaná. En la tabla también podemos observar que en un año de sequía, los ejidos que presentaron una producción más baja fueron Buenavista nuevamente, Blanca Flor y Nuevo Becal, quienes no tuvieron cosechas.

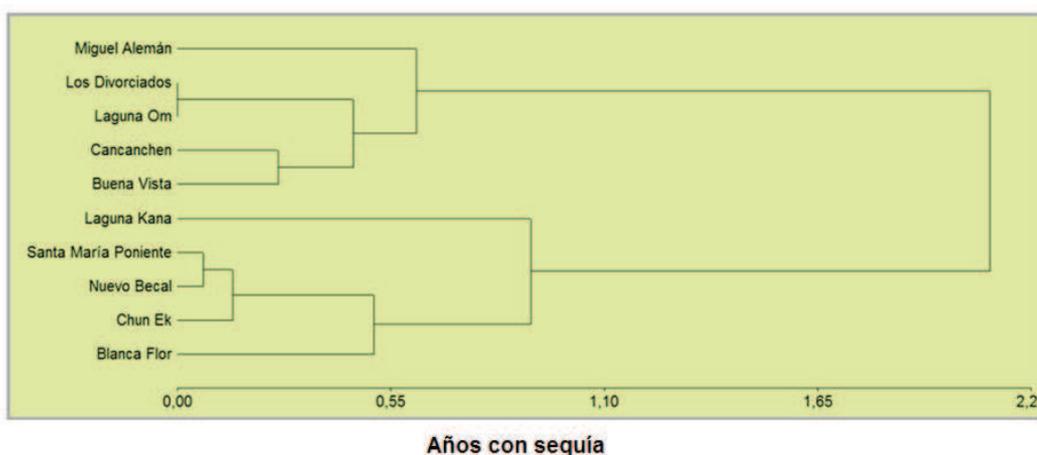
El 65% de los campesinos encuestados mencionó que un año con sequía, se caracterizaba por la ausencia de lluvias o que éstas se presentan a destiempo, hay mucha variación en la ocurrencia de las precipitaciones pluviales o el

ambiente está muy seco; los demás describieron el año de sequía en función de pérdidas y características ambientales como los niveles de los cuerpos de agua cercanos

El 66.9% de los campesinos, al preguntarles sobre el año que ellos recuerden que se presentó la mayor sequía lo ubicaron entre 1999 y 2010, aunque esto puede resultar engañoso debido a que los años más recientes son los que la gente tiene más frescos en la memoria por lo tanto son el primer referente al que aluden al responder, sin embargo, los análisis de tendencias realizados en el capítulo anterior, muestran, en su mayoría una disminución de la precipitación principalmente a partir de finales de los 80's.

La siguiente gráfica nos muestra un Análisis de Conglomerados para conocer si existen similitudes entre ejidos en relación a los años que los campesinos definieron como de ocurrencia de sequía.

Gráfica 24. Análisis de conglomerados que muestra las similitudes entre ejidos en el año que mencionaron como la peor sequía de la que tengan memoria.



El objetivo principal del Análisis de Conglomerados es identificar el agrupamiento natural de las observaciones, y poder ver si algunos de los ejidos comparten características similares a otros en cuestión de los años de ocurrencia de sequías. En un Análisis de Conglomerados los objetos de un mismo grupo (ejidos) comparten el mayor número de características (años con sequía) y los objetos en diferentes grupos tienden a ser distintos, en este caso, no comparten la ocurrencia de los mismos años de sequía.

Para agrupar los objetos (variable ejidos) es necesario seguir un método de agrupamiento, para poder identificar clases existentes en relación a un conjunto dado de datos y características (variable años de sequía).

Esta gráfica nos muestra que, de acuerdo a los campesinos, en los ejidos Santa María Poniente y Nuevo Becal los años considerados como con la peor sequía tienen mayor coincidencia, es decir, los campesinos de ambos ejidos coincidieron con el año que mencionaron como el más seco del que tengan memoria. Inicialmente esto nos haría pensar en la ocurrencia de una sequía en un año específico que afecto a estos ejidos particularmente, y que quizá estos ejidos se encuentren a poca distancia uno del otro y por lo tanto ambos fueron afectados por la misma sequía, sin embargo, en ambos casos los ejidos no se encuentran a poca distancia uno del otro y los datos registros climatológicos no pudieron comprobar la existencia de una sequía extrema que afectara a ambos ejidos en el mismo año.

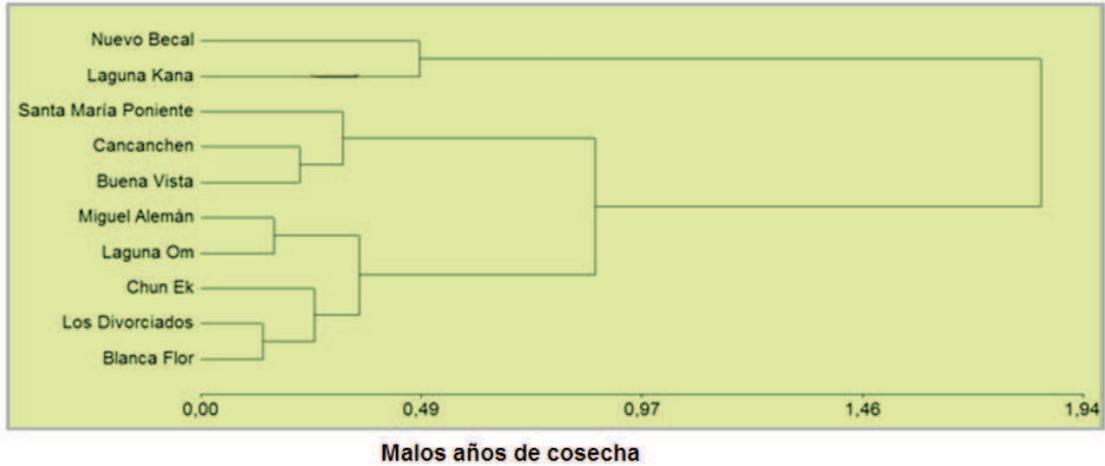
Lo mismo ocurrió entre los ejidos Canchanchen y Buenavista donde los años mencionados por los campesinos de ambos ejidos como los de mayor sequía parecen coincidir, sin embargo esto no pudo comprobarse con los registros de sequía.

Por otro lado, ejidos como Chun Ek y Cancanchen resultaron encontrarse en grupos diferentes dentro de la gráfica, es decir, que no muestran ninguna coincidencia en sus años de sequía, esto a pesar de que ambos ejidos tienen características climáticas parecidas y sus tendencias y años con distintos grados de sequía de acuerdo a los análisis climáticos son parecidos.

Esto nos muestra que la percepción de los campesinos no necesariamente tiene que coincidir, y lo que puede ser un año de sequía para alguno de ellos puede no serlo para otros.

En cuanto a la ocurrencia de un mal año de cosecha, que puede ser provocado por otras características además de la precipitación como lo son las plagas, el 81% de los campesinos lo ubicó entre los años 2003 y el 2010, y un buen año de cosecha, fue ubicado por el 38% entre los años 1998 y 2004. Esto podría confirmarse con los datos de producción y siniestros proporcionados por OEIDRUS (figura 23) y con los registros de precipitación en algunas zonas donde sí se tienen disponibles hasta el año 2008, en los que se muestra un aumento en las hectáreas siniestradas (OEIDRUS) y una disminución en la precipitación y mayor ocurrencia de sequías durante los últimos años (Capítulo I).

Gráfica 25. Análisis de conglomerado que muestra las similitudes entre ejidos en el año que mencionaron como mal año de cosecha.



Este análisis de conglomerados tiene por objeto la búsqueda de grupos similares de individuos o variables (ejidos) que se van agrupando en conglomerados de acuerdo a características comunes (malos años de cosecha). Se usan medidas de asociación basadas en el número de concordancias (malos años de cosecha) y discordancias entre objetos (ejidos).

La figura 25 nos muestra que los ejidos Nuevo Becal y Laguna Kaná presentan similitud en cuanto a la ocurrencia de malos años de cosecha, pero no tienen ninguna similitud con el año de mala cosecha mencionado por los campesinos de los demás ejidos; así mismo, Los Divorciados con Blanca Flor y Laguna Om y Miguel Alemán parecen haber presentado la mayor similitud entre los años considerados como de mala cosecha.

Calendario Agrícola

Con el objetivo de establecer un calendario agrícola, se indagó sobre los meses del año que se destinaban para cada actividad de la milpa enfocándonos únicamente en la siembra de maíz, y en base a eso se construyó dicho calendario; los datos obtenidos son los siguientes:

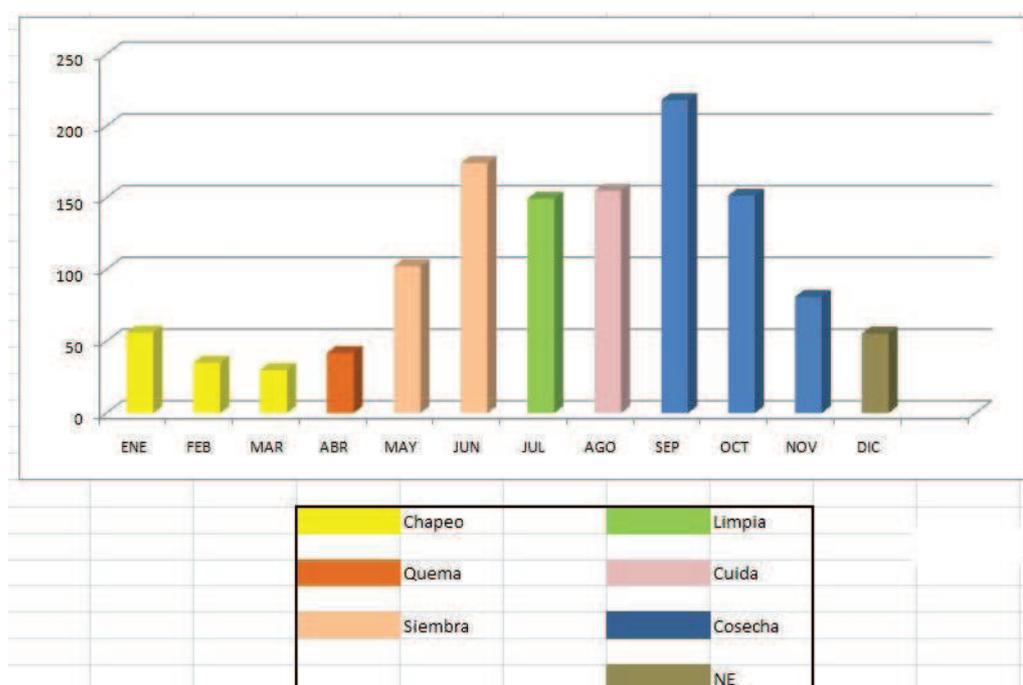
Tabla 14. Calendario agrícola elaborado de acuerdo a la actividad que realizan cada mes la mayoría de los campesinos de la zona.

Actividad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cultivo de maíz	Chapeo Incluye la roza y tumba			Quema	Siembra Se realiza en cualquiera de estos meses, depende de las lluvias		Limpia deshierbe	Cuida Incluye la dobla	Cosecha			Ne

Este calendario nos muestra que la siembra se realiza entre los meses de Mayo y Junio. Sin embargo, la mayoría de los campesinos entrevistados, tradicionalmente han sembrado durante el inicio del mes de mayo, pues de esta forma, se evitaban los efectos de la canícula, por la llegada de las primeras lluvias. A pesar de esta tradición, la variabilidad en las precipitaciones pluviales, ha llevado a la mayoría de ellos a retrasar la siembra, incluso hasta mediados de junio, por la espera de la llegada de las lluvias. Esto trae como consecuencia, que, en el caso del maíz de 4 meses, la canícula toque justamente en la etapa reproductiva de la planta, que es el periodo donde presenta los mayores requerimientos de agua (Figura 27) y por lo tanto se presenten grandes pérdidas en la cosecha.

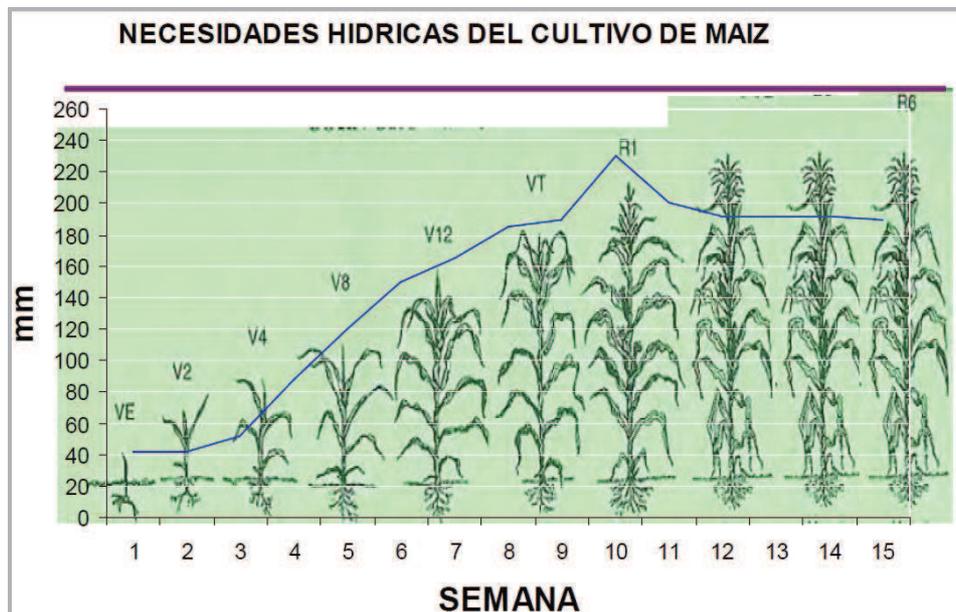
A continuación se presenta un calendario que contiene el promedio de precipitación mensual en la zona de estudio en una serie de tiempo de aproximadamente 30 años, y las actividades agrícolas que se realizan cada mes:

Gráfica 26. La presente gráfica nos muestra una mezcla del calendario agrícola con los promedios de precipitación en la zona.



En la gráfica 26 podemos observar que los meses de mayo y junio donde se presenta la siembra, es cuando la precipitación comienza a aumentar, sin embargo, en la gráfica también podemos observar la presencia de la canícula durante los meses de Julio y Agosto, y, al combinar esta gráfica con la siguiente (Gráfica 27) podemos analizar la influencia que la ocurrencia de la canícula podría tener sobre la cosecha de maíz:

Gráfica 27. Requerimientos hídricos por etapa de crecimiento del maíz.



FUENTE: INIFAP. "El Efecto del Cambio Climático en la producción del maíz en Yucatán". Octubre 2009.

En esta gráfica proporcionada por el INIFAP, aplicada a la cosecha de maíz de 4 meses, podemos observar que los mayores requerimientos de agua se encuentran en las etapas reproductivas de la planta (R1 a R6). Si analizamos las fechas de siembra de los campesinos de la zona tenemos que:

- Si la siembra es en mayo: la etapa reproductiva del maíz que comienza en la semana 10 a partir de la siembra, estaría ocurriendo a finales de julio o principios de agosto, justamente cuando se presenta la canícula. Un déficit hídrico durante esta etapa de la planta, puede propiciar la reducción de hasta el 50% de la cosecha (INIFAP).
- Si la siembra es durante el mes de junio: la etapa de mayor necesidad hídrica del maíz (etapa reproductiva) ocurriría a mediados del mes de agosto, y quizá alcanzaría a librar los peores efectos de la canícula.

No obstante, esto se refiere a maíz de 4 meses, esto es quizá una de las razones por las que los campesinos están optando por utilizar variedades de maíz que requieran de menor tiempo de crecimiento, para poder evitar de alguna forma los efectos de la canícula.

La escasez de las lluvias y su variabilidad, es crucial tanto para garantizar una buena cosecha como para la realización de otras actividades económicas como el pago de jornales, algunos trabajos fuera del ejido (en Playa del Carmen principalmente), la ganadería, la apicultura, etc., las cuales se practican en el 61% por los campesinos. Así mismo, ellos externaron también que las sequías afectan el cuidado de los animales debido a la falta de alimento en general para su consumo, a las enfermedades generadas por la sequía, a la falta de floración, vital para el desarrollo de las abejas, y la falta de agua en general.

Acciones de respuesta

- a) Las estrategias de respuesta empleadas por los campesinos de la zona de estudio para hacerle frente a las condiciones adversas del clima como las sequías son variadas y van desde 1) cambios en las prácticas agrícolas, hasta 2) la combinación de varias actividades económicas (diversificación laboral) El punto 1 incluye: Cambios en el calendario agrícola que consisten principalmente en esperar la llegada de las lluvias más constantes, que principalmente se presentan a partir de junio. De los 134 campesinos que contestaron si hicieron cambios en su calendario agrícola como medida de adaptación a los cambios en la precipitación, el 60% contestó

afirmativamente, comentando que el principal cambio se da en el mes de siembra, ya que ahora optan por esperar la llegada de las lluvias.

Las actividades realizadas cada mes y el calendario agrícola se encuentran en la sección 5.2.2.

- b) Lo anterior lo combinan con el uso variedades de maíz con menos necesidades hídricas y de menos tiempo de crecimiento para evitar la sequía intraestival o canícula presentada principalmente durante el mes de agosto. El 65% dicen saber de la existencia de variedades de maíz que requieren menos agua, pero de ellos solo el 76% los utiliza. El maíz que ellos perciben como más resistente a la sequía es el híbrido y el maíz enano traído de Yucatán.

Esta estrategia es muy común en cuanto a adaptaciones al cambio climático en la agricultura se refiere, Smit, *et al*, (1996) y Chiotti, *et al*, (1997) afirman que la sustitución por variedades de ciertos cultivos (maíz) y de los cultivos mismos por algunos con menores requerimientos hídricos, tienen un gran potencial de incrementar la producción.

De este modo, la sustitución del maíz criollo, tradicional de la zona, por maíz híbrido modificado para ser más resistente a las plagas y con menores requerimientos de agua y la combinación de diversos cultivos como el frijol, la calabaza, el chile y el pasto, se ha convertido en una estrategia de adaptación común entre los campesinos.

c) Así mismo, para disminuir las molestias causadas por el sol y el aumento de las temperaturas, muchos campesinos han optado por disminuir el número de horas de trabajo. Si bien esta acción podría no constituir una medida de adaptación como tal debido a que no lo hacen para aumentar la productividad de sus tierras ni para complementar sus ingresos, es una medida real que han tomado los campesinos de la zona para poder resistir los cambios que el clima ha presentado en los últimos 15 años; aunque en este cambio en la duración de la jornada de trabajo pueden influir otros aspectos que no estuvieron considerados en esta investigación. De este modo, el 56.6% de los campesinos encuestados han reducido su jornada de trabajo en la milpa en promedio 2 horas con respecto a hace 15 años. No fue encontrada literatura que hablara de esta medida adoptada por los campesinos en otras partes del país y del mundo, sin embargo es muy probable que conforme las temperaturas sigan aumentando (alcanzando hasta medio grado centígrado en 15 años en algunas partes de la zona de estudio) y la agricultura siga disminuyendo en rendimiento y rentabilidad, las jornadas de trabajo en las milpas disminuyan y los campesinos comiencen a dedicar más tiempo a la combinación de otras actividades económicas.

d) También, algunos campesinos (10%) tras presentar pérdidas en su primera siembra, han optado por sembrar hasta 4 veces al año, en diversos meses del año y combinándolo con variedades de maíz que requieran de menos tiempo de crecimiento, o con otros cultivos de temporada, el 90% restante

no especificó o no realiza actividades de resiembra. Muchos de ellos afirman que cuando llega una sequía ya no hay nada que hacer para rescatar sus cultivos.

e) Otra medida tomada por algunos de los campesinos es el almacenamiento de maíz de un año a otro, previendo la ocurrencia de una sequía y el almacenamiento de agua en pozos o jagüeyes. El 90% de los campesinos entrevistados acostumbra guardar maíz de un año a otro, y generalmente lo hacen a pesar de que su producción haya sido tan baja que no alcance a cubrir sus necesidades alimenticias, ellos prefieren guardar semillas, para la siguiente siembra.

f) En contraste, solo el 40% se prepara para las sequías mediante la construcción de obras de almacenamiento de agua como jagüeyes y/o pozos, ya que según dicen, además del pozo necesitarían infraestructura de riego para poder abastecer sus parcelas. El 81.48 % de ellos no hace nada para prepararse para la llegada de una posible sequía, el porcentaje restante prevé acciones como esperar un poco más para sembrar, sembrar en 2 periodos en el año, almacenan un poco de maíz de la cosecha pasada o hacen un jagüey. g) Solo el 20% afirman haberse cambiado de terrenos o parcelas a consecuencia de una sequía, a lugares con mayor humedad en el terreno o con cuerpos de agua más cercanos o a suelos que ellos consideraban más fértiles.

h) Solo el 17.9% afirma haber cambiado sus métodos de siembra con el objetivo de contrarrestar las sequías, debido que muchos de ellos dicen que cuando llega una sequía no hay nada que hacer.

Diversificación Laboral

Otra estrategia muy popular entre los campesinos es la diversificación laboral. Las encuestas mostraron que solo 22 campesinos (que representan el 15% de una $n=146$) realizan una sola actividad económica, lo que nos indica que el 85% de los campesinos restantes realizan una combinación de actividades económicas que se agruparon en:

Tabla 15. Grupos de actividades económicas de los campesinos dentro y fuera de sus parcelas

On - farm				Off - farm							
Agricultura	Apicultura	Ganadería	Carbón	Jornales	Albañil	Comerciante	Carpintero	Chofer	Serv. Doméstico	Velador	

La mayoría de los entrevistados (62%) en los 10 ejidos definen como su principal ocupación u oficio ser “campesino”, y casi la totalidad de ellos practican la agricultura; sin embargo cada vez incorporan más actividades económicas como la apicultura, la ganadería, y el trabajo como jornalero chapeando en ranchos vecinos, limpiando potreros, etc. o emigran hacia centros turísticos como Playa del Carmen principalmente, y Mahahual y Bacalar en menor medida, para emplearse ya sea en la construcción o en el rubro de los servicios principalmente.

La siguiente tabla muestra las actividades que realizan los campesinos en la zona:

Tabla 16. Actividades realizadas por los campesinos de la zona de estudio.

Actividades	No. de campesinos que las realiza	%
On – farm	45	31
Off – farm	14	10
Ambas	76	52
Desempleados	8	5
Emigraron	3	2
Total	146	100

En la tabla 16 podemos observar que más de la mitad de los campesinos (52%) recurren a la combinación de actividades agrícolas también llamadas on – farm (agricultura, apicultura, ganadería y pasto) con actividades no agrícolas o actividades Off farm.

Esto no quiere decir que el resto de los campesinos no combinen distintos tipos de actividades económicas, por ejemplo, en el caso del 31% que realiza actividades On – farm, incluye la combinación de varias de estas actividades como agricultura con ganadería, o ganadería con siembra de pasto, entre otras.

En el caso de las actividades Off – farm, la mayoría de las realizadas en la zona están constituidas por trabajo en la construcción o albañilería, el pago de jornales y algunos casos de carpintería.

Podría decirse entonces, que el 52% de los campesinos que combinan actividades On – farm y Off – farm constituirían las familias menos vulnerables a la doble exposición, debido a que sus ingresos económicos son más variados.

Los apoyos proporcionados por programas gubernamentales también constituyen una parte importante de su supervivencia, ya que el 97% de los 143 campesinos que respondieron a esta pregunta, aseguran contar con algún tipo de apoyo del gobierno, siendo Oportunidades¹⁶ el programa de apoyos con el que más cuentan (85%), seguido por PROCAMPO¹⁷ (74%), PROGRAN¹⁸ (15%) INFOVIR (12%)¹⁹ y PSA (5%)²⁰.

¹⁶ Es un programa integral destinado a la población en extrema pobreza, que padece los más altos índices de desnutrición, enfermedades básicas curables y deserción escolar. El Programa tiene como objetivo apoyar a las familias que viven en condición de pobreza extrema, con el fin de incrementar las capacidades de sus integrantes y ampliar sus alternativas para alcanzar mejores niveles de bienestar, a través del mejoramiento de opciones en educación, salud y alimentación, además de contribuir a la vinculación con nuevos servicios y programas de desarrollo que propicien el mejoramiento de sus condiciones socioeconómicas y de calidad de vida. www.seguro-popular.gob.mx

¹⁷ Programa de Apoyos Directos al Campo. Mecanismo de transferencia de recursos para compensar a los productores nacionales por los subsidios que reciben sus competidores extranjeros, en sustitución del esquema de precios de garantía de granos y oleaginosas. Otorga un apoyo por hectárea o fracción de ésta a la superficie elegible, inscrita en el Directorio del PROCAMPO, y que esté sembrada con cualquier cultivo lícito o que se encuentre bajo proyecto ecológico autorizado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. www.presidencia.gob.mx/programas

¹⁸ El Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola o nuevo PROGAN, es la continuación del Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera. En el nuevo PROGAN se tiene una nueva visión de impulso a la productividad y adopción de tecnología, así como de apoyo al cuidado y mejoramiento de los recursos naturales de áreas ganaderas. www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Programas

¹⁹ Instituto de Fomento a la Vivienda y Regulación de la Propiedad.

²⁰ Pago por Servicios Ambientales.

Otro ingreso de algunas familias campesinas lo constituyen los apoyos por programas de reforestación. De los 143 campesinos que respondieron a esta pregunta, el 58% de ellos dijo haber realizado algún trabajo de reforestación en sus tierras principalmente por estímulos ofrecidos por programas de la CONAFOR, de los cuales no se especificaron cantidades, y el 41.2% nunca lo ha hecho.

Debido a los cambios en el clima, y a los cambios en la economía global (double exposure), que resulta de la vulnerabilidad a los fuertes cambios socioeconómicos que se dan dentro del proceso de globalización económica y, a la alta sensibilidad del sistema a las variaciones climáticas, (O'Brien y Leichenko, 2000), los campesinos en la zona se han visto orillados a combinar un gran número de actividades económicas con el objetivo de garantizar su subsistencia. Esta diversificación muchas veces no solo abarca a sus actividades económicas, sino que ocurre t a nivel de modos de vida, entendido como el proceso mediante el cual las familias rurales construyen una amplia gama de actividades y capacidades sociales de apoyo en su lucha por la supervivencia y con el fin de mejorar su nivel de vida (Ellis, F., 1998); (Lipton y Van del Gaag, 1993; Blanckwood y Lynch, 1994). Así, la combinación de cambios en sus prácticas agrícolas, en sus actividades económicas y en su incorporación a programas de apoyo constituyen las principales acciones de respuesta de los campesinos ante las adversidades que la variabilidad climática y la globalización les representan. Y, pese a estas dificultades, el 77% de los campesinos encuestados piensa seguir sembrando, el 13% planea abandonar la agricultura y el 10% no especificaron o aun no saben.

VIII. DISCUSIÓN

Las sequías en el Sur de la Península de Yucatán

Las precipitaciones en el sur de la Península de Yucatán son principalmente convectivas y por influencia de los vientos alisios (Strahler y Merali, 2008; Orellana *et al.*, 2007). Este tipo de lluvias caracteriza a las zonas llanas o con pequeñas irregularidades orográficas, donde debido a la fuerte insolación, humedad, y a las características heterogéneas de la superficie terrestre, las masas de aire sobre la superficie caliente se elevan y mientras lo hacen se van enfriando adiabáticamente alcanzando la temperatura a la cual la condensación ocurre y las lluvias empiezan (Strahler y Merali, 2008). Durante la época de verano, la presencia de huracanes en el Atlántico genera lluvias en la costa, al aproximarse a esta, y su influencia se va debilitando a medida que el centro de baja presión avanza hacia el interior. La ocurrencia de huracanes depende de la temperatura del mar, la presencia de humedad y la inestabilidad de la atmósfera, así como el comportamiento de los vientos con la altitud.

En el Sur de la Península, de acuerdo a los análisis hechos sobre los registros de precipitación, se puede notar un gradiente de humedad que va de más a menos en dirección Centro - Este a Oeste. Las estaciones meteorológicas más cercanas a la costa del Caribe son las que presentan un mayor promedio anual de precipitación (debido a la cercanía al mar, lo cual hace que los vientos alisios transporten masas de aire húmedo y caliente principalmente en la época de verano), pero también mayores anomalías (Orellana *et al.*, 2007), y en algunos

casos mayores déficits de lluvia anuales durante los últimos 35 años, de acuerdo a los análisis realizados en el capítulo I.

A pesar de que la zona de estudio no es muy extensa y carece de rasgos orográficos de importancia como lo son las cadenas montañosas, el gradiente de precipitación presente en ella, tenga una diferencia de casi 400 mm, el cual encontramos entre las estaciones de Carrillo Puerto (altitud 30 msnm y precipitación 1379 mm anuales) y Zoh Laguna (altitud 265 msnm y precipitación 948 mm anuales separadas por 180 km aproximadamente. La humedad proveniente del océano hacia las zonas costeras juega un papel activo debido que los vientos provenientes del mar acarrean las masas de aire húmedas y calientes, y nubes las saturadas de esta humedad, descargan las mayores precipitaciones en las zonas cercanas a la costa, lo que produce una menor humedad tierra adentro.

En las últimas décadas, las tendencias de precipitación anual en la zona han disminuido en un rango que alcanza hasta los 13 mm/año, en la estación Chachobben ubicada en el centro – este de la Península, cerca de la Costa del Mar Caribe. Si bien no se puede establecer la causa segura de este fenómeno, muchos autores (Heller y Mani, 2002; Wisner *et al.*, 2007; Burgin y Berdegué, 2009) establecen como principal causa, el Cambio Climático Global. Sin embargo, el CC no figura como el único responsable, causas como la deforestación podrían también estar incidiendo de manera negativa en la precipitación. Al hablar de Cambio Climático, nos referimos tanto al calentamiento global (aumento de temperatura) como al oscurecimiento global (disminución de la radiación solar que

llega a la superficie). El Oscurecimiento Global se refiere a la disminución de la radiación solar que llega a la superficie y por lo tanto menos energía para producir la evapotranspiración, que es un factor importante para la precipitación (Stanhill y Moreshet, 2004; Liepert, 2002). La deforestación, por su parte, es otro proceso que limita el proceso de evapotranspiración, y tiene una influencia negativa en la precipitación debido a que, al remover grandes superficies de vegetación se impide el proceso de evapotranspiración de volúmenes enormes de agua a través de las hojas.

El Cambio Climático (CC) presenta muchos desafíos críticos para la humanidad, y uno de ellos es, indudablemente, la adaptación de las actividades de los grupos más vulnerables a las variaciones climáticas. Debates recientes sobre la relación entre los efectos del CC y la adaptación en la agricultura han reconocido que el CC provoca cambios en las actividades no solo a largo plazo, sino que año con año va impulsando cambios de acuerdo a las condiciones y características de cada temporada (Smit y Skinner, 2002).

Los análisis de precipitación realizados indican que en la Península de Yucatán, podemos observar una reducción de la precipitación promedio anual en la mayor parte de la zona de estudio y la ocurrencia regular de sequías que van desde leves hasta extremas durante el periodo 1965 - 2000²¹; sin embargo, dicha ocurrencia podría estar o no ligada a los efectos del cambio climático

²¹ La serie de tiempo para los análisis de precipitación puede variar dependiendo del tipo de análisis realizado, mientras que para las climatologías y anomalías se tomó el periodo 1965 – 2000, para el resto de análisis como establecimiento de sequías y severidad, así como tendencias, se tomaron los datos disponibles de cada estación, que en promedio fueron de 1966 al 2005 (ver capítulo I).

antropogénico surgido gradualmente desde la revolución industrial (Wisner *et al.*, 2007) y es justo en este punto donde se centra el debate.

De acuerdo a Mendoza *et al.*, (2006), las sequías siempre han estado presentes en la vida de los pobladores de la zona Maya, en un promedio de 0.15 sequías por año durante el Siglo XIX, previo a la revolución industrial y al boom en el uso de los hidrocarburos. Así mismo, Y. Me – Bar *et al.*, (2003) afirman que si bien, las sequías han formado parte del clima de la región, no se cuenta con los elementos suficientes para establecer una periodicidad y/o una mayor frecuencia en la ocurrencia de las mismas.

Según Hernández *et al.*, (2007) en su publicación “Mitos y Realidades de la Sequía en México”, las sequías, más que un fenómeno hidrometeorológico específico, se pueden ver como una etapa de variabilidad climática natural en cada sitio, es decir una fluctuación observada en el clima en torno a una condición promedio, de ocurrencia relativamente periódica. Para poder establecer una periodicidad y/o un incremento en la frecuencia de las mismas, es necesario contar con observaciones durante un periodo de tiempo muy largo y hacer una definición de sequía como punto de partida y establecer de acuerdo a qué va a ser medida.

Para la zona de estudio, existen registros que datan del imperio Maya sobre la ocurrencia de sequías en términos de su relación con hambrunas, migraciones, y demás catástrofes, ya que si bien las sequías para ellos eran vistas como escasez de lluvias, sus registros estaban dados en función de las consecuencias que representaban. Algunos de estos los encontramos en los Libros del Chilam

Balam²², aunque probablemente en ellos no se medía ni la precipitación, ni ningún otro parámetro físico (Y. Me – Bar *et al.*, 2003); por lo que sería aventurado hacer una comparación sobre la ocurrencia de sequías en diversos periodos de tiempo, utilizando el registro que ellos hicieron para confrontarlo con los que he utilizado durante mi análisis, ya que desconocemos como tal la forma en la que ellos las medían. Existen también otros elementos que dificultan establecer la periodicidad y frecuencia de las sequías históricamente, como lo es definir las por su origen e impacto: sequía meteorológica, sequía agrícola, sequía hidrológica, sequía socioeconómica, lo cual genera un problema para el análisis (Valiente, 2001; Hernández *et al.*, 2007; Endfield, 2006). Esto además de las dificultades que presenta el establecer su ocurrencia, ya que muchas veces no es notoria desde sus inicios y puede pasar desapercibida para la mayoría de la población hasta el momento en el que los efectos son evidentes y notamos su presencia; además de no tener muy clara su frecuencia y las causas que la originan (Hernández, *et al.*, 2007).

En el otro extremo, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) en su Tercer Reporte de Evaluación (2001) concluyó que el conjunto de observaciones recabadas hasta ahora apunta a que hay un calentamiento global y cambios en el sistema climático, que hay evidencias cada vez más sólidas de que la mayor parte del calentamiento observado en los últimos 50 años, es atribuible a la acción humana y que sus efectos han comenzado a sentirse a través de

²² **Chilam Balam** es el nombre de varios libros que relatan la historia de la civilización maya escritos en lengua maya, por personajes anónimos, durante los siglos XVII y XVIII, en la [Península de Yucatán](#) y que tomaron el nombre de la población en donde fueron, cada uno de ellos, escritos.

cambios en la temperatura media global, aumento en el nivel del mar y el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos como huracanes y sequías. De acuerdo a Rojas (1994) los efectos que estos cambios en el clima global significan para la agricultura de la Península son variados:

1. La irregularidad en el inicio de las lluvias afecta la calidad de las quemadas agrícolas, condiciona la producción agrícola en el sistema de roza-tumba-quema y define la fecha y la efectividad de las siembras.
2. La irregularidad en la ocurrencia y duración de la canícula o sequía intraestival afecta la producción agrícola (Mosíño y García, 1978).
3. La ocurrencia y ruta de los ciclones tropicales de origen caribeño que pueden barrer y destruir selvas, cultivos y chozas rurales cuando cruzan la península.
4. Las masas atmosféricas de origen polar que causan descenso de temperatura y fenómenos conocidos como “heladas” que también generan pérdidas en los cultivos.

Diversos estudios sobre escenarios de cambio climático actuales y futuros para el país en general (Hernández, *et al.*, 2007) y para la Península en particular (Orellana *et al.*, 2009) muestran que gran parte de la Península presenta un Índice de Severidad de Sequía que va desde *fuerte* en la zona centro y Sur hasta *severo* en la zona Noroeste y proyectan que la intensidad de este fenómeno se incremente en la mayoría de los escenarios. En respuesta a estas situaciones, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), los agricultores han aprendido a lo largo de la historia a

afrontar la variabilidad del clima y en muchos casos han adaptado los cultivos y sus prácticas agrícolas a las nuevas condiciones. Sin embargo, la intensidad y la velocidad del cambio climático actual presentan nuevos desafíos sin precedentes.

A pesar de todo, no hay una definición universal y generalizada de sequía ni en la forma de cuantificarla o medirla, (Endfield *et al.*, 2007) y su relación con el cambio climático actual puede resultar incierta, lo que sí resulta tangible en el caso de la Península, es que existe una mayor variabilidad en las precipitaciones y en la disminución del promedio de lluvia anual (Orellana *et al.*, 2009). Las tendencias negativas en la precipitación ya mencionadas de hasta -13 mm, presentes en algunas partes de la zona de estudio durante los últimos 35 años respaldan las predicciones de algunos escenarios²³ de cambio climático para la Península.

De acuerdo a Hernández *et al.*, (2007), Quintana Roo y Campeche son unos de los estados más vulnerables a la sequía meteorológica en más del 75% de su territorio (99.77% y 75.22% respectivamente) y esta situación tiende a empeorar. De cualquier modo, en el Sur de la Península con una ocurrencia de 0.39 sequías por año (periodo 1965 – 2005 en promedio), las personas que parecen particularmente vulnerables son los campesinos de subsistencia (Burgin *et al.*, 2007). Sin embargo, no pudo establecerse una relación entre los ejidos con mayor o menor precipitación, la cantidad de hectáreas sembradas y la productividad de las mismas, debido a que los tres ejidos que registran mayor

²³ Escenarios obtenidos por medio de los modelos climáticos de circulación general GFDL-R30 *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory* y CCC (*Canadian Climate Center*) que muestran la distribución espacial de las áreas afectadas en el País según seis grados de afectación de la Sequía, y ofrecen los porcentajes de superficie del país vulnerables a este fenómeno a nivel nacional y estatal. Y, para la Península de Yucatán ambos modelos ubican sus condiciones actuales de vulnerabilidad como propicias para un aumento en la severidad de la sequía meteorológica

productividad (Laguna Om, Miguel Alemán y Nuevo Becal), presentan rangos de precipitación que van desde 1400 mm en Miguel Hidalgo, hasta 900 mm en Nuevo Becal. Pese a esto, encontramos la siguiente relación: de los tres municipios que abarca la zona de estudio (ver gráfica 23), el municipio de Felipe Carrillo Puerto, donde se encuentran ubicados los ejidos de Santa María Poniente, Los Divorciados y Laguna Kaná y también donde se presenta una de las tendencias de precipitación más a la baja (-7 mm anuales aproximadamente), es el lugar donde se han registrado más siniestros en la agricultura durante la última década (OEIDRUS, 2009), datos que podrán observarse adelante, en la gráfica 20.

Sin embargo, la precipitación no es el único elemento que tiene que ver con la productividad, hay diversos factores como el uso de fertilizantes, el tipo de maíz empleado, el tipo de suelo, la topografía, entre otro que inciden en la productividad agrícola.

6.2 La agricultura y la diversificación de las actividades campesinas.

Las economías campesinas del tercer mundo han sido fuertemente transformadas en las últimas décadas. Nuevos modelos de orientación social y nuevas instituciones económicas y socio – políticas enmarcadas en el mundo industrial y comercial han provocado cambios en la dinámica de la economía campesina (Lazos, 1995). Aunado a esto, el cambio climático actual representa una amenaza inmediata sin precedentes para la seguridad alimentaria de cientos

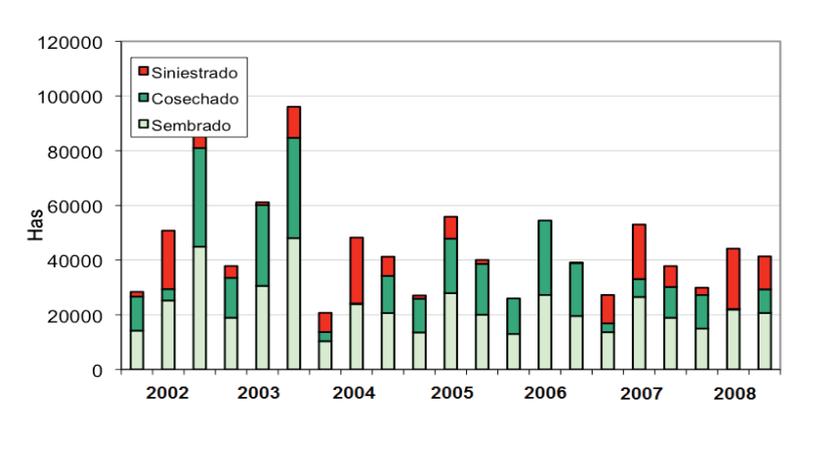
de millones de personas que dependen de la agricultura a pequeña escala para su sustento (CCAFS, 2009)²⁴.

En México, a partir de la década de los setenta, la producción de maíz se encuentra en una etapa de decrecimiento relativo y es a partir de los ochenta, que presenta un decremento absoluto (Lazos, 1995). El Sur de la Península de Yucatán no es la excepción, de acuerdo a la información recabada en campo, en el año 2009 (considerado como un año de sequía para el 18% de los campesinos, pero que no pudo ser analizado con registros de precipitación) la productividad promedio por hectárea de maíz fue de 295 kg/ha; la cual, si la comparamos con la producción promedio mencionada por los campesinos en un buen año de cosecha que fue de 841 kg/ha, indica una baja considerable en la producción.

La siguiente gráfica muestra la superficie sembrada, cosechada y siniestrada durante la última década, para los municipios de Calakmul, Felipe Carrillo Puerto y Othon P. Blanco, de las cuales la zona de estudio forma parte.

²⁴ Primer reporte de "Challenge Program on Climate Change, Agriculture and Food Security". 2009.

Grafica 20. Superficie sembrada, cosechada y siniestrada en los años 2002 – 2008 en los municipios 1) Calakmul, 2) Felipe Carrillo Puerto y 3) Othon P. Blanco.



Fuente: Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Sustentable (OEIDRUS)

www.oeidrus.gob.mx

En esta gráfica se puede observar un decremento notorio tanto en la cantidad de hectáreas sembradas después del año 2003 como en las áreas cosechadas y un incremento en el área siniestrado, principalmente en el año 2007 que fue el año en el que ocurrió el Huracán Dean y el año subsecuente.

Esto podría deberse, a una combinación de elementos que van desde los cambios en el clima en los últimos años mencionados por los campesinos, hasta los cambios en el sistema económico global (O'Brien, 2000).

Según lo define la psicología, la percepción es el proceso cognitivo de la conciencia que consiste en el reconocimiento, interpretación y significación para la elaboración de juicios en torno a las sensaciones obtenidas del ambiente físico y social, en el que intervienen otros procesos psíquicos, entre los que se encuentran el aprendizaje, la memoria y la simbolización (Vargas, 1994), y está constituida por

atributos y cualidades, valores y juicios, ideas y creencias, que dependen o varían en función de: la edad, el sexo, la religión, el estatus social, la etnia, las experiencias de vida, entre otros factores (Geertz,1994).

Las percepciones sobre los cambios del clima, sus posibles causas y los efectos que esto tiene sobre su actividad agrícola, han generado ciertas reacciones o respuestas. Según el tercer reporte de evaluación (TAR) del IPCC, diversos efectos del Cambio Climático, como lo son el aumento en la temperatura y en la intensidad y frecuencia de los ciclones tropicales y las variaciones en las lluvias; han comenzado a sentirse en varios puntos del planeta. Este fenómeno es algo que no ha pasado desapercibido en el 92% de los campesinos encuestados, quienes afirmaron que el clima se ha modificado en los últimos años y esto lo perciben a través de un aumento en las temperaturas, una disminución en la precipitación y una mayor variabilidad en las lluvias.

A pesar de que la distribución espacial de una sequía generalmente es mayor a las superficies dañadas por otros fenómenos naturales, y que produce una red compleja de impactos que atraviesan los ámbitos de un territorio y su alcance va mas allá del área que experimenta plenamente la sequía (Hernández, 2007), el fenómeno que los campesinos perciben como el más peligroso y el que les causa más preocupación es el de los huracanes. Esto podría explicarse debido a que sus efectos, considerados como directos, provocan daños inmediatos en los cultivos, los animales, la vegetación y las viviendas e incluso en sus propias vidas (Mannava *et al*, 2010).

Los campesinos, sin tener acceso a registros de precipitación o temperatura, perciben de forma tan acertada el cambio en el clima, que éste ha influido en la modificación de ciertas actividades o costumbres de su vida cotidiana, como lo es la reducción de 2 horas en promedio del tiempo que pasan trabajando en sus milpas; actividad que, si bien en la actualidad ya no representa la mayor fuente de ingresos para las familias, sí es la principal en relación al tiempo invertido y es tiene gran valor cultural para los habitantes especialmente los de la zona maya.

Frente a la situación crítica de las cosechas de maíz, los campesinos están yuxtaponiendo diversas actividades productivas. Como pudimos observar gran parte de los agricultores tiene que combinar su trabajo en la milpa con otras actividades económicas como la apicultura, la albañilería, la ganadería, el trabajo como jornaleros, entre otros. La estrategia consiste en combinar actividades de autosubsistencia como la milpa, junto con diversas actividades comerciales generadoras de ingresos (Schmook *et al.*, 2004).

Cabe recalcar que la modificación de ciertas prácticas agrícolas y la diversificación laboral, no pueden considerarse únicamente como una respuesta a los efectos de la variabilidad y cambio climático en la agricultura. Estudios actuales sobre cambio y variabilidad climática relacionados con la agricultura, parten necesariamente de considerar que esta actividad es extremadamente vulnerable en los países en desarrollo, debido a que se encuentra doblemente expuesta (O'Brien y Leichenko, 2000): es vulnerable a los fuertes cambios

socioeconómicos que se dan dentro del proceso de globalización económica y es además, altamente sensible a las variaciones climáticas. Esta “doble exposición” se refiere a casos donde una región, sector, ecosistema o grupo social es confrontado tanto por los efectos del cambio climático, como por los efectos de la globalización económica (O’Brien, 2000).

En la zona de estudio, esta doble exposición ha llevado a las familias campesinas, a diversificar sus actividades económicas y a realizar cambios en sus modos de vida. Con el término modos de vida nos referimos al proceso mediante el cual las familias rurales construyen una amplia gama de actividades y capacidades sociales de apoyo en su lucha por la supervivencia y con el fin de mejorar su nivel de vida (Ellis, 1998). Estas capacidades sociales abarcan los ingresos tanto de efectivo como en especie, así como las instituciones sociales (parentesco, familia, pueblo, sociedad, etc), relaciones de género y los derechos de propiedad necesarios para apoyar y sostener un determinado nivel de vida, en adición al acceso y los beneficios que éstas tengan a los servicios sociales y públicos prestados por el Estado (Lipton y Van del Gaag, 1993; Blanckwood y Lynch, 1994).

Entonces, los cambios en los modos de vida no son sinónimo de diversificación económica, sino que la incluye. En el Sur de la Península, los campesinos han modificado sus modos de vida de diversas formas. Desde combinar la milpa con actividades económicas comerciales generadoras de ingresos y la venta de mano de obra, hasta la conformación de asociaciones entre ejidatarios para tener acceso a programas de conservación de sus tierras y pagos

por servicios ambientales y demás actividades consideradas como (off farm), o trabajos no agrícolas, fuera de sus parcelas. También, su incorporación a programas gubernamentales de apoyo como Oportunidades, PROCAMPO, entre otros y la creciente migración de las nuevas generaciones a centros turísticos cercanos o incluso a los EU para contribuir al gasto familiar, apoyar las siembras, o invertir en actividades económicas como la ganadería, constituyen cambios en sus modos de vida. Las actividades económicas no agrícolas (off - farm work)²⁵ a las que más recurren los campesinos de la zona para complementar sus ingresos son: trabajar como jornalero, el trabajo en la construcción (albañilería, construcción de palapas, etc.), y en menor medida el elaboración de carbón y la carpintería. Estas actividades son complementadas por los apoyos ofrecidos por el gobierno como Oportunidades, PROCAMPO, PROGRAN principalmente y la ayuda de familiares.

Del mismo modo, la combinación de estrategias de adaptación a la doble exposición ocurrida en los países en desarrollo, se prevé que pueda incluir migraciones masivas no solo del campo a las ciudades, y a los centros turísticos como es el caso de algunos de los campesinos entrevistados, sino también migraciones a través de fronteras internacionales (Shuaizhang *et al*, 2010) como a los Estados Unidos en el caso de la zona de estudio.

²⁵ Los ingresos por actividades no agrícolas normalmente se refieren al trabajo asalariado o el intercambio en otras granjas (es decir, dentro de la agricultura). También incluye la mano de obra los pagos en especie, tales como los sistemas de cosecha de acciones y otros contratos laborales no salariales que siguen siendo frecuentes en muchas partes del mundo en desarrollo. Los ingresos no agrícolas entonces, se refiere a las fuentes de ingresos no agrícolas (Ellis F., 1998).

Estos tipos de diversificación (económica y de los modos de vida) han sido implementados por las familias campesinas en respuesta a la doble exposición; sin embargo, hay otros tipos de respuestas implementadas por los campesinos directamente en sus actividades agrícolas; y que practican como medida de adaptación a la variabilidad y cambio climático.

En el ámbito del cambio climático, la adaptación es vista como un ajuste en los sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a cambios observados o esperados en los patrones climáticos y sus efectos e impactos a fin de aliviar los efectos adversos o aprovechar las nuevas oportunidades (Nigel, 2005). De acuerdo a Batterbury y Forsyth (1999), las adaptaciones ambientales incluyen medidas como innovaciones tecnológicas, cambios en las prácticas agrícolas y de uso de suelo y la diversificación económica que reduce los impactos que los campesinos producen en sus tierras y en otros recursos naturales; sin embargo esto va a estar sujeto a la condición económica de la región y de la población, así como de sus características socioeconómicas (Aldunce, 2008).

Las principales medidas de adaptación encontradas en las prácticas agrícolas de las familias campesinas del Sur de la Península fueron:

Cambios en el calendario agrícola. Dicha modificación consiste principalmente en esperar la llegada de las lluvias más constantes, que se presentan principalmente, a partir de junio. Esta medida no solo ha sido implementada por los campesinos de la zona de estudio. De acuerdo a un estudio presentado en el Foro Vulnerabilidad de México ante el Cambio Climático de la

UNAM, donde se expuso un estudio de caso del estado de Tlaxcala, los campesinos de este estado también retrasan la siembra, en espera del inicio de un periodo de lluvias regular. Esta acción la complementan cambiando su semilla por una con un periodo de crecimiento más corto o incluso optan por cambiar de cultivo (Conde, 2006). Sin embargo, en la zona de estudio esta medida puede resultar arriesgada ya que la producción del maíz de temporal es muy sensible a cualquier retraso en el inicio de la temporada lluviosa, debido en gran parte a la presencia de canícula (Appendini y Liverman, 1994) que, de ocurrir durante la etapa reproductiva del maíz, puede disminuir el rendimiento en más del 50% (INIFAP, 2009). Sin embargo, de acuerdo a la Dirección General de Agricultura y Desarrollo Rural de la Comisión Europea (2008), esta práctica de ajustar las fechas de siembra a los nuevos modelos de precipitación en cada lugar, combinada con cultivos con menos requerimientos de agua y de tiempo de desarrollo puede resultar muy efectiva.

Los cambios en el calendario agrícola, principalmente en la fecha de siembra, es combinado, por lo general, con el *uso de variedades de maíz con menos necesidades hídricas y/o que requieren menor tiempo de crecimiento*, para de esta forma evitar los efectos de la sequía intraestival o canícula presentada durante los meses de julio y agosto. Esta estrategia es muy común en cuanto adaptaciones al CC en la agricultura se refiere. Smit, *et al*, (1996); Chiotti, *et al*, (1997) afirman que la sustitución por distintas variedades de maíz, así como cambios en los cultivos por algunos con menores requerimientos hídricos tienen un gran potencial de incrementar la producción.

Así mismo, para disminuir las molestias causadas por el sol y el aumento de las temperaturas, y la falta de lluvias, muchos campesinos han optado por *disminuir el tiempo de la jornada de trabajo en la milpa*, en promedio 2 hrs por día; aunque esta cifra varía de ejido en ejido, presentándose la mayor disminución de horas en Blanca Flor y la menor en Chun Ek. Contradictoriamente el primero ha presentado menor disminución en sus precipitaciones que el segundo, sin embargo las diferencias entre ejidos de esta disminución en la jornada de trabajo son inciertas, quizá mediante el análisis de registros de temperatura para cada ejido podría encontrarse una respuesta ya que la principal causa de esta modificación, de acuerdo a las respuestas de los campesinos fue que “ahora hace más calor, el sol está más fuerte” (campesino encuestado en Santa María Poniente). No fue encontrada literatura que hablara de esta medida adoptada por los campesinos en otras partes del país y del mundo, sin embargo es muy probable que conforme las temperaturas sigan aumentando y la agricultura siga disminuyendo en rendimiento y rentabilidad, las jornadas de trabajo en las milpas disminuyan y los campesinos comiencen a dedicar más tiempo a la combinación de otras actividades económicas.

También encontramos, que algunos campesinos tras presentar pérdidas en su primera siembra, han optado por *sembrar 2 a 4 veces al año*, usando variedades de maíz que requiere menor tiempo de crecimiento. Esta llama “resiembra” se hace con el objetivo de que, si la primera cosecha fue afectada por algún factor como sequía, plagas, etc., se vuelve a preparar el suelo y se siembra de nuevo, ahora usando una variedad de maíz que tarde menos tiempo en

desarrollarse, o combinando quizá con otro cultivo que se desarrolle bajo características climáticas diferentes.

Otra medida tomada por el 90% de los campesinos entrevistados, es el almacenamiento de maíz de un año a otro. Sin embargo esta no constituye una estrategia de adaptación al cambio climático actual, si no a la variabilidad normal del clima en cada zona, ya que, de acuerdo con Endfield *et al.*, (2006), el almacenamiento de alimentos es una estrategia común en el México Prehispánico y la práctica de mantener una reserva para compensar los momentos de pérdida de la cosecha continuó hasta la época colonial; sin embargo, actualmente las variaciones en la precipitación pluvial de la zona son de gran influencia para llevar a cabo esta práctica. Así mismo, el almacenamiento de agua en pozos o jagüeyes, constituye otra de las medidas tomadas por ellos para procurar la supervivencia de sus animales y en algunos casos, de sus cultivos de traspatio.

Causa preocupación saber que la mayoría de los campesinos no hace nada para preparar su milpa ante la posible ocurrencia de una sequía, debido principalmente a que no cuentan con información previa o pronósticos; no obstante que el INIFAP año con año prepara su llamado “pronóstico de lluvias para el Estado de Quintana Roo”, al parecer la difusión de este no ha sido del todo exitosa.

Otras de las explicaciones que tienen los campesinos para no anticiparse o realizar actividades en su milpa previas a la ocurrencia de sequías lo son las creencias religiosas, ya que, algunos de los que sí tienen acceso a los

pronósticos, no confían ellos debido a que afirman “que nadie sabe cuándo va a llover, sólo Dios”.

De cualquier forma, la mayoría de los campesinos entrevistados están tan arraigados a la agricultura, no solo como actividad económica sino como modo de vida, que el 63% de ellos afirma que incluso teniendo información previa de la ocurrencia de una sequía, decidirían arriesgarse y sembrar de manera cotidiana, argumentando que "a eso se dedican y es lo que están acostumbrados a hacer".

Es quizá, el arraigo a la tierra y a la vida campesina, a sus costumbres y a la cultura de la milpa, que la mayoría de ellos afirma no haber abandonado o vendido sus tierras como consecuencia de la baja productividad y casi el 80% de ellos, piensa seguir sembrando a pesar de los obstáculos que la variabilidad, el cambio climático y la globalización económica representan.

IX. CONCLUSIONES

La precipitación en el Sur de la Península de Yucatán ha presentado una gran variabilidad tanto anual como estacional durante las últimas 4 décadas. Sin embargo esta variabilidad es más evidente durante la época lluviosa, en cual la mayor parte de la zona presenta reducciones importantes en la precipitación. La reducción de la precipitación ha impactado las actividades agrícolas de la zona, principalmente al cultivo de maíz de temporal. Además de las variaciones en la precipitación, las sequías son una constante en la vida de los campesinos de la zona. Para un periodo de tiempo que abarcó los años de 1965 al 2002 se obtuvo un promedio de 0.39 sequías al año, lo que se traduce en una ocurrencia aproximada de una sequía cada 3 años. Sin embargo, no es posible determinar si las sequías están siendo más frecuentes y/o más severas en este periodo con relación a periodos previos debido a que para ello sería necesario contar con series de tiempo mucho más largas para poder realizar comparaciones. Obtener series de tiempo más amplias resulta complicado ya que son pocas las estaciones con registros de precipitación previos a 1950 en la zona, los datos que contienen la mayoría de las veces presentan una gran cantidad de vacíos y debido a que las estaciones que cuentan con estos registros son tan escasas, serían poco apropiadas para realizar un estudio a la escala del que presentamos en esta investigación. Como consecuencia es imposible afirmar que el Cambio Climático ha provocado un recrudecimiento de las sequías en la zona durante las últimas

décadas, aunque si es posible afirmar que la precipitación promedio en la zona está disminuyendo.

La variabilidad climática en la zona aunada a los cambios socioeconómicos por el proceso de globalización económica (denominada doble exposición), ha influenciado a los campesinos a realizar algunas modificaciones en sus modos de vida en general. Estas modificaciones las han realizado tanto en sus prácticas agrícolas, (cambios en el calendario agrícola, diversificación de cultivos, uso de variedades de maíz con menores necesidades hídricas, resiembra) como en sus actividades generadoras de ingresos en general. Estas últimas incluyeron la combinación de actividades de autosubsistencia como la milpa, junto con diversas actividades “off farm” generadoras de ingresos como el trabajo de jornalero, trabajos en la construcción y el comercio principalmente, así como su incorporación a programas gubernamentales de apoyo (PROCAMPO, Oportunidades, entre otros).

Por último, cabe resaltar la aportación de esta investigación. Los resultados de los análisis de precipitación podrían servir como base en la elaboración de escenarios futuros de precipitación y disponibilidad de recursos hídricos. Además, la comprensión de cómo ciertos sectores de la población se ven afectados por la sequía y la investigación sobre cómo responden a ésta, son considerados pasos esenciales hacia el diseño de políticas de mitigación, socorro y programas de apoyo.

X. LITERATURA CITADA

- Aldunce P., Neri C., y C. Szlafsztein. 2008. "Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante la variabilidad y el cambio climático". Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, Interamerican Institute for Global Change Research, National Science Foundation.
- Amer J. 1997. "Farm Income Variability and the Supply of Off-Farm Labor Ashok K. Mishra and Barry K. Goodwin". American Agricultural Economics Association. *Econ.* 79: 880-887
- Batterbury S. y T. Forsyth. 1999. "Fighting back: human adaptations in marginal environments". *Environment*. 41(6): 6-11.
- Benegas Laura, Jiménez Franciso, Locatelli Bruno, Faustino Jorge, Campos Max. 2008. "A methodological proposal for the evaluation of farmer's adaptation to climate variability, mainly due to drought in watersheds in Central America". Springer Science + Business Media B.V. 2008. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* (2009) 14: 169–183.
- Blackwood D. y R. Lynch. 1994. "The Measurement of Inequality and Poverty: A Policy Maker's Guide to the Literature", *World Development*. 22(4): 567-78.
- Boose E., Foster D., Plotkin A. y B. Hall. 2003. "Geographical and historical variation in hurricanes across the Yucatán Peninsula". In: Gómez-Pompa A, Allen MF, Fedick SL, Jiménez-Osorio JJ (Eds). *The lowland Maya area: three millennia at the human wildland interface*, pp. 495-516. Food Products Press, Binghamton, New York.
- Burton I., Kates K.W. y G.F. White. 1993. "The Environment as Hazard". Second Edition. Guilford Prees, New York.
- Campos A. 1992. "Procesos del ciclo hidrológico". Editorial Universitaria Potosina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Cap. III, pp. 36-46.
- Cavazos T. y S. Hastenrath. 1990. "Convection and rainfall over Mexico and their modulation by the Southern Oscillation", *International Journal of Climatology*. 10: 377-386.
- Chambers R. 1995. "Poverty and livelihoods: whose reality counts?" *Environment and Urbanization*. 7: 173-204.

- Chavero E. 1995. "La milpa en el Sur de Yucatán: dinámica y crisis". En el libro: "La milpa en Yucatán: un sistema de producción agrícola tradicional" Tomo 2. Compiladores: Efraim Hernandez Xolocotzi, Eduardo Bello Baltazar y Samuel Levy Tacher. Colegio de Posgraduados.
- Conde C. 2003. "Cambio y variabilidad climáticos". Dos estudios de caso en México. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM, México, D. F.
- Crowley T. y North R. 1988. "Abrupt Climate Change and Extinction Events in Earth History" (en english), *Science* 240(4855): 996-1002.
- Degaetano A. 1999. "A temporal comparison of drought impacts and responses in the New York City Metropolitan Area". *Climatic Change* 42: 539-560, 1999.
- Ellis F. 1999. "Rural livelihood diversity in developing countries: Evidence and policy implications". ODI, Natural Resource Perspectives. 40.1999.
- Endfield G., Fernández I. (2002). "Decades of drought, years of hunger: Archival investigations of multiple year droughts in late colonial Chihuahua". *Climatic Change*. 75:391-419. 2006
- Ellis F. 1998. "Household strategies and Rural Livelihood Diversification". *Journal of Development Studies* 35.(1): 1-38.
- Folke C., Carpenter S., Elmqvist T., Gunderson L.H. y B. Walker.2002. "Resilience and sustainable development: building adaptative capacity in a world of transformations". *Ambio* 31:437-440.
- Gay C. 2000. "México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México". Capítulo II. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. México, 220 p. ISBN 968-36-7562-X
- Gerald I., Torrescano-Valle N., Valdez-Hernández M., Tuz-Novelo M. y H. Weissenberger. 2009. "Efectos del impacto del Huracán Dean en la vegetación del sureste de Quintana Roo, México". *Foresta Veracruzana* 11(1):1-6. 2009.
- Heller P., y M. Muthukumara. 2002. "La adaptación al cambio climático". *Revista Finanzas y Desarrollo*. 39(1): 29-31. 2002.
- Hernández-Cerda M., Torres-Tapia L. y G. Valdez-Madero. 2007. "Sequía Meteorológica"; México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México, Instituto de Geografía, UNAM.

- INIFAP. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2009. Efecto del cambio climático en la producción de maíz en Yucatán.
- Jauregui E. 1989. Los huracanes prefieren a México. Información Científica y Tecnológica CONACYT, México 11(155): 32-39.
- O'Brien K. y R. Leichenko. 1982. Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. CICERO, University of Oslo, P.O. Box 1129 Blindern, 0318 Oslo, Norway. Department of Geography and Center for Urban Policy Research, Rutgers University, 33 Livingston Ave., Suite 400, New Brunswick, NJ 08901-1982, USA.
- Lazarus R.S. 1966. "Psychological stress and the coping process" Mc Graw – Hill. New York. 1966.
- Lavell A. 1994. "Prevention and Mitigation of Disasters in Central America: Vulnerability to disasters at the local level". En Varley, A. (Ed.) Disasters, Development and Environment: pp. 49-63.
- Lavell A. y A. Rodríguez. 2003. "Gestión de riesgo: un enfoque prospectivo. Las Naciones Unidas y su respuesta ante el Mitch". ed. -- Tegucigalpa: PNUD, 2003. 37 p.
- Liepert, B. 2002. "Observed Reductions in Surface Solar Radiation in the United States and Worldwide from 1961 to 1990" . Geophysical Research Letters, 29 (10), 61-1 - 61-4.
- Lipton M. y J. van der Gaag (eds.). 1993. Including the Poor, Proceedings of a Symposium Organized by the World Bank and the International Food Policy Research Institute, Washington, DC: World Bank.
- Magrin G.O., Travasso M.I. y G.R. Rodriguez. 2005. "Cambios en el clima y producción de cultivos durante el siglo 20 en la Argentina". Climatic Change 72: 229-249.
- Mannava V.K., Sivakumar-Raymond P. y P. Motha-Haripada. 2010. "Natural Disasters and Extreme Events in Agriculture 2010 Impacts and Mitigation". World Meteorological Organization. Capítulo 1 Impacts of Natural Disasters in Agriculture, Rangeland and Forestry: an Overview.
- Martínez Julia, Fernández Adrián. 2004. "Cambio climático: una visión desde México". SEMARNAT, INECOL. Noviembre del 2004. México, D.F.
- Méndez-González J., Návar-Cháidez J. y V. González-Ontiveros. 2007. "Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México". Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. ISSN 0188-4611. 65: 38-55. 2008.

- Mendoza B., García-Acosta V., Velasco V., Jáuregui E. y R. Díaz-Sandoval. 2006. "Frequency and duration of historical droughts from the 16th to the 19th centuries in the Mexican Maya lands, Yucatan Peninsula". *Climatic Change*. 83:151–168. 2007.
- Moran E. 2010. "Human Adaptability". *An Introduction to Ecological Anthropology*. Westview Press. Cumnor Hill, Oxford. 338 pp.
- Adger W.N., Nigel W.A., y E.L. Tompkins. 2005. "Successful adaptation to climate change across scales". *Global Environmental Change*. 15:77-86. 2005.
- Orellana R., Espadas C., Conde C. y C. Gay. 2009. *Atlas Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán*. Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán y Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México. Mérida, Yucatán, México, 109 pp.
- Oreskes, N. 2004. "Beyond the Ivory Tower. The Scientific Consensus on Climate Change". *Science* 306 (5702): 1686.
- Schmook B. y M. Navarro. 2004. "Estrategias de producción y supervivencia en los pueblos mayas del ejido X-hazil y anexos. 1935 – 1998". Del libro "El vacío imaginario: geopolítica de la ocupación territorial en el Caribe mexicano". Gabriel Aarón Macías Zapata, coordinador. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS).
- Shuaizhang Fengab., Alan B., Kruegera C.D. y M. Oppenheimer. 2010. "Linkages among climate change, crop yields and Mexico–US cross-border migration". A Woodrow Wilson School of Public and International Affairs, Princeton University, Princeton, NJ 08544; bSchool of Economics, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China; Departments of cEconomics and eGeosciences, Princeton University, Princeton, NJ 08544; and dUS Department of Treasury, Washington, DC 20220.
- S. V. R. K. Prabhakar y Rajib Shaw. 2007. "Climate change adaptation implications for drought risk mitigation: a perspective for India". Springer Science + Business Media B.V. 2007. *Climatic Change*. 88:113–130. 2008.
- Samra J.S. 2004. "Review and analysis of drought monitoring, declaration and management in India". Working paper 84. Drought Series Paper 2, International Water Management Institute, Sri Lanka.

- Sarah A. Steward. "Livelihoods, Coping Strategies and Processes of Change Following Hurricane Dean, Southern Yucatan, México, August 2007". Tesis de Maestría. Universidad de Clark. U.S.A. 109 pp.
- Saravanan V.S. 2003. "Institutional analysis of watershed management in India: case for investment in a watershed economy". In: Proceedings on market development of water and waste technologies through environmental economics, Centre de Sciences Humaines. New Delhi.
- Scoones I. 2009. "Livelihoods perspectives and rural development". *Journal of Peasant Studies*, 36.
- Sivakumar, K. V. M., 1992. "Climate change and implications for agriculture in Niger", en *Climatic Change*. 20: 297-312.
- Stanhill G. Moreshet, S. 2004. "Global Radiation Climate Changes in Israel", *Climatic Change*, 22, 121-138.
- Valiente O. 2001. "Sequía, definiciones, tipologías y métodos de cuantificación". *Investigaciones Geográficas* no. 26. (2001). Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Barcelona.
- Vargas Melgarejo Luz María. "Sobre el concepto de percepción". 1994. *Alteridades* 4(8): 47-53.
- Wallén C. 1955. "Some characteristics of precipitation in Mexico", *Geografiska Annaler*. 37(1-2): 51-85.
- Wilhite D., Glantz M., 1985. "Understanding the drought phenomenon: the role of definitions". *Water International*. 10: 111-120.
- Yoav Me-Bara, Fred Valdez J. 2003. "Droughts as random events in the Maya lowlands". Gadera Stairs, Haifa, 34722, Israel University of Texas at Austin, Department of Anthropology, Austin, TX 78712, USA.
- Diamond J. 2005. "Collapse. How societies choose to fail or survive". Penguin Books Ltd. London.
- Haug G.H., Günther D., Peterson L.C., Sigman D.M., Hughen K.A., y B. Aeschlimann. 2003. "Climate and the Collapse of Maya Civilization". *Science*, 299: 1731-1735
- Gill B. 2008. "Las grandes sequías mayas, México", Fondo de Cultura Económica.
- Senior, L., Meadow, R., y A. Curnow. 1993. "The genesis and collapse of third millennium north Mesopotamian civilization". *Science*. 261: 995-1004.

ANEXO 1 CUESTIONADO APLICADO A LOS 150 CAMPESINOS

CAMBIOS EN EL REGIMEN DE LLUVIAS Y ADAPTACIÓN A LA SEQUÍA EN LA ZONA SUR DE LA PENINSULA DE YUCATAN

Código único		Fecha de la entrevista	
--------------	--	------------------------	--

Nombre del entrevistador	
Nombre del entrevistado	

I. Información General

a) Datos demográficos (tabla presentada a parte)

b) Datos de cultivos

1. ¿Cómo se encuentran divididas sus hectáreas?

Hectáreas totales _____

Hectáreas cultivadas 2010	Cultivos	Hectáreas no cultivadas	Tipo de vegetación donde están las Ha no cultivadas
Total: _____		Total _____	

2. ¿Cómo trabaja sus parcelas? (Años de cultivo y años de barbecho/descanso)

Parc.	Ha	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1												
2												
3												

3. ¿Ha realizado usted algunos trabajos de reforestación en sus tierras? SI ____ NO ____

4. ¿Para qué?

5. ¿Cuántas parcelas trabajó durante el 2009 y qué superficie tienen?

6. ¿Qué cultivó durante el 2009 en cada parcela? (Indicar proporciones de cada cultivo)

7. En general, ¿qué uso le da al maíz que cosecha? Especificar cuánto maíz para cada uso.

c) Ayuda gubernamental

8. ¿Cuenta usted con apoyos del gobierno? SI ____ NO ____

9. ¿Cuáles?

10. ¿Pertenece a alguna asociación de productores? SI ____ NO ____

11. ¿A cuál?

II. Percepción

12. ¿Para usted qué es una sequía?

13. ¿Cómo ve usted el clima actual, con respecto al de hace 15 años?

14. Si dice que se ha modificado, ¿cuáles han sido esas modificaciones?

15. ¿A qué cree que se deban estos cambios en el clima?

16. Hace 15 años, de qué hora a qué hora trabajaba en su milpa?

17. Actualmente, ¿de qué hora a qué hora la trabaja?

18. Si han cambiado los horarios, preguntar ¿por qué?

19. ¿Siente que usted y su familia se encuentren en riesgo por eventos climáticos extremos como sequías? SI _____ NO _____

Huracanes SI _____ NO _____

Incendios SI _____ NO _____

20. ¿Por qué siente que están en riesgo ante sequías? _____

Huracanes _____

Incendios _____

21. ¿Cuál de ellos cree que le afecte más a usted, a su familia y a sus actividades económicas? ¿Por qué?

22. ¿Usted se entera con anticipación cuando va a llegar un huracán? SI _____ NO _____

23. ¿cómo se entera?

24. ¿Usted se entera con anticipación cuando va a llegar una sequía? SI _____ NO _____

25. ¿Cómo se entera?

26. ¿Usted se da cuenta con anticipación cuando va a llegar una sequía? SI _____ NO _____

27. ¿Cómo se da cuenta?

28. Si usted supiera que se viene un año de sequía, ¿cree que haría algo diferente ya teniendo esa información? SI _____ NO _____

29. ¿Qué haría?

30. Debido a la sequía, ¿ha recibido algún apoyo del gobierno o alguna otra organización?

SI _____ NO _____

31. ¿Qué tipo de ayuda?

Año	Tipo de ayuda	Cantidad	Quién dio la ayuda

32. ¿Cuenta usted con alguna clase de seguro en caso de pérdida de cultivos a causa de sequía?

SI _____ NO _____ ¿Cuál? _____

III. Información general de sequía

33. Durante el 2009, ¿cómo realizó los trabajos en su milpa? (en que mes realiza cada actividad)

Tipo de Maíz que siembra _____

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
No. de Hectáreas Sembradas Año _____											
Toneladas cosechadas Año _____											
Superficie cosechada Año _____											

34. ¿Cómo describiría un buen año de cosecha? Y ¿cuáles han sido?

Año	Cultivo	Características

35. Mencione uno de esos años:

Año: _____ No. de parcelas: _____ No. de hectáreas sembradas: _____

Toneladas cosechadas al año: _____ Superficie Cosechada al año: _____

36. ¿Cómo describiría un mal año de cosecha?

37. ¿Recuerda usted algún mal año de cosecha en específico? SI ____ NO____ AÑOS: _____

38. ¿Qué fue lo que pasó? (causas) _____

Año: _____ No. de parcelas: _____ No. de hectáreas sembradas: _____

Toneladas cosechadas al año: _____ Superficie Cosechada al año: _____

39. ¿Tiene ganado, abejas u otros animales? SI ____ NO____

40. ¿Cómo afecta la sequía a sus animales?

41. ¿Qué hace para mitigar estas afectaciones?

IV. Sequía meteorológica

42. ¿Recuerda usted algunos años o periodos de sequías? ¿Cuáles? (llenar tabla)

Año	Características	Qué sembró	Superficie sembrada	Cantidad cosechada	Pérdidas Aproximadas

V. Adaptación

43. Cuando la sequía afectó su producción de maíz, ¿de dónde lo obtuvo para comer?

44. Cuándo la sequía afecta su producción de maíz, ¿de dónde obtiene maíz para sembrar?

45. En caso de que tenga que comprar el maíz, ¿de dónde obtiene estos ingresos?

46. En un año de sequía en el que ya haya sembrado, ¿hay algo que pueda hacer para evitar perder esa cosecha? SI ____ NO ____

47. ¿Qué?

48. Hace algo para prepararse o enfrentar las sequías? SI ____ NO ____

49. ¿Qué hace?

50. ¿Cómo aprendió esas técnicas?

51. ¿Se ha dado cuenta de algunos tipos de maíz que necesiten menos agua?

SI ____ NO ____

52. ¿Los usa? SI _____ NO _____

53. ¿Cuándo? _____

54. ¿Usted acostumbra guardar maíz de un año al otro por si hay escasez de lluvia?

SI _____ NO _____ ¿Cómo? _____

55. ¿Ha cambiado de parcelas en terrenos con más humedad para enfrentar mejor una sequía? SI _____ NO _____ ¿A dónde? _____

56. ¿Ha hecho alguna obra para almacenar agua para sus cultivos y su ganado?

SI _____ NO _____

57. ¿Cuál? _____

58. ¿Ha cambiado sus métodos para plantar y/o para preparar el suelo? SI _____ NO _____

Como: _____

59. ¿Ha hecho ajustes en su calendario agrícola como respuesta a los cambios en las temporadas de lluvia? SI _____ NO _____ Años: _____

60. Si la respuesta es sí, describir las actividades:

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
No. de Hectáreas Sembradas Año _____											
Toneladas cosechadas Año _____											
Superficie cosechada Año _____											

61. ¿Ha cambiado de (o añadido) cultivos para enfrentar una sequía? SI _____ NO _____

¿Cuáles? _____

¿Desde cuándo? _____

62. ¿Ha tenido que trabajar en otra cosa cuando hay sequía o en el año posterior a una sequía? SI _____ NO _____

63. Si la respuesta es sí, ¿en qué trabajó? ¿Por cuánto tiempo?

64. ¿Ha vendido o abandonado parcelas en los últimos años?

SI _____ NO _____

Por qué? _____

65. ¿ Ha vendido o perdido ganado a causa de alguna sequía? SI _____ NO _____ Año _____

66. ¿Tiene árboles entre sus cultivos? SI _____ NO _____

67. ¿Para qué lo hace?

68. ¿Cree usted que siga sembrando en los siguientes años? SI _____ NO _____

69. ¿Cree usted que va a cambiar la manera en que hace agricultura en los próximos años?

SI _____ NO _____

70. ¿Cómo? _____

**ANEXO 2. ARTÍCULO SOMETIDO A LA REVISTA “INVESTIGACIONES
GEOGRÁFICAS”**

**ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL Y ESTACIONAL EN EL SUR DE LA
PENÍNSULA DE YUCATÁN**

Silvia Sofia Márdero Jiménez

Elsa C. Nickl

Birgit Schmook

Laura Schneider

El Colegio de la Frontera Sur

Avenida del Centenario km. 5.5 Chetumal, Quintana Roo, México. C.P. 77900

Teléfono (10983) 835-0440 Ext. 4339

sofia_mardero@hotmail.com

Análisis de la variabilidad de la precipitación anual y estacional en el Sur de la Península de Yucatán

Resumen

En este artículo analizamos la variabilidad espacial y temporal de la precipitación en el Sur de la Península de Yucatán, a través de las anomalías y tendencias de la precipitación anual y estacional y la ocurrencia de sequías meteorológicas, utilizando 9 estaciones meteorológicas durante el periodo de 1953 – 2007.

El análisis de las anomalías nos permite evaluar la estabilidad, déficit o superávit de lluvias para cada año o periodo. Mediante la estimación de las tendencias analizamos la disminución o aumento de la precipitación a través de los años. El método de los quintiles nos permite identificar la intensidad de las sequías meteorológicas. Finalmente debatimos una probable relación de la variabilidad de la precipitación en la zona con el Cambio Climático.

Los resultados muestran una considerable variabilidad espacial y temporal, con mayores valores de precipitación y anomalías en la costa, que van disminuyendo gradualmente hacia el Centro-Oeste de la zona de estudio. A través de los años existe una reducción de la precipitación anual y de la estación lluviosa en gran parte de la zona de estudio, de hasta aproximadamente 16 mm/ año (estación Chachobben). Finalmente, se observa una ocurrencia regular de sequías que van desde leves hasta extremas.

Palabras Clave: Precipitación, variabilidad, sequía meteorológica, anomalías, tendencias, Península de Yucatán.

Analysis of the annual and seasonal precipitation variability in the Southern Yucatan Peninsula

Abstract

In this article we analyze the spatial and temporal variability of precipitation in the Southern Yucatan Peninsula, taking into account the anomalies and trends of annual and seasonal precipitation, and the occurrence of meteorological droughts, using information from 9 weather stations for the period 1953 – 2007.

Precipitation anomalies allow us to evaluate the stability, deficit or surplus of precipitation for each year or season. Through linear regression trends, we analyze the increase or decrease in precipitation throughout the years. The quintile method allows us to identify the intensity of meteorological droughts. Finally, we discuss the possible relationship between the variability of precipitation in the region and climate change.

The results show a considerable spatial and temporal variability, with higher values of precipitation and precipitation anomalies at the coast, which gradually decrease towards the mid-west of the region. Over the years there is a decrease of annual and rainy-season precipitation in much of the study area, up to about 16 mm less per year (station Chachobben). Finally, a regular occurrence droughts ranging from mild to severe was found in the region.

Keywords: precipitation, variability, meteorological drought, anomalies, trends, Yucatan Peninsula.

INTRODUCCIÓN

El clima es un sistema dinámico y complejo con variaciones temporales y espaciales (Storch *et al.*, 1999; Smithers *et al.*, 1997). La escala temporal se expresa en la variabilidad inter-anual, intra-estacional e inter-decadal (Alfaro, 2009), asociadas con la ocurrencia de anomalías, que son las diferencias registradas entre la variable analizada con respecto a la normal climatológica (Sauchyn, 2003). En las últimas décadas, a la variabilidad natural del clima se ha sumado la influencia de las actividades antropogénicas en el cambio del clima con diversos efectos ambientales y socioeconómicos (Hare, 2003).

De acuerdo al Cuarto Informe de Evaluación de Cambio Climático (CC) del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007) algunos de los efectos del CC se traducirán en cambios en la distribución de las precipitaciones y en la ocurrencia e intensidad de los huracanes y las sequías. Este informe muestra una comparación entre los promedios de precipitación anual y estacional del periodo 1980 – 1999 y los promedios de precipitación proyectados a cien años (periodo 2080 – 2099), indicando una disminución de la precipitación anual para la región de Centro América. Para la Península de Yucatán el mismo informe indica una reducción de precipitación anual del 10 al 15 % y más del 30% durante la estación seca y lluviosa. En adición, de acuerdo a Magrin *et al.* (2007), para la zona Maya (Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Tabasco y Yucatán en México, y países Centroamericanos Belice, Guatemala, Honduras y el Salvador) se predice un incremento del 2 al 3.5 °C para el año 2090, así como una disminución en la precipitación anual del 10 al 22% para ese mismo periodo (2090), sin embargo, durante algunas épocas de estiaje podría alcanzar hasta una reducción del 48% (Magrin *et al.*, 2007). Este decrecimiento de las lluvias podría provocar el aumento de periodos intensos de sequia, la

caída de la productividad de las actividades agropecuarias y una consecuente reducción en la producción de alimentos, y mayor frecuencia de incendios forestales (Galindo, 2007).

La sequía es considerada la anomalía climática más preocupante a escala mundial (Sauchyn, 2003; Hagman, 1984), sin embargo carece de un consenso en su definición debido a la multiplicidad de causas y a la gran variedad de formas en que puede presentarse (Martín-Vide, 1994). Incluso, de acuerdo a algunos investigadores, la sequía no es una anomalía climática, sino parte del sistema climático global (Hernández, *et al.*, 2007).

Resulta normal entonces que exista un gran número de definiciones sobre la sequía, dependiendo generalmente de la disciplina que la aborda. Wilhite y Glantz (1985) recopilaron más de 150 definiciones de sequía, categorizándola en cuatro grupos: sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía agrícola y sequía socioeconómica. En este texto, nos referiremos a la sequía meteorológica que, de acuerdo con el Vocabulario Meteorológico Internacional de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), es “la ausencia prolongada o déficit notable de precipitación”. Con base en esta definición, la sequía meteorológica es entendida como un fenómeno meteorológico que se presenta cuando la lluvia o el escurrimiento natural en un periodo dado es menor al valor normal. Para determinar el inicio de una sequía meteorológica, los objetivos y enfoque del estudio especifican el grado de partida del promedio de precipitación o alguna otra variable climática en un periodo de tiempo, y es obtenido al comparar la situación actual con el promedio histórico, y a menudo está basado en un periodo de registro de al menos 30 años (Valiente, 2001).

El interés de estudiar la variabilidad climática en el Sur de la Península de Yucatán, surge debido a que esta zona se encuentra doblemente expuesta a los embates de la variabilidad

climática: la ocurrencia de huracanes y sequías. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, la mayor parte de la península de Yucatán presenta un clima cálido sub-húmedo con temperatura promedio anual de 25.8° a 26.3 °C y ocurrencia de lluvias en verano y otoño (junio-noviembre), con un gradiente de precipitación general de seco hacia el noroeste (600 mm) y más húmedo hacia el sureste (1400 mm), clasificado como Aw (García, 1988; Strahler, 2008, Orellana *et al.*, 2009). Las precipitaciones que se presentan son principalmente convectivas y por influencia de los vientos alisios que traen humedad del Atlántico (Strahler y Merali, 2008; Orellana *et al.*, 2007). Durante la época de verano, la presencia de huracanes en el Atlántico genera lluvias en la costa, al aproximarse a esta, y su influencia se va debilitando a medida que el centro de baja presión avanza hacia el interior. También es importante mencionar que en la mayor parte de la Península se presentan dos periodos de “sequía”: la pre-estival o de primavera, que abarca un periodo de dos a cuatro meses (entre enero y abril), y la intra-estival o canícula que se presenta durante julio y agosto (Orellana *et al.*, 2009).

Los huracanes y las sequías son una constante de la variabilidad de las precipitaciones en la Península. De acuerdo al IS (Índice de Severidad)²⁶ de áreas de México vulnerables a la sequía meteorológica²⁷ (Hernández *et al.*, 2000), la Península de Yucatán actualmente está catalogada como una de las cinco zonas del país con sequía severa (región noreste) y con

²⁶El cálculo del índice de severidad para cada año en el periodo estudiado (1950 – 1980), se realizó con los datos de precipitación, comparados con sus respectivas medias y se clasificó en siete grados: extremadamente severo (mayor de 0.8), muy severo (0.6 a 0.8), severo (0.5 a 0.6), muy fuerte (0.4 a 0.5), fuerte (0.35 a 0.4), leve (0.2 a 0.35) y ausente (<0.2). (Sancho y Cervera, *et al.*, 1980).

²⁷ Hernández Cerda, *et al.* 2000. *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Capítulo II “Sequía Meteorológica”. El autor se refiere como “sequía meteorológica” a una disminución en la precipitación de acuerdo a la media registrada a lo largo de los años 1950 – 1980.

sequía fuerte (zona sur). Quintana Roo y Campeche son unos de los estados más vulnerables a la sequía meteorológica en más del 75% de su territorio (99.77% y 75.22% respectivamente) y esta situación tiende a empeorar (Hernández *et al.*, 2000). La combinación de menor precipitación con los suelos pedregosos presentes en buena parte de la Península, que limitan la práctica de la agricultura a una forma tradicional, de temporal, convierten a esta zona en un punto fundamental para la investigación.

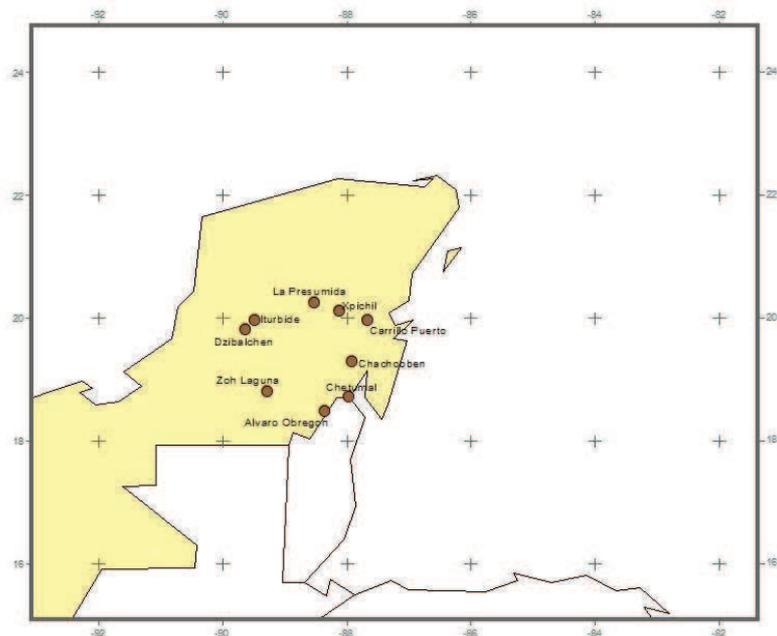
De acuerdo a lo anterior, nuestro objetivo en este artículo es analizar la variabilidad espacial y temporal de la precipitación anual y estacional en el Sur de la Península de Yucatán en un periodo de tiempo de 35 años aproximadamente, a través de la identificación de sequías, el cálculo de las anomalías en la precipitación y la estimación de las tendencias de precipitación.

DATOS Y MÉTODOS

Datos de precipitación

Utilizamos los registros de precipitación mensuales de la Comisión Nacional de Agua (CNA) y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), que cubren un periodo aproximado de 1953-2007. Basándonos en estos datos mensuales estimamos la precipitación anual, la precipitación durante la estación seca (febrero a abril) y la precipitación durante la estación húmeda (junio a octubre) para cada año de información disponible. Realizamos una revisión de las estaciones ubicadas en la zona de estudio, tomando en cuenta la cantidad de datos disponibles y la existencia de registros de por lo menos 30 años consecutivos. De este modo, se seleccionaron 9 estaciones (Figura 1)

Figura 1. Ubicación de las 9 estaciones meteorológicas utilizadas para los análisis



Climatologías

Las climatologías representan el clima promedio de una región en términos de promedios mensuales o estacionales de temperatura y/o precipitación (Ayllón, 2003). Para estimar las climatologías se calculan los promedios de lluvias para cada mes o estación (seca, lluviosa) tomando en cuenta un periodo de tiempo. Nosotros tomamos en cuenta el periodo 1965 – 2000, debido a que como queremos que las climatologías sean comparables entre las estaciones, se tiene que usar el mismo periodo de tiempo para todas, y ese es el periodo en el que todas las estaciones analizadas tienen datos.

Anomalías en la precipitación

Las anomalías en la precipitación son la diferencia de la precipitación observada en un año, mes o periodo específico “ i ”, (P_i) respecto al promedio (\bar{P}) (climatología, que se obtuvo del periodo 1965 - 2000):

$$\text{Anomalía} = (\bar{P} - P_i) \text{ (en mm)}$$

La anomalía expresada en porcentaje expresa el porcentaje de déficit o superávit de precipitación respecto al promedio:

$$\text{Anomalía} = (P_i - \bar{P}) / \bar{P} \times 100 \text{ (en \%)}$$

Se calcularon las anomalías anuales y estacionales para cada una de las estaciones durante todos los años de los que se tenía información debido a que como las climatologías ya son comparables entre las estaciones, no es necesario establecer un periodo homogéneo para establecer las anomalías. Las anomalías negativas fueron utilizadas para identificar años de sequía.

Estimación de tendencias de precipitación

Las tendencias son cambios graduales de incremento o decremento de la precipitación a través de los años (Méndez *et al.*, 2007). Para estimar estas tendencias se aplicó la ecuación de regresión lineal (ERL) ($y=ax+b$), donde la variable independiente (x) son los años y la variable dependiente (y) las lluvias estimadas a través de los años. El coeficiente “ a ” muestra el cambio de las precipitaciones a lo largo de un periodo de tiempo, el cual es expresado en milímetros por año (mm/año); si el coeficiente “ a ” es positivo, las precipitaciones tienden a aumentar, y si es negativo tienden a disminuir. Estas tendencias las calculamos para las lluvias anuales y estacionales, usando los registros de precipitación a partir del año 1976 ya que de acuerdo con algunos autores, ese fue el año de inicio del llamado

"climate shift" conocido en la literatura de clima como el año que marca un cambio en los patrones de circulación atmosférica en el Océano Pacífico (IPCC, 2007), que a su vez tuvo incidencia en los cambios de temperatura global. Para poder hacer comparables las tendencias entre las estaciones se estableció un mismo periodo de tiempo de análisis para todas ellas (1976-2000).

Identificación de sequías por el método de quintiles

El método de quintiles (Gibbs y Maher, 1967) se utiliza para categorizar las precipitaciones de cada año en base a 6 categorías. Este método consiste en ordenar de menor a mayor los valores de la precipitación anual del periodo 1965 - 2000 y se divide la cantidad de años disponibles entre 5, de modo que se forman 6 rangos: sequía extrema, sequía moderada, sequía leve, año normal, año lluvioso y año muy lluvioso. Los valores de precipitación anual adicionales al periodo 1965-2000 de cada estación son posteriormente evaluados de acuerdo a estos seis rangos establecidos, identificando así la intensidad de las sequías/lluvias para todos los años (Michell, 1996).

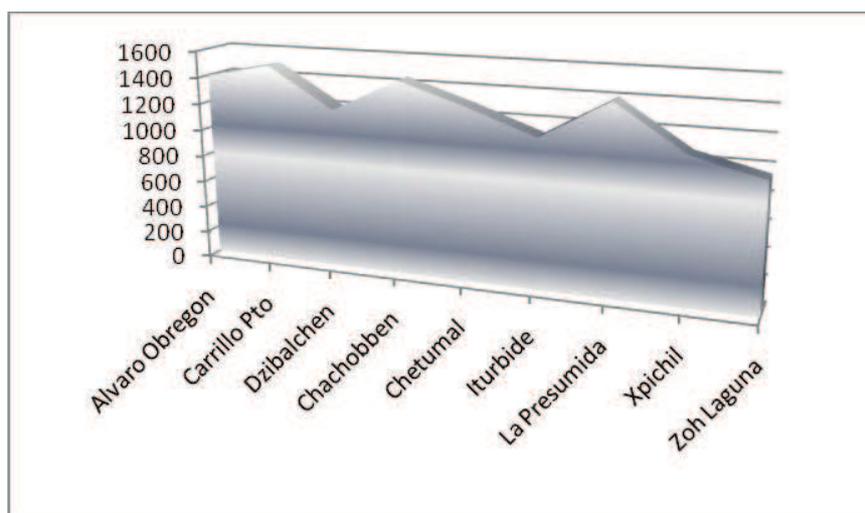
RESULTADOS

Climatologías y precipitación anual y estacional promedio

La climatología se presenta para brindar una descripción general de las precipitaciones en la zona de estudio. Las climatologías del Sur de la Península muestran un promedio de precipitación anual que va desde 948 mm (estación Zoh Laguna, en la zona sur-oeste de la Península), hasta los 1499.2 mm (Felipe Carrillo Puerto, en la zona centro - este) (Figura

2). Estas climatologías presentan un gradiente de humedad que va de más a menos en dirección Centro - Este a Oeste.

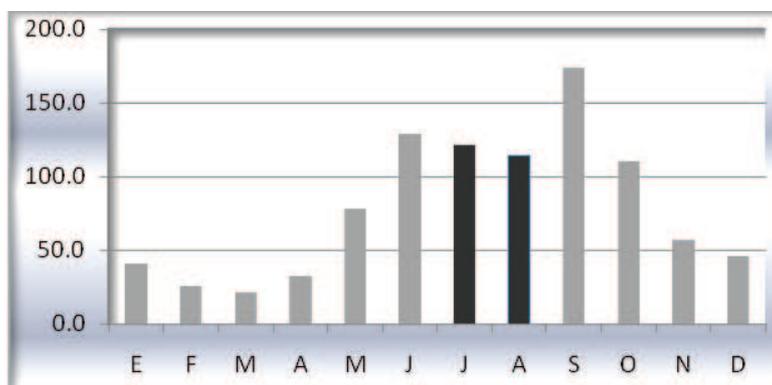
Figura 2. Precipitación promedio anual (mm) de las 9 estaciones de la zona de estudio



Durante la estación lluviosa, los valores de precipitación promedio varían desde los 647.8 mm (Zoh Laguna, al centro – sur de la zona de estudio y de la Península) hasta los 958.6 mm (La Presumida, al centro – norte de la zona de estudio). Durante la temporada seca, los valores de precipitación promedio más bajos se registra nuevamente en la zona centro de la Península (estación Zoh Laguna), y el mayor valor de la precipitación promedio se registra en la estación Chachobben, ubicado en la parte centro – este de la Península.

Para dar un ejemplo de la climatología anual obtenida para cada una de las estaciones, y visualizar la canícula de medio verano, se presenta el caso de la estación Zoh Laguna. Esta estación fue seleccionada debido a que es la que cuenta con los datos más completos y es también la estación que presenta la menor precipitación en la zona de estudio.

Figura 3. Climatología de la estación Zoh Laguna, Campeche del periodo 1965 – 2000

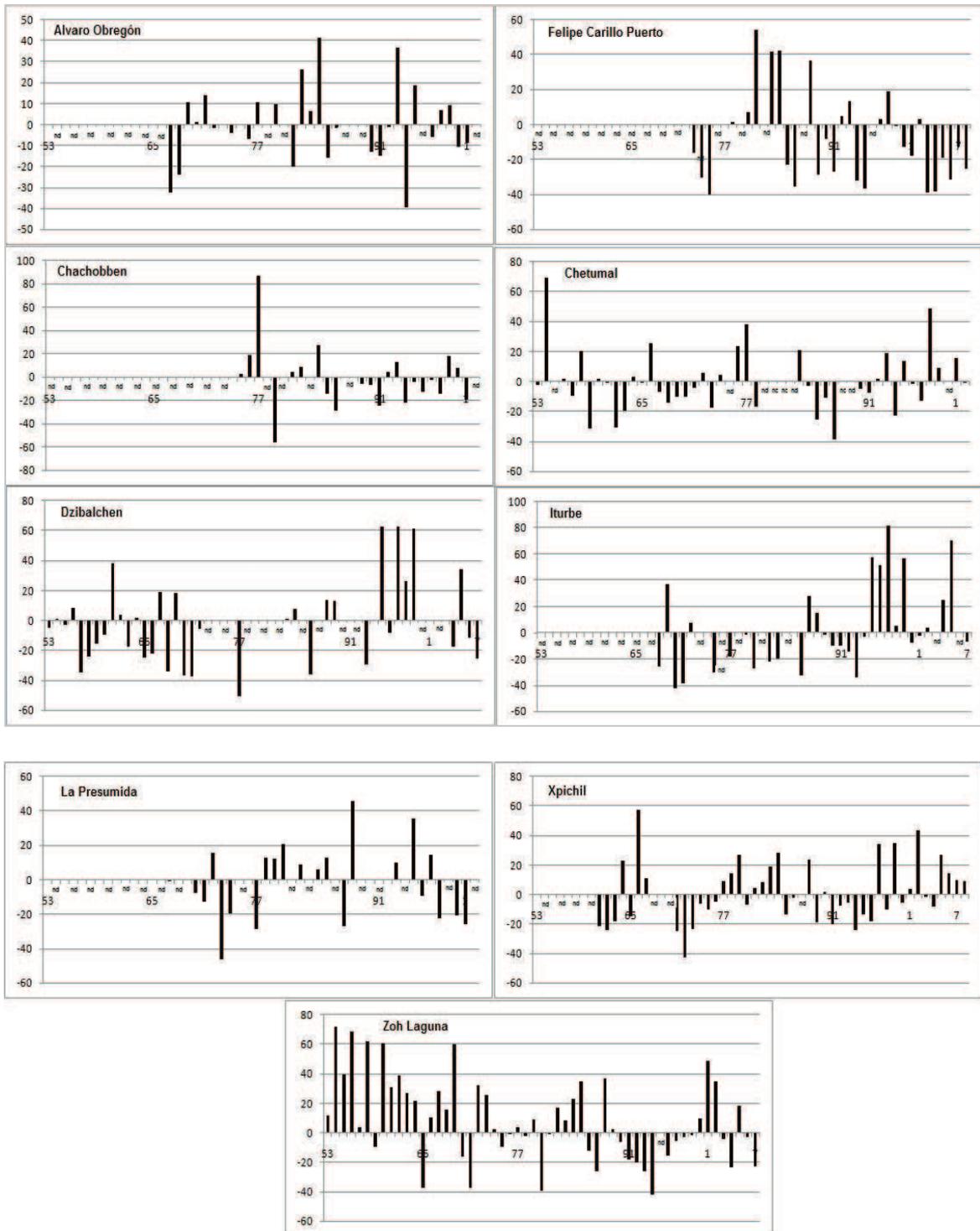


En la figura 3 podemos observar que marzo representa el mes más seco, con una precipitación menor a 25 mm y septiembre el mes más lluvioso con alrededor de 170 mm. Durante la estación lluviosa se observa la presencia de la canícula (presentada en la gráfica con el color más oscuro) durante los meses de Julio y Agosto.

Anomalías de la precipitación anual y estacional

El análisis de las anomalías (Fig. 4) muestra que 1986 y 1994 son los dos años en los que la mayoría de las estaciones meteorológicas presentan las mayores anomalías negativas de la precipitación anual. En el año 1986, 4 de las 9 estaciones analizadas muestran los mayores valores de anomalías negativas: Chetumal (-42%), Iturbide (-44.7%), Dzibalchen (-67%) y Carrillo Puerto (-72.1%).

Figura 4. Anomalías de la precipitación anual en las 9 estaciones meteorológicas, periodo 1953 - 2007



Durante el año 1994, los mayores valores de anomalías negativas se registraron en Xpichil (-37.3%), Zoh Laguna (-45.9%), Chachobben (-52%) y Alvaro Obregon (-54%). La estación La Presumida presentó los mayores valores de anomalías negativas en 1992, donde registró -45%.

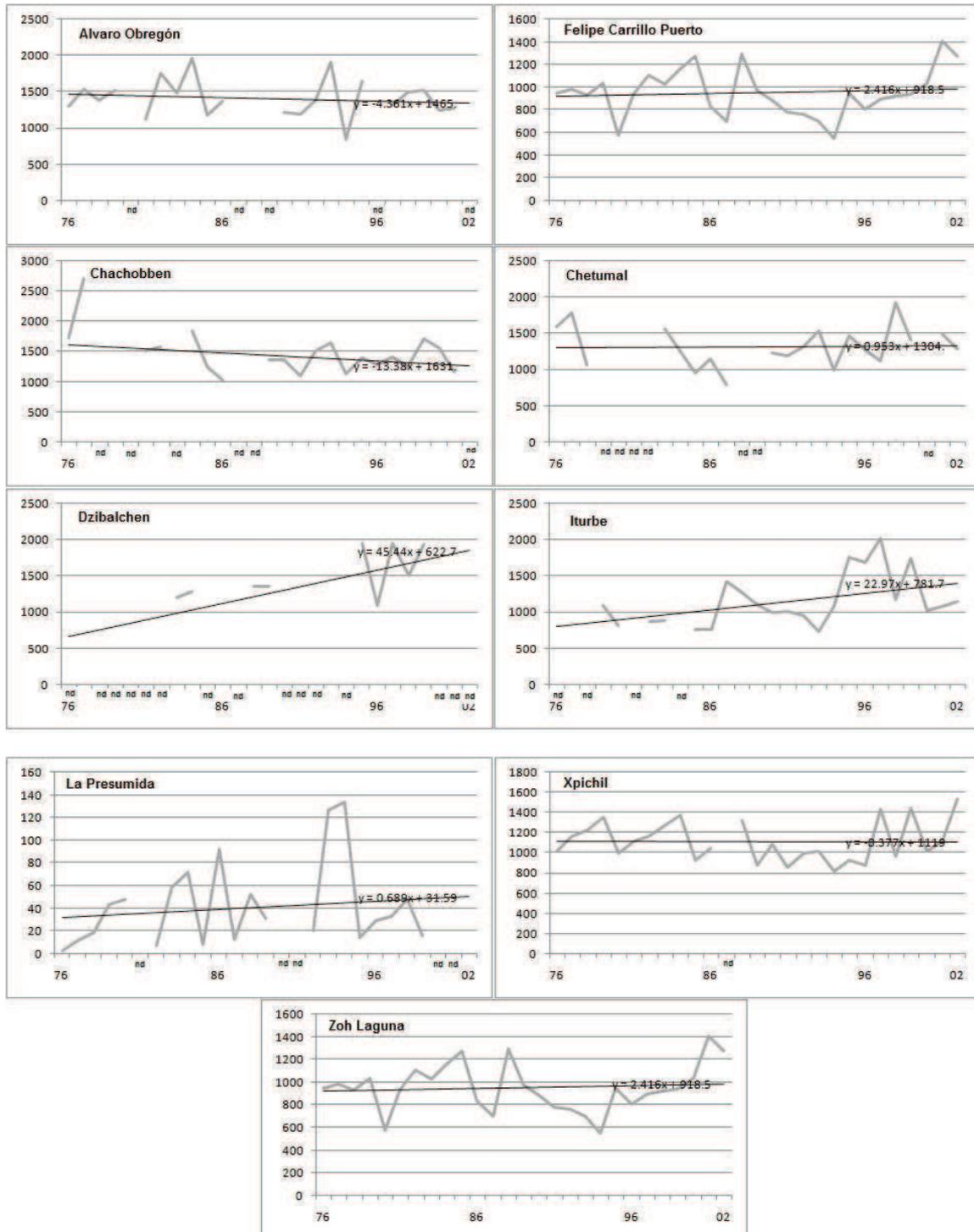
De este modo, los años 1986 y 1994 presentaron los mayores valores de anomalías negativas de precipitación anual para todas las estaciones excepto La Presumida. Estos resultados serán reafirmados más adelante mediante la categorización de las sequías utilizando el método de quintiles.

Análisis de Tendencias

Tendencias anuales

Las tendencias de precipitación anual (Fig.5) muestran que la parte Este (cercana a la costa) presenta el mayor coeficiente de disminución (-13 mm/año), mientras que las estaciones ubicadas en la zona centro de la Península registran una precipitación estable, y la región Oeste de la zona de estudio (Iturbe y Dzibalchen) presentan un aumento significativo en la precipitación promedio anual, sin embargo, estos resultados podrían estar influenciados debido a que esas estaciones cuentan con el mayor número de vacíos en sus datos. Estos resultados muestran un gradiente de tendencias en la zona, que varía desde una disminución de las lluvias anuales cerca a la costa, y que van estabilizándose en el centro de la Península hasta un aumento significativo de la precipitación en las estaciones de la zona occidental. Este patrón espacial puede observarse también en la Figura 8a

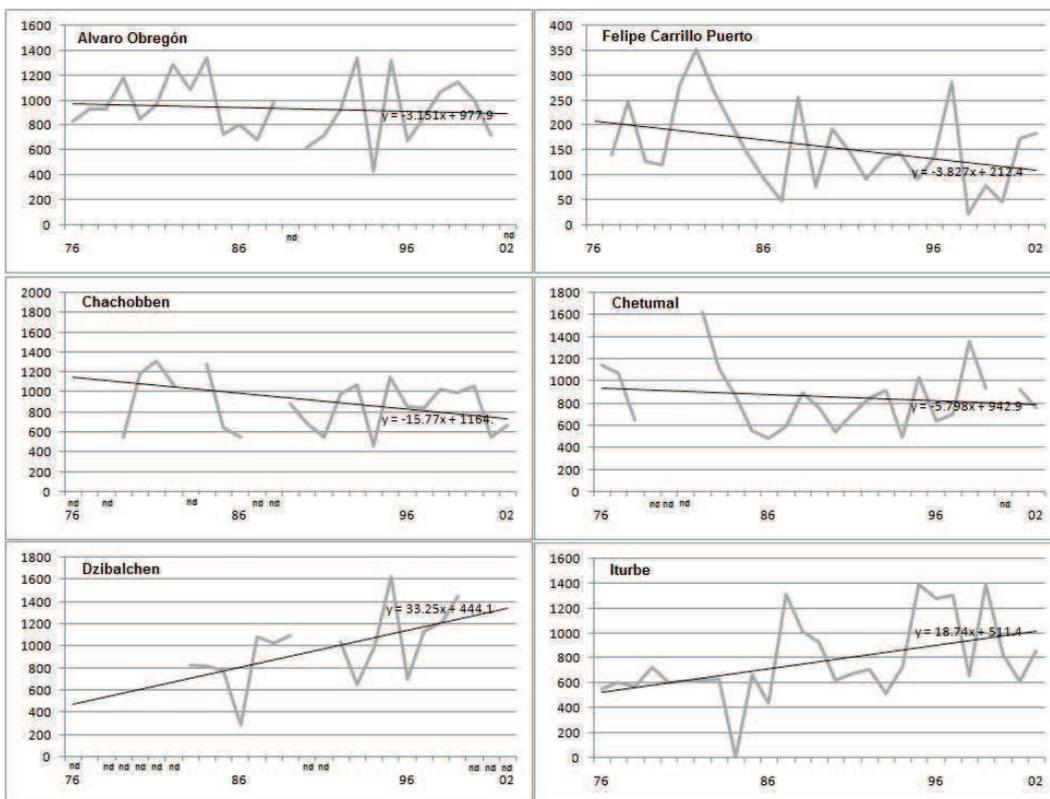
Figura 5. Tendencias anuales de precipitación de las 9 estaciones de la zona de estudio, periodo 1973 - 2002

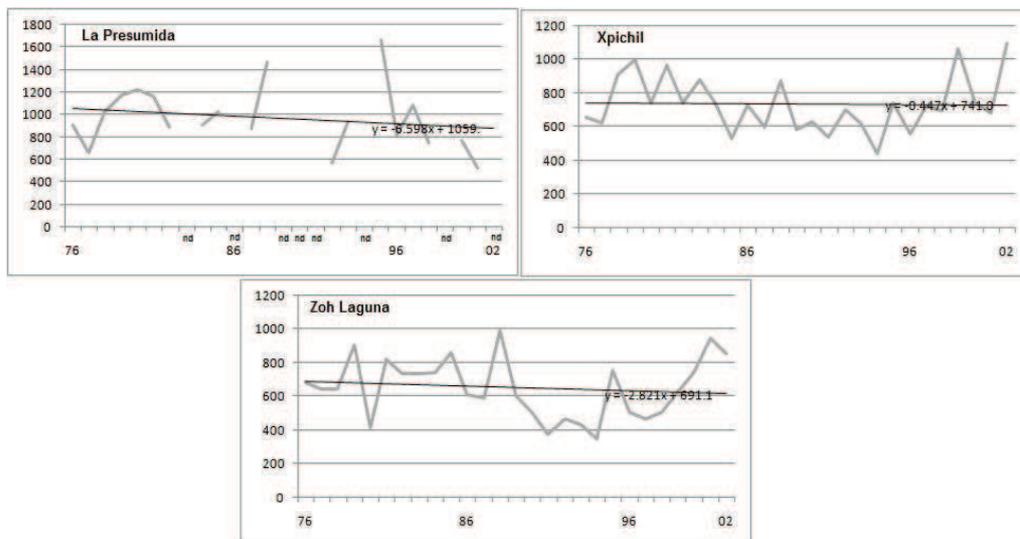


Tendencias durante la estación lluviosa

Las tendencias de precipitación de la estación lluviosa (Figura 6 y Figura 8b) indican que la estación lluviosa es la que muestra las mayores tendencias negativas, comparadas con la precipitación anual y la estación seca. Se observa una disminución de precipitación a través de los años en la mayoría de estaciones, localizadas en la zona Centro y Este, con tendencias negativas de hasta -15.78 mm (estación Chachobben). Solamente dos estaciones (Iturbe y Dzibalchen) ubicadas en la zona Oeste muestran un aumento de la precipitación a través de los años.

Figura 6. Tendencias de precipitación de la temporada lluviosa (Jun – Oct) de las 9 estaciones de la zona de estudio, periodo 1973 - 2002





Tendencias durante la estación seca

Durante la temporada seca (Fig. 7 y Fig. 8c), la precipitación en la mayoría de la zona de estudio se ha mantenido estable, a excepción de las estaciones ubicadas al Este y cercanas a la costa las que presentan una ligera disminución de lluvias.

Figura 7. Tendencias de precipitación de la estación seca (Febrero – Abril) de las 9 estaciones de la zona de estudio, periodo 1973 - 2002

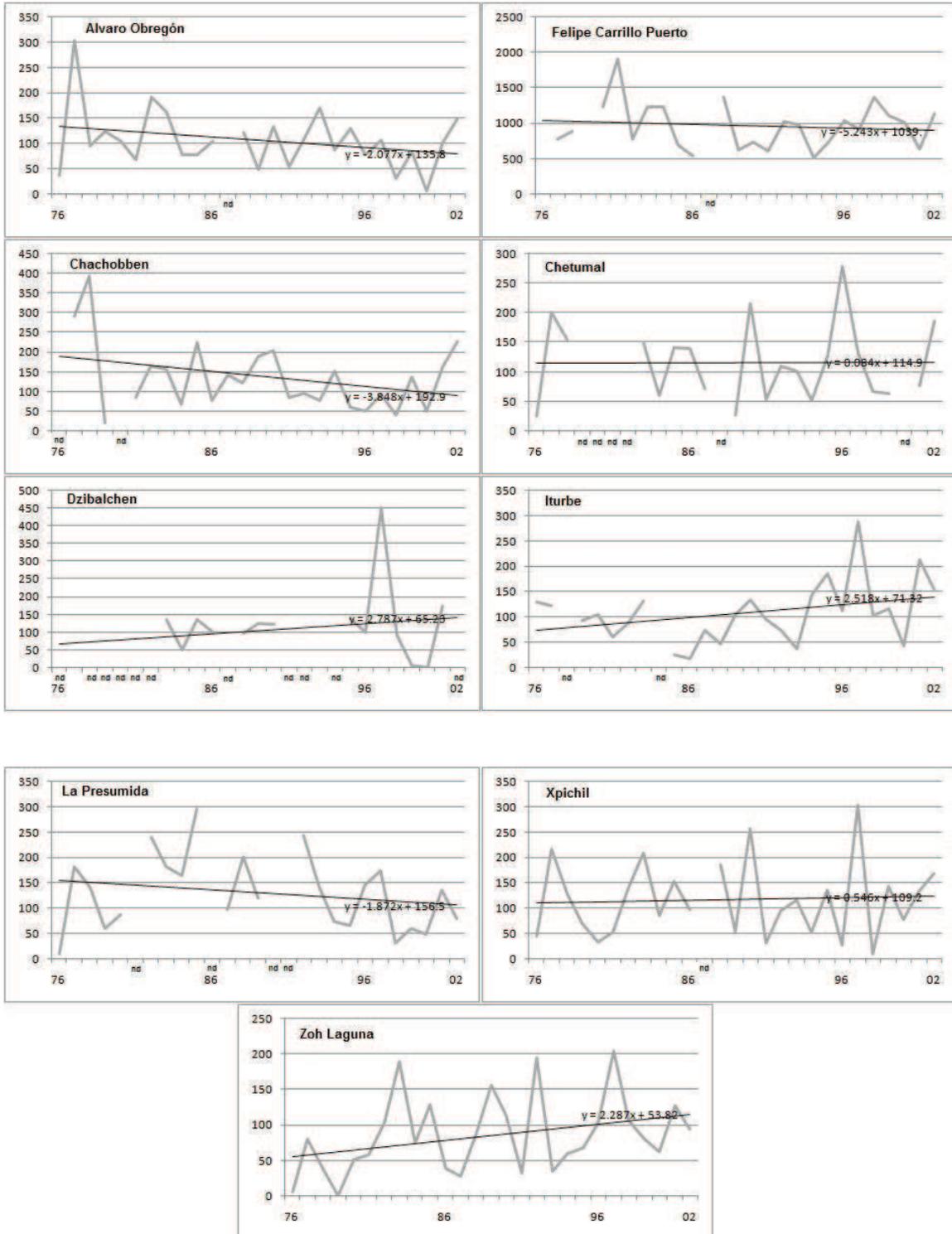
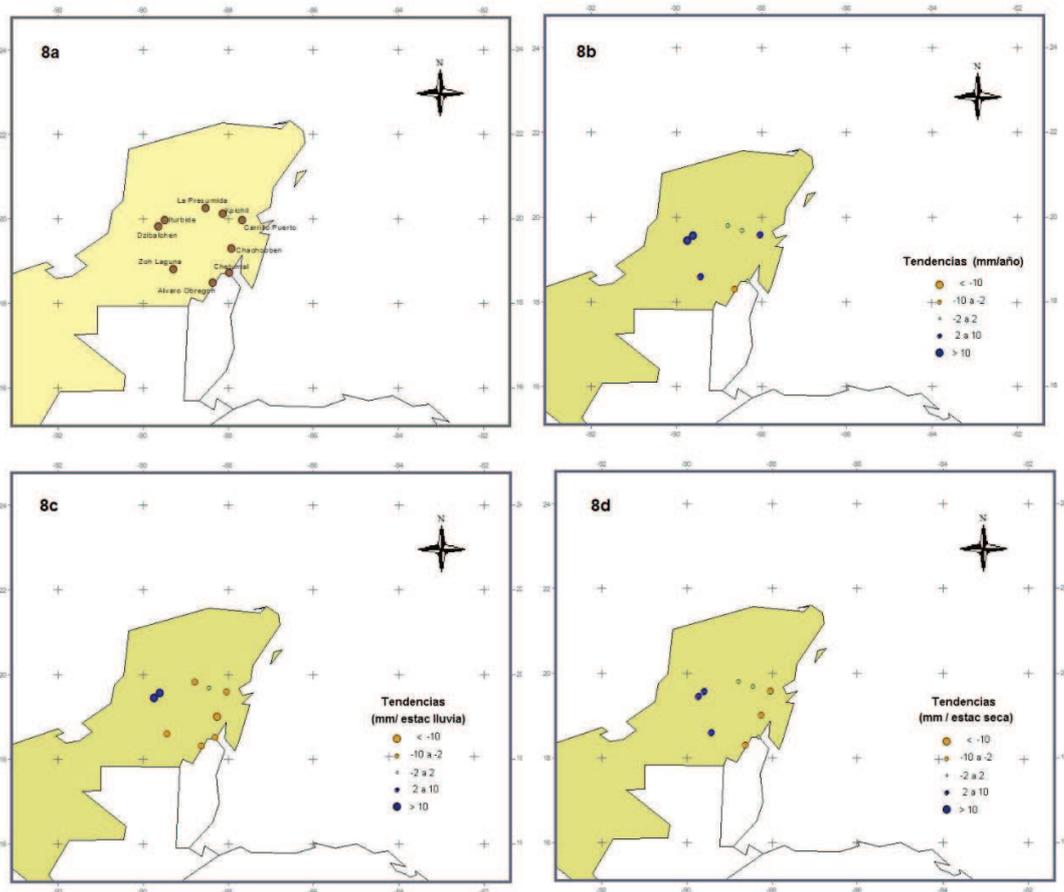


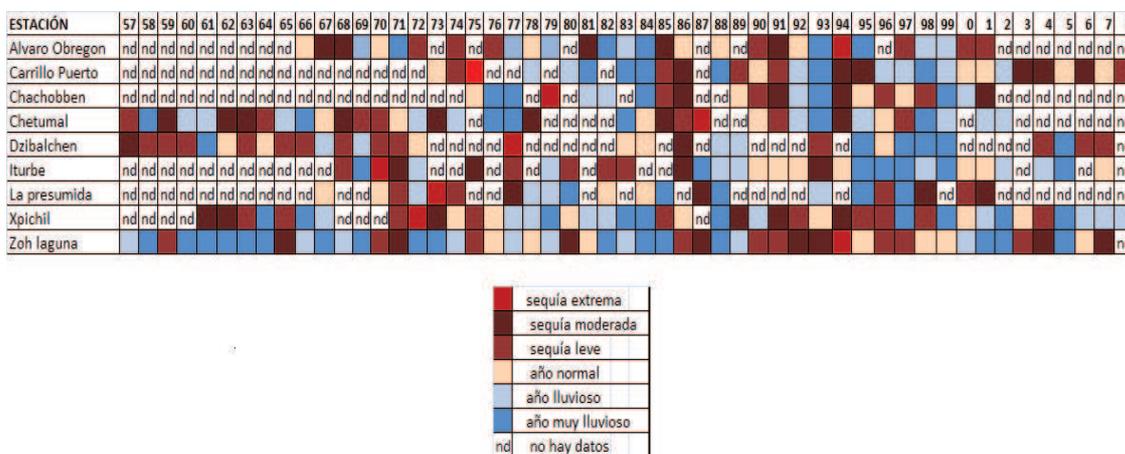
Figura 8. Mapas de las estaciones (a) y tendencias de la precipitación (b) anual, (c) temporada lluviosa y (d) temporada seca en la zona de estudio para el periodo 1973 – 2002



Clasificación de las sequías en la zona de estudio

El método de los quintiles nos permitió identificar y clasificar las sequias a través de los años (Fig. 9). Las sequías extremas se registraron en los años 1970 – 1973, 1985 – 1987 y 1994 – 1995. Durante la estación lluviosa, las sequias ocurrieron principalmente en los años 1986 y 1994 para 8 de las 9 estaciones.

Figura 9. Clasificación de las sequias en base al método de los quintiles, teniendo en cuenta la precipitación anual



En la estación Zoh Laguna se puede observar plenamente las categorías de la precipitación, debido a que es la única estación que no presenta ningún vacío en sus registros. En esta estación podemos observar un cambio en la ocurrencia de sequias a través de los años, siendo frecuente encontrar años lluviosos o muy lluviosos en los años previos a 1989, y una mayor frecuencia de sequias en los años posteriores a 1989.

DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran una gran variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones en el Sur de la Península de Yucatán durante el periodo 1953-2007. Los mayores valores de precipitación y anomalías se observan en la costa, debido a la cercanía al mar, lo cual hace que los vientos alisios transporten masas de aire húmedo y caliente principalmente en la época de verano, y van disminuyendo gradualmente en dirección hacia el Centro-Oeste de la zona. En gran parte de la zona de estudio se observa una reducción de la precipitación a través de los años, especialmente en la época de lluvias, que llega hasta valores de -16 mm/año en la estación Chachobben. Los años de sequias extremas

identificados a través del método de los quintiles son 1970, 1972, 1973, 1975, 1977, 1979, 1987 y 1994.

Los motivos principales de la disminución de la precipitación en la zona podrían ser diversos, y podrían o no estar relacionados al Cambio Climático antropogénico surgido gradualmente desde la revolución industrial (Wisner *et al.*, 2007). Muchos investigadores (Heller y Mani 2002; Wisner *et al.*, 2007; Burgin y Berdegué 2009), establecen como principal causa el Cambio Climático Global, refiriéndose generalmente al Calentamiento Global, que podría tener una relación inversa o directa con la disminución de lluvias, dependiendo de las características climáticas y ambientales de cada región. Por otro lado, a partir del Siglo XXI, se habla de una posible relación entre el oscurecimiento global, definido como la disminución de la radiación solar que llega a la superficie debido al aumento de aerosoles en la atmósfera y el aumento de las sequías en algunas regiones. Una menor fuente de energía solar significaría menores cantidades de evaporación y por lo tanto una disminución de lluvias; en el caso de la región del Yucatán, podría tratarse de un aumento de aerosoles debido a los incendios forestales que podrían generar una reducción de la radiación solar en la región (Stanhill y Moreshet, 2004; Liepert, 2002). Otro factor a considerar en la disminución de las lluvias es la deforestación, que provoca una menor fuente de evapotranspiración para producir la humedad y formación de nubes y por ende una disminución en la precipitación (Shukla *et al.*, 2008). Werth (2002) afirma que la deforestación adicionalmente podría provocar una disminución de la radiación neta en la superficie debido al aumento del albedo. Un aumento en el albedo produce una disminución de la radiación neta que provoca una menor evaporación. Estas disminuciones de la

radiación neta y de la evaporación podría causar una disminución en las precipitaciones (Shinjiro *et al.*, 2000).

Sin embargo, hay quienes afirman que la variabilidad de las precipitaciones ha sido una constante en la historia climática de la Península. Algunos investigadores como Mendoza *et al.*, (2006) afirman que las sequías siempre han estado presentes en la vida de los pobladores de la zona Maya, que abarca los estados de Quintana Roo, Campeche, Chiapas, Tabasco y Yucatán en México, en los países Centroamericanos Belice, Guatemala, Honduras y el Salvador. Los libros del Chilam Balam²⁸ contienen registros que datan del imperio Maya sobre la ocurrencia de sequías en términos de su relación con hambrunas, migraciones, guerras y demás catástrofes, ya que probablemente los Mayas no hicieron registros de precipitación, ni de ningún otro parámetro físico (Yoav Me – Bar *et al.*, 2003). Sin embargo, ya sea que exista actualmente un aumento de las sequías en la zona o no, las tendencias de precipitación sí mostraron ir a la baja en la mayoría de las estaciones. Diversos estudios sobre escenarios de cambio climático actuales y futuros para el país en general (Hernández *et al.*, 2007) y para la Península en particular (Orellana *et al.*, 2009) muestran que gran parte de la Península presenta un Índice de Severidad de Sequía que va desde *fuerte* en la zona centro y Sur hasta *severo* en la zona Noroeste y proyectan que la intensidad de este fenómeno se incremente en la mayoría de los escenarios.

A pesar de que en el presente artículo nos basamos en la sequía meteorológica, es indispensable que en las futuras investigaciones se haga mayor énfasis en la sequía socioeconómica, ya que la mayor importancia en el estudio de la ocurrencia de las sequías

²⁸ **Chilam Balam** es el nombre de varios libros que relatan la historia de la civilización maya escritos en lengua maya, por personajes anónimos, durante los siglos XVII y XVIII, en la Península de Yucatán y que tomaron el nombre de la población en donde fueron, cada uno de ellos, escritos.

radica en los efectos que éstas tienen sobre la población. Conocer cómo las sequías afectan a la población y las acciones de adaptación de los diferentes grupos sociales ante sus efectos es un paso fundamental hacia el diseño de políticas de mitigación, socorro y programas de apoyo ante desastres (Endfield *et al.*, 2002).

Este estudio es un aporte a mejorar el conocimiento de la variabilidad espacial y temporal de la precipitación de la región, lo cual es esencial en la evaluación del cambio climático y los recursos hídricos de la región, y sirve de base a diversas disciplinas asociadas al estudio de las actividades como la agricultura, la conservación de recursos, y la adaptación de la población a la ocurrencia de sequías.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Gordon y Betty Moore (Financiamiento #1697) por el presupuesto otorgado para esta investigación, así como al Centro Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por la beca otorgada al primer autor para estudios de posgrado.

REFERENCIAS

- Amador, J. y E. Alfaro (2009), “Métodos de Reducción de Escala: Aplicaciones al Tiempo, Clima, Variabilidad Climática y Cambio Climático”, *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, vol. 11, pp. 39-52.
- change”. *Global Environment Chunp*, vol. 7, núm. 2, pp. 129-146.
- change”. *Global Environment Chunp*, vol. 7, núm. 2, pp. 129-146.

- Endfield, G. y I. Fernández (2002), “Decades of drought, years of hunger: Archival investigations of multiple year droughts in late colonial Chihuahua”, *Climatic Change*, vol. 75, pp. 391-419.
- Galindo, L. M. (2008), Economía del Cambio Climático en México. Informe Galindo. Síntesis. Gobierno Federal, SEMARNAT. México, D.F.
- García, E. (1988), Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. México, D. F.
- Gibbs, W. J. y J. V. Maher (1967), “Rainfall deciles as drought indicators”, *Bureau of Meteorology Bulletin*, vol. 48. Commonwealth of Australia, Melbourne.
- Hagman, G. (1984), Prevention better than cure: report on human and natural disasters in the Third World, Swedish Red Cross, Stockholm, Sweden.
- Hans, V. S. y F. W. Zwiers (1999), “Statistical Analysis in Climate Research”. Cambridge University Press. [<http://catdir.loc.gov/catdir/samples/cam032/98017416.pdf>: 25 de enero de 2011].
- Hare, F. K. (1991), “Contemporary climatic change: the problem of uncertainty. Ed. B. Mitchell, In: Resource Management and Development: Addressing Conflicts and Uncertainty”, Oxford University Press, Don Mills, England, pp. 8-27.
- Heller, S.P. y M. Muthukumara (2002), “La adaptación al cambio climático”. *Revista Finanzas & Desarrollo*, vol. 39, núm.1, pp. 29-31.
- Hernández-Cerda, M.E., L.A. Torres-Tapia y G. Valdez-Madero (2007), “Sequía Meteorológica”; *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 28-37.

- Hernández-Cerda, M.E., Carrasco-Anaya Germán y Alfaro-Sánchez Gloria. (2007). “Mitos y realidades de la sequía en México”. Temas selectos de Geografía de México. I. Textos monográficos. 6. Medio ambiente. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Climate change 2007: The physical science basis. Contribution on Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H. L. Miller. 1 – 996. New York: Cambridge Press University.
- Kanae, S., T. Oki y K. Musiake (2001), “Impacts of Deforestation on Regional Precipitation over the Indochina Peninsula”, *American Meteorological Society*, vol. 2, pp. 1-20.
- Kanae, S., T. Oki y K. Musiake (2001), “Impacts of Deforestation on Regional Precipitation over the Indochina Peninsula”, *American Meteorological Society*, vol. 2, pp. 1-20.
- Magaña, V., J. Amador y S. Medina (1999), “The Midsummer Drought over Mexico and Central America”, *Journal of Climate*, vol. 12, pp.1577-1588.
- Martín Vide, J y M. Barriendos Vallvé (1995), "The use of rogation ceremony records in climatic reconstruction: a case study from Catalonia (Spain)", *Climatic Change*, vol. 30, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 201-221.
- Martínez, J., A. Fernández y P. Osnaya (2004), “Cambio climático: una visión desde México”. SEMARNAT-INECOL, México, D.F.

- Me-Bara, Y. y F. Valdez (2003), “Droughts as random events in the Maya lowlands”, *Journal of Archaeological Science*, vol. 30, pp. 1599–1606.
- Me-Bara, Y. y F. Valdez (2003), “Droughts as random events in the Maya lowlands”, *Journal of Archaeological Science*, vol. 30, pp. 1599–1606.
- Méndez-González, J., J. Návar-Cháidez y V. González-Ontiveros (2007), “Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004)”, *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 65, del Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 38-55.
- Orellana, R., C. Espadas, C. Conde y C. Gay (2009), Atlas Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán. Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán y Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, Yucatán, México.
- Russell, C.S., D.G. Arey y R.W. Kates (1970), Drought and water supply. Johns Hopkins University Press. Baltimore, EE.UU.
- Sauchyn, D.J. (2004), The Paleoclimate Record. Section 2.3 (pp. 7-9) In: “Climate Variability and Change in Canada: Past, Present and Future” edited by Elaine Barrow, Barrie Maxwell and Phillippe Gachon. ACSD *Science Assessment Series*, núm .2, Meteorological Service of Canada, Environment Canada, Toronto, Ontario.
- Shukla, J., C. Nobre y P. Sellers (2008), “Amazon Deforestation and Climate Change”, *Science*, vol. 247, pp. 322-325.
- Smithers, J. y Barry (1997), “Human adaptation to climatic variability and
- Smithers, J. y Barry (1997), “Human adaptation to climatic variability and

- Stanhill G. Moreshet, S. 2004. "Global Radiation Climate Changes in Israel", *Climatic Change*, 22, 121-138.
- Valiente, O.M. (2001), "Sequías: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación", *Investigaciones Geográficas*, núm. 26, pp. 59–80.
- Valiente, O.M. (2001), "Sequías: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación", *Investigaciones Geográficas*, núm. 26, pp. 59–80.
- Werth, D. y R. Avissar (2002), "The local and global effects of Amazon deforestation", *Journal of Geophysical Research*, vol. 102, núm. 20, pp. 1-8.
- Wisner, B., M. Fordham, I. Kelman, B. Johnston, D. Simon, A. Lavell, H. Günter, U. Oswald, G. Wilches-Chaux, M. Moench y D. Weiner (2007), "Cambio Climático y Seguridad Humana".
[<http://www.desenredando.org/public/articulos/2007/clim-change/CCySH.pdf>:
6 de febrero de 2011].
- Wisner, B., M. Fordham, I. Kelman, B. Johnston, D. Simon, A. Lavell, H. Günter, U. Oswald, G. Wilches-Chaux, M. Moench y D. Weiner (2007), "Cambio Climático y Seguridad Humana".
[<http://www.desenredando.org/public/articulos/2007/clim-change/CCySH.pdf>:
6 de febrero de 2011].

ANEXO 3. NORMAS EDITORIALES REVISTA INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS

Normas para los autores

Investigaciones Geográficas es una revista científica mexicana de excelencia en el campo de la Geografía; publica en español, portugués e inglés trabajos originales que son sometidos a evaluación por un comité de expertos. Los autores deberán considerar estas normas, también disponibles en el portal del Instituto. Los escritos deben hacerse llegar al Editor Técnico del Boletín *Investigaciones Geográficas* en original y tres copias impresas y una versión digital, a la siguiente dirección:

Sección Editorial
Instituto de Geografía, UNAM
Ciudad Universitaria
Circuito de la Investigación Científica
Delegación Coyoacán
04510 México, D. F.
edito@igg.unam.mx

Los trabajos estarán acompañados de una carta donde el (los) autor(res) deberá(n) confirmar que se trata de un trabajo original que no ha sido publicado ni sometido a otra revista impresa o electrónica. Este comunicado debe ir firmado por todos los autores del artículo.

La extensión máxima de los trabajos es de 25 cuartillas tamaño carta incluyendo espacios, texto, resumen, notas, referencias, mapas, figuras, gráficas, tablas y cuadros, a doble espacio y con tamaño de letra de 12 puntos.

Una primera hoja, *no incluida en las 25 cuartillas antedichas*, llevará el título del trabajo, el nombre completo del (los) autor (es), adscripción institucional, dirección, teléfonos de contacto y correo electrónico, sin abreviaturas y en español. No debe añadirse ningún otro texto en esta hoja.

En la primera hoja de las 25 que constituyen el texto, debe aparecer, otra vez, el título del trabajo, sin el nombre de los autores. Inmediatamente abajo un resumen en español y otro en cualquiera de los idiomas siguientes: inglés, francés o portugués, que no superen las 200 palabras. Asimismo, dos espacios abajo de cada resumen se incluirán palabras clave que revelen la naturaleza del trabajo y cuyo número no supere seis.

A lo largo del escrito deben quedar claramente indicados los acápites referidos a introducción, las distintas secciones que constituyen el estudio, la secuencia de las figuras indicadas a lo largo del texto y las conclusiones. En la introducción aparecerá el objetivo del trabajo, la idea central de la investigación y la importancia del tema desarrollado. Se sugiere que la extensión de esta primera parte del texto no rebase las tres hojas. En caso de haber agradecimientos, éstos no ocuparán más de un solo párrafo, después de las conclusiones y antes de las notas. Las notas que acompañen al cuerpo principal del escrito se numerarán en forma progresiva. Se sugiere elaborar un número mínimo de notas y de corta extensión. Los mapas, fotografías y gráficas se denominan

“Figuras” y deben ser enviadas en formato digital y en archivos aparte del manuscrito. Si no se cuenta con los archivos digitales, deberán ser proporcionados los originales en “camara-ready” y tamaño carta. Por favor, numere todas las figuras. Las tablas y cuadros se numeran como “Tablas”. Las leyendas, pies

de figura o encabezados, deben ser ordenados en archivos aparte. Las fotografías y archivos *raster*, deben tener una resolución de cuando menos 300 dpi con un tamaño no inferior a 20 x 26 cm, en formato TIFF.

Cualquier otra ilustración deberá proporcionarse en archivos de *Corel Draw*, *Adobe Investigaciones Geográficas*, Boletín 72, 2010] [**185** *Illustrator* o *Freehand*. También se aceptan archivos en formato *Postscript* Encapsulado (EPS). Los mapas deben contar con: coordenadas, escala gráfica y leyenda explícita. Las fotografías pueden ser en blanco y negro. Se pueden enviar figuras a color; el costo será asumido por el(los) autor(es). Las ilustraciones, mapas y tablas que no reúnan dichos lineamientos no serán aceptados.

Las referencias bibliográficas deben aparecer al final del escrito, como sigue:

o **Publicación periódica:**

Córdoba y Ordóñez, J. y A. García de Fuentes (2003), "Turismo, globalización y medio ambiente en el Caribe mexicano", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 52, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 117-136.

o **Publicación no periódica:**

Luke Gallup, J., A. Gaviria y E. Lora (2003), *Is Geography Destiny?*, Lessons from Latin America, Stanford University Press/World Bank, Palo Alto, Calif., Washington D. C.

o **Fuentes electrónicas:** igual que las anteriores, pero al final se pondrá entre corchetes [la liga completa y la fecha de consulta], ejemplo:
Tort, J. (2004), "Hacia la geografía", *Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, vol. IX, núm. 538, 5 de octubre de 2004. [<http://www.ub.es/geocrit/b3w-538.htm>: 10 de octubre de 2004].

o **Disco compacto:**

Aguirre Sacasa, F. X. (2003), *Un Atlas histórico de Nicaragua/Nicaragua, An historical Atlas*, Colección Cultural de Centro América, [InForma/ Conservation Imaging Systems Inc.], edición bilingüe, Nicaragua [cd-rom]; INEGI (2000), *México en el siglo XX (panorama estadístico)*, México [cd-rom].

Dentro del cuerpo del trabajo se preferirá el sistema de referencia usado comúnmente por

diversas publicaciones internacionales: Ejemplo (Coll, 2003:75).

Las Notas y Noticias son aquellas dedicadas a la divulgación de sucesos, eventos académicos relevantes tanto de la Geografía regional, nacional e internacional, así como de perspectivas de interés geográfico, podrán tener una extensión de hasta tres páginas. Las Reseñas serán críticas y/o notas informativas sobre libros recientes tanto geográficos como de carácter interdisciplinario, de temas novedosos, de interés social y económico, del ambiente y de la tecnología geográfica, así como de la reflexión teórica, histórica y cultural del territorio. La extensión no rebasará de cuatro páginas. Los editores del Boletín se reservan el derecho de devolver los artículos que no cumplan con las Normas para los autores.