ALTERACIONES DE LOS INDICADORES AGROCLIMÁTICOS EN AÑOS CON PRESENCIA DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LA REGIÓN CENTRO-OCCIDENTE DE MÉXICO

Rebeca Granados Ramírez[1]
Genaro Aguilar Sánchez[2]
Gabriel Díaz Padilla[3]
María de la Paz Medina Barrios[4]

[1]Rebeca Granados Ramírez. Doctora en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. rebeca@igg.unam.mx.
[2]Genaro Aguilar Sánchez. Doctor en Geografía. Universidad Autónoma Chapingo, México. *agui_sge@hotmail.com*.
[3]Gabriel Díaz Padilla. Doctor en Ciencias del Agua y Medio Ambiente. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. diaz.gabriel@inifap.gob.mx.*
[4]María de la Paz Medina Barrios*.* Maestra en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico. *pazmedba@hotmail.com*

Resumen

Las variaciones climáticas, se han asociado a las alteraciones oceánicos-atmosféricos regionales; en México la presencia de fenómenos meteorológicos anómalos y/o severos se han relacionado con el Niño-Oscilación del Sur (ENOS). En los últimos años se han presenciado veranos más cálidos y secos; estas variaciones causan preocupación en el sector agropecuario por las bajas en la producción. El trabajo tiene el objetivo de investigar la variación espacial del temporal, acumulación de horas frío e incidencia de sequías en años catalogados bajo los efectos del fenómeno El Niño y su impacto en la producción agrícola de la región Centro-Occidente. Se analizaron las condiciones de la atmósfera prevalecientes durante la presencia de este evento, se calculó y analizó la normal histórica de algunos indicadores agroclimáticos entre ellos: la duración e inicio de la estación de crecimiento, acumulación de horas frío y sequía intraestival. Las variaciones de los elementos del clima han impactado históricamente a la producción agrícola en la región Centro-Occidente, en particular en los años con presencia de El Niño. Los indicadores agroclimáticos analizados mostraron disminución de precipitación, desfase del temporal y mayores extensiones afectadas por la sequía.

Palabras clave: El Niño, indicadores agroclimáticos, producción agrícola
Eje temático: VARIACIONES CLIMÁTICAS

Introducción

El clima es uno de los principales factores que influyen en el establecimiento de las plantas. El conocimiento y evaluación del clima es de vital importancia para el uso y manejo de los recursos naturales así como para la planificación de actividades agropecuarias y forestales. Dentro de los elementos climáticos, la temperatura y precipitación y sus indicadores son los que más influyen en el desarrollo de una especie y en la planeación de nuevas áreas agrícolas a desarrollar.

La región Centro-Occidente fisiográficamente ocupa la parte sur de la Altiplanicie Mexicana conocida como Meseta Central, misma que por las condiciones físico-geográficas favorables, junto con diversos acontecimientos histórico-económicos, dieron lugar a que alcanzará progresivo desarrollo económico. Dentro de las condiciones físicas, el clima templado predominante, favoreció dicho impulso. Desde el enfoque de la economía ecológica, los ecosistemas de zonas templadas se consideran de alta y moderada productividad económica, y desde la perspectiva de los "índices de confort", posee un clima en términos coloquiales "agradable", donde se asientan ciudades importantes, entre otras: Querétaro, Morelia, Toluca y Ciudad de México. En la región diversos recursos se han agotado y en cuanto al clima se han percibido cambios que afectan diversas actividades económicas, esto ha motivado a realizar nuevamente un diagnóstico del estado que guardan los recursos naturales y en cuanto a la temperatura y precipitación conocer su actual comportamiento y distribución en el espacio. Se expone la distribución y el comportamiento de indicadores derivados de la precipitación y la temperatura, mismos que en los últimos años causan mayor preocupación, ya que estos parámetros atípicos están ocupado mayor superficie y se tornan más severos; se analizó la intensidad de la sequía mediante el Índice Estandarizados de Precipitación para determinar en la región Centro – Occidente si existe déficit o exceso de humedad y su variación en años con presencia del fenómeno El Niño; igualmente la Duración del Período de Crecimiento (DPC) e Inicio del Período de Crecimiento (DPC) de forma normal histórica y los cambios registrados en años donde se presentaron variaciones oceánicas y atmosféricas y el último indicador derivados de las temperaturas -las horas frío-es de vital importancia, ya que la acumulación de esta variable es elemento útil para la ampliación o apertura de nuevas áreas frutícolas. Los índices agroclimáticos son importantes en la toma de decisiones operativas regionales para establecer fechas de siembra, introducción de cultivos de

menor período de desarrollo, variedades resistentes a sequía, a las bajas temperaturas, cambiar la ubicación de los cultivos de zonas susceptibles a granizada, entre otros.

El Niño/Oscilación del Sur

El fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS), se presenta cuando ocurre un calentamiento anómalo de las aguas superficiales del Este del Pacífico Ecuatorial que se extiende hasta la línea Internacional del tiempo (180°W) (Jaimes, 1999; Pereyra-Díaz *et al.,* 2004; Magaña (Editor), 2004). Históricamente, el ENSO se ha presentado a intervalos irregulares de 2 a 7 años con una duración de 1 a 2 años, aunque recientemente ha ocurrido con mayor frecuencia de 3 a 4 años con una duración de 12 a 18 meses (Magaña (Editor), 2004; Silva, 2008).

En México, El Niño tiene serias repercusiones. De manera general, se puede decir que las lluvias de invierno se intensifican y las de verano se debilitan. En la zona centro y norte del país se incrementan los frentes fríos en invierno, mientras que en verano aparece la sequía y disminuye el número de huracanes en el Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México (Magaña *et al.,* 1998).

En los últimos 50 años han ocurrido 12 eventos El Niño (Magaña (Editor), 2004), siendo el de 1997-1998 el más intenso con anomalías positivas de temperatura superficial del mar en el extremo oriental del Océano Pacífico Ecuatorial de hasta 5-6°C (Jaimes, 1999; Magaña (Editor), 2004).

En un año normal, el clima invernal en la República Mexicana es parcialmente regulado por frentes fríos y lluvias invernales, principalmente en el norte del país (Magaña (Editor), 2004). Cuando uno de estos sistemas logra alcanzar latitudes bajas, se le denomina “norte” que en términos generales se refiere al resultado de la acumulación de aire frío en latitudes medias, e intensos gradientes meridionales de presión en la troposfera baja, que resulta en irrupciones de aire frío hacia los trópicos (Hastenrath, 1991).

En la región del centro y sureste mexicano, el impacto de El Niño en el clima invernal está fuertemente relacionado con la actividad de los Nortes, cuyo número e

intensidad al parecer se ve afectado por los cambios en la circulación atmosférica media. En inviernos El Niño, la corriente de chorro de latitudes medias, que es en donde se encuentran inmersos los ciclones se desplaza hacia el sur, provocando una mayor incidencia de frentes fríos y lluvia en el norte y centro del País (Magaña *et al.,* 1997). La anómala presencia de frentes fríos de manera continua durante inviernos El Niño, provoca que las temperaturas en gran parte del país se presenten por debajo de lo habitual, llegando en ocasiones a producirse nevadas en lugares en donde esto no ocurre en condiciones normales, como las ocurridas en 1997 en Jalisco, Guanajuato y el Distrito Federal como resultado de El Niño (Magaña (Editor), 2004).

Análisis de Indicadores Agroclimáticos (horas-frio)

La mayoría de las plantas, principalmente aquellas de regiones templadas experimentan en algún momento de su ciclo vital periodos durante los cuales su crecimiento queda temporalmente suspendido o al menos retardado, es entonces cuando se dice que las plantas se encuentran en dormancia, lo cual representa un medio de defensa ante los factores climáticos adversos (Devlin, 1982; Hopkins y Hüner, 2009; Calderón 1993).

El concepto de horas-frío es de particular importancia en la fruticultura, debido a que en México se cultivan una gran variedad de caducifolios de importancia económica y alimentaria para el país. Las horas-frío se refieren al número de horas que pasa la planta, durante el periodo de reposo invernal, a temperaturas iguales o inferiores a una umbral, siendo frecuente que esta temperatura umbral se fije en 7ºC.

El conocimiento de dichos requerimientos es vital en la planeación frutícola de de una zona en particular. Cuando se pretende lograr el establecimiento de un cultivo caducifolio, lo primero que se debe conocer es la cantidad de horas-frío que se presentan en la zona elegida, ya que de no cumplirse los requerimientos de la variedad escogida, los árboles no florecerán o no lo harán en tiempo y forma, lo que implica daños importantes a la producción o incluso la necesidad de aplicar técnicas que compensen la falta de frío, como productos químicos, lo que si bien tiene buenos resultados, genera un gasto mayor para sacar adelante la producción.

En la región Centro-Occidente de México, se encuentran zonas desde 0 horas frío, hasta zonas superiores a las 1000 (Figura 1).

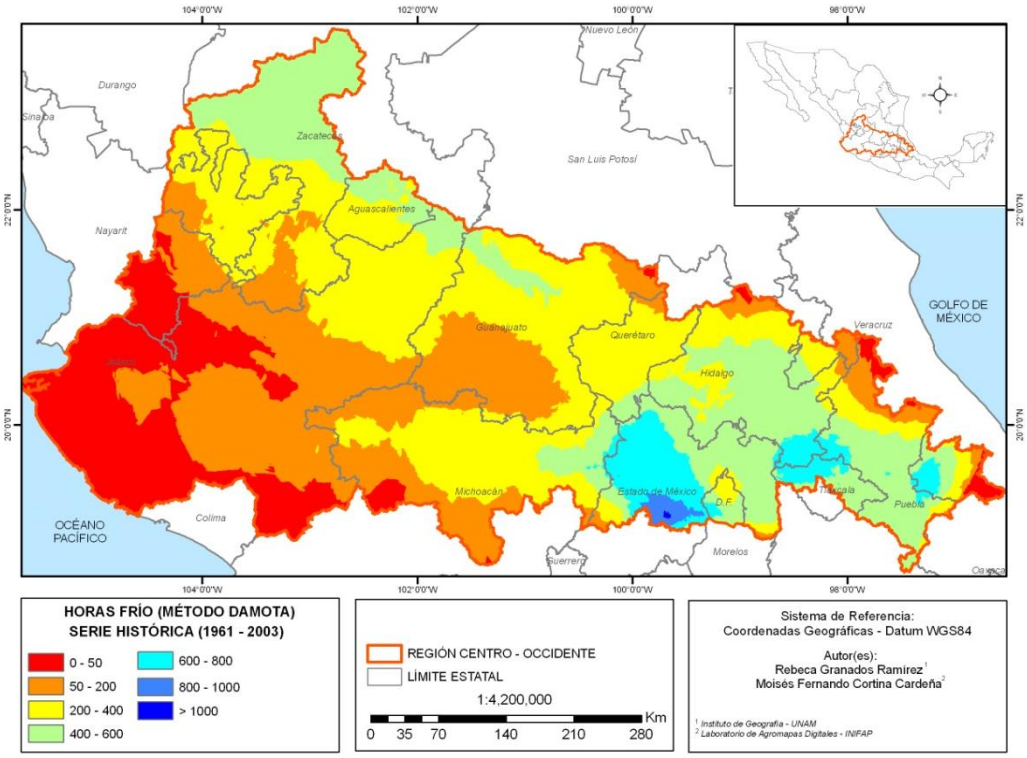

Figura 1. Distribución de las horas-frio Históricas (1961-2003) de la región Centro-Occidente de México (Método Da Mota).

Efectos de El Niño en la ocurrencia de horas-frío

Se habla mucho del impacto que El Niño ejerce en el aumento o disminución de la precipitación, sin embargo, poco se ha tratado del efecto de dicho fenómeno en la temperatura.

Como ya se mencionó, en México el verano El Niño provoca que las lluvias de la mayor parte del país disminuyan, principalmente en el centro del país. La disminución de nubes permite que una mayor cantidad de radiación entre a la atmósfera y llegue a la superficie, lo que ocasiona que se registren temperaturas por encima de lo normal en gran parte del territorio nacional. Por el contrario durante los inviernos El Niño se presentan temperaturas menores a lo normal (Conde, 2009). Además, la disminución en la cantidad de humedad sobre el altiplano central, resulta en un mayor enfriamiento radiactivo y heladas inesperadas sobre el centro de México.

De esta forma, se presenta una mayor ocurrencia de horas-frío en el centro de México (Figura 2) en comparación con las horas-frío históricas para la misma zona. Las zonas de 0-50 horas-frío disminuyen, así como también lo hace la zona de 400-600 horas-frío, ya que más regiones son ocupadas por los intervalos de 200-400 y 600-800 horas-frío.

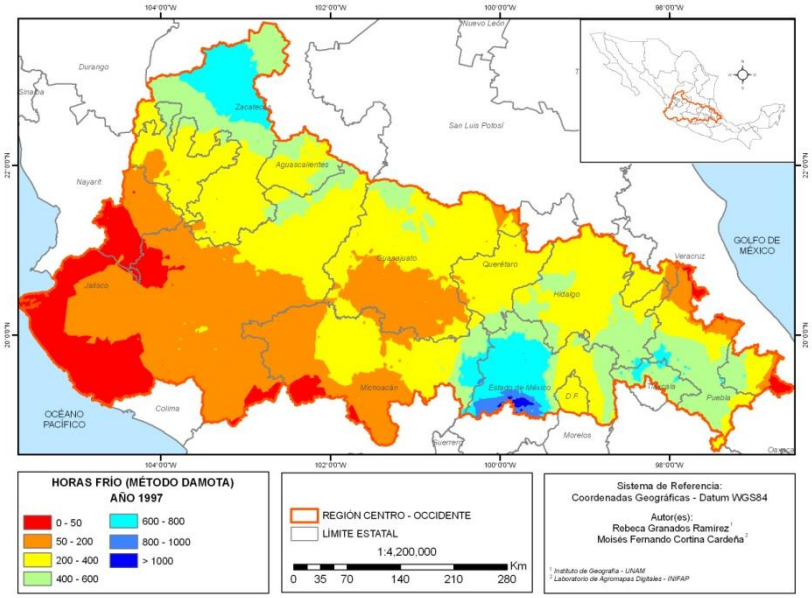

Figura 2. Distribución de las horas-frío en la región Centro-Occidente en el año 1997 (Método Da Mota)

Duración del Período de Crecimiento

Los cambios de los elementos del clima, están asociados a variaciones cíclicas del sistema climático a nivel mundial y regional, y por ende tienen relación directa con: la Duración del Período de Crecimiento (DPC) e Inicio del Período de Crecimiento (IPC) en las diferentes regiones de México. La DPC se refiere al número de días en el año, en los cuales existe disponibilidad de agua y temperatura favorables para el desarrollo de un cultivo. Se calculó y analizó la normal histórica de la DPC e IPC e igualmente en los años reportados con presencia de El Niño, con el propósito de analizar su comportamiento y sugerir algunas medidas de adaptación para reducir en lo posible las pérdidas en la producción agrícola.

Se cuantificó la duración de los períodos de crecimiento (DPC) año con año de 426 estaciones que integran la región Centro-Occidente de México, información procedente de INIFAP. (2006), cuyo resultado promedio lo denominamos histórico

normal del período de crecimiento. A partir de la adaptación a la fórmula de Pájaro (1989), se obtuvo el indicador promedio del Inicio del Período de Crecimiento (IPC) y específicamente los años con presencia de El Niño.

Mediante herramientas de análisis espacial, se interpolaron los IPC y los DPC para generar el mapa a nivel histórico normal del período 1961 – 2003 y años seleccionados. El IPC, se clasificó cada 15 días y el DPC en grupos de 30 días (Macmillian, 1974).

La región en estudio presentó once zonas con diferente DPC desde 30-60 hasta 330-364 días (grupos 3 al 13). Los rangos cinco y seis fueron los que ocuparon mayor extensión. El área con DPC de 120-150 días ocupó 30% de la superficie de la región Centro-Occidente. Zonas agrícolas tales como: Bajío de Michoacán, Valle de Toluca, Tulancingo, Llanos de Apan entre otros; posibilitan el establecimiento, desarrollo y crecimiento de variedades de largo período (Figura 3). Respecto al rango 90-120 días, ocupó el 23% de áreas agrícolas correspondientes: Bajíos en Guanajuato, llanos de Ojuelos en Guanajuato, Valle de Querétaro, zonas agrícolas de Texcoco, Zumpango, Cañón de Bolaños y la región de Arandas, Jalisco, entre otras. Estas zonas agrícolas se caracterizan por el uso de variedades que se adaptan a este período de crecimiento.

En 1982 y 1997 y la precipitación fue inferior a la normal, la distribución en el espacio y tiempo, presentó diferencias considerables respecto a la normal, las lluvias se presentaron avanzado el verano, ejemplo en 1997 las lluvias se establecieron hasta julio. Los grupos de DPC en 1982 y 1997 se redujeron a 9 en ambos casos, desaparecieron los correspondientes a 300-330, 330-364 días o sea, que fueron años menos húmedos en relación al normal histórico. Los grupos de 30-60 y 60-90 días ocuparon mayores extensiones (pasaron de 1 y 13 % a 13 y 27% respectivamente en 1982) reafirmándose la falta de precipitación en dichos años (Fig 4).

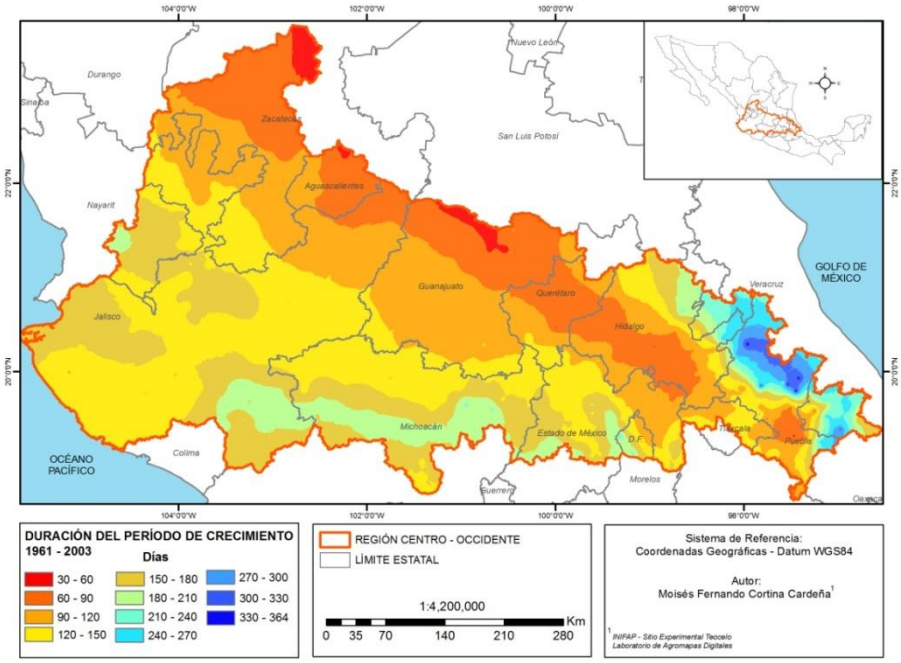

Figura 3. Duración del Período de Crecimiento 1961-2003

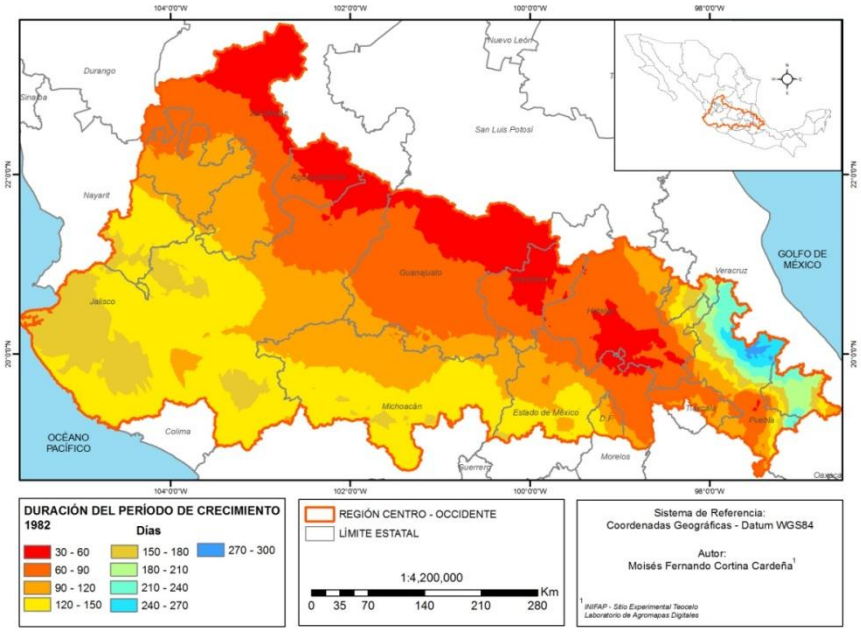

Figura 4. Duración del Período de Crecimiento 1982

Inicio del Período de Crecimiento histórico y en años El Niño

El indicador IPC histórico se presentó en rangos de 15 días, se obtuvieron nueve diferentes zonas, desde aquellas que inician sus actividades del 1-15 de marzo (área occidental perteneciente al buffer de 40 km.) hasta 1-15 julio en zonas agrícolas del centro- norte del estado de Zacatecas y NW de Aguascalientes, áreas que por su ubicación al interior del continente reciben precipitaciones reducidas y en forma tardía.

La mayor extensión la ocupó el grupo de la quincena 11, mismo que corresponde al día 155-166 del calendario Juliano, fecha que corresponde al 1-15 de junio, ocupó el 35 % de la superficie (Figura 5). Área importante con 29 % de ocupación es el grupo de la quincena 12 que corresponde del 16 a 30 de junio. En general la región Centro- Occidente posee condiciones favorables de humedad para iniciar el período de crecimiento a partir del 1 de junio, fecha en que se ha establecido el verano o sea la época de lluvias. Ambas áreas suman 64% del total de la región cuyas tierras agrícolas poseen condiciones de humedad propicias para sustentar cultivos de temporal: frijol y maíz, entre otros, cuyas variedades recomendadas son: Bayomex, Canario 101, Flor de Mayo-Bajío, Flor de Mayo M-38, Mayocoba, Negro Querétaro 78, entre otros, con un ciclo de cultivo de 90-100 días. (SAGARPA, 2010).

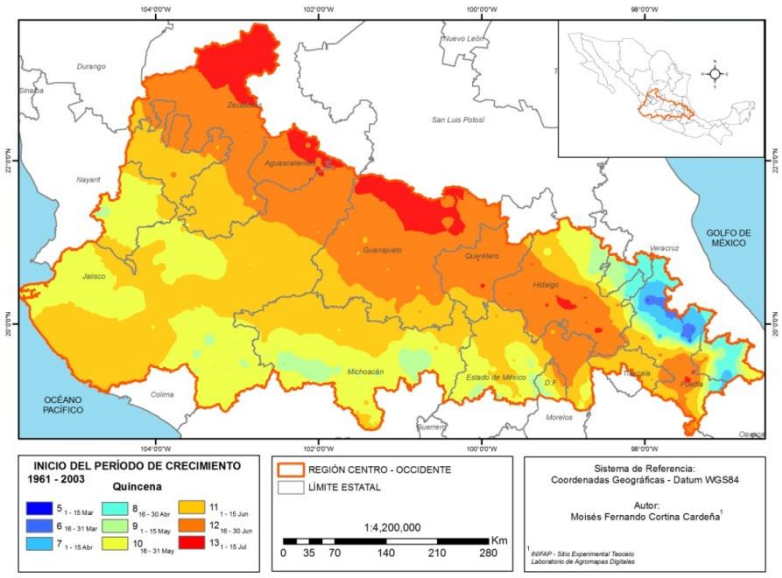

Figura 5. Inicio del Período de Crecimiento 1961-2003

El área que ocupó IPC rango 10 (16 al 31 de mayo), en 1982 presentó decremento de aproximadamente 15%, respecto a la normal, lo cual afectó la temporalidad de la precipitación para los cultivos de la Sierra Norte de Puebla, que es la provincia más húmeda de toda la región Centro-Occidente.

Extensas áreas agrícolas en la región Centro- Occidente inician en forma normal sus actividades del 1-15 junio, en 1997 por la variabilidad de la precipitación por efecto de El Niño las labores agrícolas sufrieron corrimiento de 15 días hasta un mes, se inició el ciclo a partir de la quincena 12 (16 a 30 de junio), situación que modificó la DPC y los cultivos básicos fueron afectados por heladas tempranas, como ocurrió en la Mesa Central de Guanajuato e importantes áreas agrícolas de temporal del Valle de Toluca y Bajío Michoacano; principalmente en cultivos básicos.

Estas afectaciones regionales también se presentaron a nivel país, misma que muestra la superficie siniestrada de maíz en México, para el período histórico 1980-2008, y los efectos ocurridos en los años El Niño. En 1982 se reporto 38% y para 1997 el 23% de superficies con siniestro (Fig. 6).

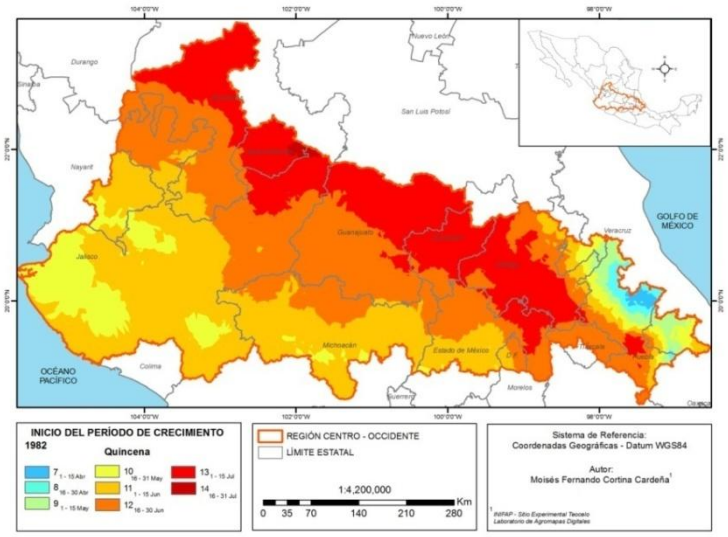

Figura 6. Inicio del Período de Crecimiento 1982

El Índice Estandarizado de Precipitación, SPI, por sus siglas en inglés (Standardized Precipitation Index), fue desarrollado por (Mckee *et al.,* 1993), para determinar si en una región y en un periodo determinado hay déficit o exceso de precipitación respecto a las condiciones normales (Hayes *et al.,* 1999; Komuscu, 1999 y Tadesse *et al*., 2004); el método se destaca por su rapidez, gran aproximación en el análisis de sequía, simplicidad y requerimiento mínimo de datos lo que hace al método ideal para ser utilizado.

Por ello el propósito del presente es mostrar la aplicación de técnicas estadísticas de avanzada en la evaluación de la bondad de ajuste de la precipitación a la distribución Gamma, métodos de interpolación espacial con mapas de errores y la aplicación de los resultados obtenidos a una aproximación de la evaluación de periodos de sequía y excesos de humedad utilizando para esto el SPI.

Se realizaron cálculos probabilísticos más precisos de la incidencia de precipitación, se generaron mapas continuos al 70, 80 y 90 por ciento de probabilidad, se observó la variación de los parámetros de forma y escala de la distribución Gamma, así como identificar las zonas que han sido afectadas por periodos de sequía o exceso de humedad en la región Centro-Occidente de México, y mediante el SPI hacer una valoración histórica de la incidencia de sequías.

Respecto a la asociación de sequías extremas con años Niño o Niña, se puede indicar que 1982 fue uno de los años más desastrosos de la agricultura en México, y como se aprecia en la gráfica, el valor del SPI captó de forma ligera la presencia del fenómeno en dicho año, sin embargo la sequía de 1994 no se reporta como evento Niño o Niña, por lo que se requerirían estudios más profundos al respecto.

Lo que es importante destacar, es la alternancia de años secos seguidos de años húmedos y húmedos seguidos de secos que al parecer es un patrón de comportamiento de la precipitación en estas zonas los cuales se han venido de más a menos en los últimos años. Magaña y Morales (2004) señalan que el evento Niño más intenso fue el ocurrido entre los años 1991 y 1995, el cual, fue registrado perfectamente por el SPI como sequía extrema.

La distribución espacial del SPI durante el año 1982 demostró que más del 50 por ciento de la superficie nacional se vio afectada por sequía severa demeritando las bondades hipotéticas de los programas nacionales promulgadas en esa época (Figura 7).

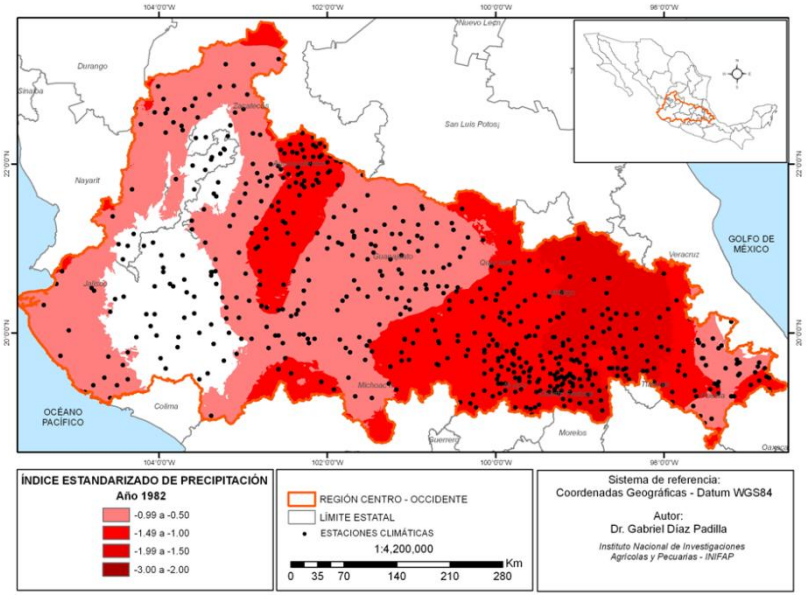

Figura 7. Índice Estandarización de Precipitación, bajo condiciones del fenómeno de El Niño del año 1982.

Las causas fueron desastrosas para el país como lo demuestra la Figura 8, en la cual se aprecia que cerca del 40 por ciento de la agricultura de temporal sembrada con maíz fue declarada como siniestrada a causa, principalmente, de la intensa sequía.

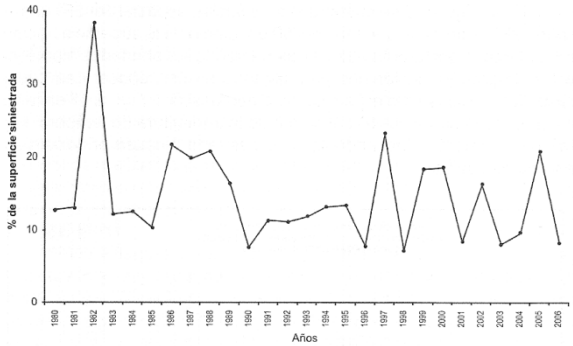

Figura 8. Registro histórico de superficie siniestrada de maíz de temporal en México.

Como ya se apuntó anteriormente, se realizó la interpolación espacial de los valores de SPI a nivel nacional para el periodo 1961-2003, y para dos periodos de temporalidad: anual y mayo-octubre. La serie histórica de dichos mapas, puede consultarse en el sitio del Laboratorio de Agromapas Digitales (LADIGS, 2010).

Conclusiones

La acumulación de frío para los frutales caducifolios es un factor limitante para la floración y en consecuencia, para la obtención de frutos para el consumo humano. Dicha acumulación de frío se ve afectada por diversos factores. El fenómeno de El Niño trae como consecuencia una serie de alteraciones en el clima a escala global tanto en los patrones normales de lluvia como de temperatura. Uno de estos cambios es la variación en la presencia de frío, teniéndose para México que este tiene un aumento, y por consiguiente se presenta una mayor acumulación de horas-frío. Sin embargo, la presencia de heladas inesperadas provocadas por el mismo fenómeno, representa un gran peligro para la producción, sobre todo por la etapa fenológica de la planta en que se presente.

Esta situación ha generado que actualmente se realicen mas investigaciones con la finalidad de entender y hasta cierto punto, predecir este fenómeno, con base en esto se ha comenzado a emitir pronósticos sobre la ocurrencia y evolución de El Niño. Esto resulta de gran importancia para la planeación agrícola, no sólo en México, sino en todo el mundo por los efectos de largo alcance que se producen en años Niño. La idea de esto es no solo poder prepararse para contrarrestar los impactos negativos del fenómeno, sino también para conocer cuáles serán las condiciones climáticas imperantes y de esta forma considerarlas como un elemento adicional de planeación y con esto obtener algún provecho.

Los incendios forestales producidos en la primavera de 1998 como consecuencia de la fuerte sequía del 97 y que provocaron una de las más severas catástrofes ecológicas y sociales en la historia del país, son solo un ejemplo de los serios problemas que acarrea El Niño. Inundaciones, Aumento de Enfermedades transmitidas por vectores, pérdidas económicas cuantiosas, todo esto, además del

inminente daño a la producción agrícola y frutícola, son situaciones asociadas a este fenómeno.

Por tal motivo, resulta de gran importancia comenzar a trabajar más en modelos que permitan el pronóstico, si no exacto, si muy aproximado y a largo plazo para definir de una manera más adecuada cuales serán los impactos de El Niño y de esta forma poder contrarrestarlos en cierta medida.

Referencias

Calderón, E. 1993, *Fruticultura general. El esfuerzo del hombre,* Editorial Limusa, México.

Conde, 2009, El Niño, La Niña y la Oscilación del sur, Página de internet. http://www.atmosfera.unam.mx/cclimatico/boletin/Boletin_ENSO09.pdf

Devlin, R. 1982, *Fisiología Vegetal,* 4ª Edición, Ediciones Omega, S. A., Barcelona, 517 pp.

Hastenrath, S., 1991, Climate Dynamics of the Tropics, Ed. Kluwer Academic Press, 488 pp. Página de internet. http://books.google.com.mx/books?id=3kbj46xFpnkC&printsec=frontcover&source=gbs_v2_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Hayes, M. J.; Svoboda, M. D.; Wilhite, D. A. and Vanyarkho, O. V. 1999. Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. Bulletin of the American Meteorological Society 80: 429-438.

Hopkins, W. y N. Hüner 2009, *Introduction to plant physiology,* 4ª Edition, John Wiley & Sons, Inc., United States of America, 503 pp.

INIFAP. (2006) Estadísticas Climatológicas Básicas (período 1960-2003), para los Estados de: Aguascalientes, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Consultadas en página de internet http://www.agromapas.inifap.gob.mx/. 3 de agosto 2010.

Jaimes, E. 1999, Condiciones meteorológicas a nivel global y local, Cambio Climático y "El Niño 1997-98, En Taranzona, J. y E. Castillo (Editores), El Niño 1997-98 y su impacto sobre los Ecosistemas Marino y Terrestre. Rev. Perú. Biol. Vol. Extraordinario: 1-8, Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM, 1-8 pp. ISSN 1561-0837.

Komuscu, A. U. 1999. Using the SPI to analyze spatial and temporal drought patterns in Turkey. Drought Network News 11(1):7-13.

Laboratorio de Agromapas Digitales (LADIGS). 2010. Página de Internet. http://www.agromapas.inifap.gob.mx

Macmillian. (1974). The National Atlas of Canada. Published by the Macmillian Company of Canada. Canada.

Magaña, V., J. L. Pérez, C. Conde, C. Gay, S. Medina 1997, El fenómeno de El Niño y la Oscilación del sur (ENOS) y sus impactos en México, Departamento de meteorología General, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Página en internet.
http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cclimatico/doc_pdf/nino.pdf

Magaña, V. J.L. Pérez y C. Conde, 1998, El fenómeno de El Niño y la Oscilación del sur y sus impactos en México, Revista Ciencias, Julio-septiembre 51. 14-18pp.

Magaña, V. (Editor), 2004, Los impactos del Niño en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación, México, 229 pp.

Magaña R., V. O. y Morales, C. 2004. Los impactos de El Niño en México. In: Magaña R., V. O. (ed.). Pembu. México, D. F. México. 229 p.

McKee, T. B.; N. J. Doesken and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth conference on applied climatology, American meteorology society, Jan 17-23, Anaheim CA., pp. 179-186.

Pájaro, H. D. y Ortiz S. C. (1989). Estimación del periodo de crecimiento por disponibilidad de agua y libre de heladas para la República Mexicana. Memorias de la Segunda Reunión Nacional de Agroclimatología. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de México, México.

Pereyra-Díaz, D., U. Bando, M. A. Natividad 2004, Influencia de La Niña y El Niño sobre la precipitación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México, Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz 20(39):33-38 pp. Página en internet. http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia

SAGARPA. (2010). Boletín de Variedades Recomendadas para los Estados de: Aguascalientes, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. Ciclo Agrícola de PRIMAVERA-VERANO 2003. Comité Consultivo de Variedades de Plantas. Dirección General de Vinculación y Desarrollo Tecnológico. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Consultados en página de internet:
http://www.sagarpa.gob.mx/v1/agricultura/pages/sust/bol_vrec.htm. 13 de julio 2010.

Silva, E. 2008, Efectos del cambio y variabilidad climáticos en el cultivo de soya (*Glycine max* (L.)) en el municipio de González, Tamaulipas, Tesis de licenciatura en Geografía, Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 142 pp.

Tadesse, T., D. A. Wilhite, S. K. Harms, M. J. Hayes and S. Goddard. 2004. Drought monitoring using data mining techniques: A case study for Nebraska, USA. Natural Hazards 33(1):137-159.