

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS IMPACTOS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO. ESTUDIOS DE CASO.

Cecilia CONDE ÁLVAREZ¹, Rosa María FERRER PERDOMO², Francisco ESTRADA PORRÚA¹, Alejandro MONTERROSO RIVAS¹, Guillermo ROSALES DORANTES¹, Carlos GAY GARCÍA.

¹ *Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.*

² *Consultora externa, Universidad Nacional Autónoma de México*

conde@servidor.unam.mx

RESUMEN

Los más recientes proyectos sobre cambio climático realizados en México han permitido evaluar los impactos de un posible cambio climático en las producciones regionales de café y maíz. En particular, se realizaron estudios sobre los impactos de la variabilidad y el cambio climáticos en localidades específicas de los estados de Veracruz y Tlaxcala.

Se aplicaron métodos estadísticos para el análisis del clima actual y del pasado reciente, específicamente se analizaron los eventos climáticos que provocaron pérdidas importantes en los cultivos. Para ello, se utilizaron los “espacios de amenaza climática”, metodología desarrollada por los autores, y que permite relacionar los eventos climáticos extremos con los grandes desastres agrícolas regionales. Aún más, permitieron detectar si otros factores (sociales, económicos, institucionales) tuvieron más peso en la construcción de esos desastres que el clima regional.

Se incluyeron también la percepciones espacial y temporal que tienen los productores regionales en cuanto a los cambios en el clima, en el uso de suelo y en los recursos naturales. Para capturar esas percepciones se realizaron entrevistas en profundo y grupos focales. El propósito fundamental fue el asegurar la participación activa de los productores durante la reconstrucción histórica de los eventos climáticos extremos y en el análisis de las causas de la vulnerabilidad y capacidad adaptativa al cambio climático.

Para evaluar los impactos del cambio climático, se generaron escenarios de cambio climático regionales utilizando las salidas de varios modelos de circulación general, ante diferentes escenarios de emisiones y para diferentes horizontes a futuro. Estas salidas se introdujeron en modelos de impacto agrícola, validados para las condiciones actuales (Ceres – Maize, ecuaciones de regresión multivariadas). Los resultados de estos modelos fueron utilizados como posibles escenarios de producción agrícola en el futuro.

Estos estudios mostraron que fue fundamental a) incluir a las partes interesadas regionales, b) reconstruir la historia de los desastres en la agricultura de temporal en las regiones de interés, c) generar una gama amplia de escenarios de cambio climático que capturen las incertidumbres del clima futuro, y d) que los modelos de simulación agrícola reproducen los impactos de la variabilidad climática y por tanto son una herramienta importante para la evaluación de los impactos potenciales en condiciones de cambio climático.

Palabras clave: Cambio climático, impactos en la agricultura, modelos agrícolas, espacios de amenaza climática, percepción de partes interesadas.

ABSTRACT

Recent studies on climate change in Mexico have assessed the possible impacts of climate change on regional production of coffee and maize. Particularly, studies of potential impacts of climate change and variability were developed in the states of Veracruz and Tlaxcala.

For these studies, statistical methods have been applied to analysed current and past climate, specifically those climatic events that have caused important crop losses. For this purpose, "climatic threat spaces" were used to relate climatic extreme events to agricultural regional disasters. Moreover, this tool allowed us to detect other stressors (social, economical, institutional) that had more weight in the construction of those disasters.

In those studies, producers' spatial and temporal perceptions of regional climate, land use and natural resources changes were included. To capture those perceptions, focal groups and in depth interviews were applied. The main purpose of those techniques was to guarantee the active participation of agricultural producers in the historical reconstruction of climatic extreme events and the analysis of the sources of vulnerability and adaptive capacity to climate change.

To assessed the impacts of climate change, climate change scenarios were generated using several outputs of general circulation models, under different emission scenarios and for different time horizons. Those outputs were introduce in agricultural models (Ceres – Maize, multivariate regression models). The results of those models were use as possible agriculture production future scenarios.

These case studies showed that is fundamental to: a) involve regional stakeholders, b) reconstruct the history of disasters of rainfed agriculture in the regions under study c) generate a broad range of climate change scenarios to capture uncertainties associated to future climate, and d) agriculture models can reproduce the impacts of climate variability and therefore are a useful tool to assess the potential impacts of climate change conditions.

Key words: Climate change, impacts on agriculture, agriculture models, climatic threat spaces, stakeholders' perceptions.

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura de temporal en México es una actividad que entraña alto riesgo climático. En la historia de la producción agrícola en México las sequías han sido el evento climático que más ha siniestrado los cultivos básicos, como el maíz.

Estudios previos (CONDE et al, 1999) han demostrado que la intensidad y la duración de las sequías en México han estado asociadas a fuertes eventos de El Niño, una de las más importantes fuentes de variabilidad climática en el país. FLORESCANO (1980) y JÁUREGUI (1995) realizaron una reconstrucción histórica de las sequías más severas en México, y el segundo autor relacionó la severidad de la sequía desde 1524 y sus efectos con la intensidad del evento de El Niño. Resaltan los años previos a la independencia de México (1810) y de la revolución mexicana (1910-1917), por la agudización que las sequías han tenido en los conflictos sociales del país.

En un estudio realizado a nivel nacional (GAY et al, 2004), se comprobó que es la sequía el evento que sigue produciendo la mayor parte de las pérdidas agrícolas. Hay que añadir que prácticamente toda la década de los noventa, en donde las condiciones de El Niño de 1991 a

1996 sometieron a las regiones norte y centro-norte del país a severas y prolongadas condiciones de sequía. Los fuertes eventos de El Niño de 1982-1983, y 1997-1998 provocaron intensas sequías en prácticamente todo el territorio nacional.

El estudio de la variabilidad climática y los impactos de los eventos extremos que han producido graves pérdidas en la agricultura provee información muy importante para las evaluaciones de los posibles impactos del cambio climático en la agricultura del país. Si bien para la reconstrucción histórica de estos eventos la información climática puede ser escasa o de calidad dudosa (BRAVO et al), pueden utilizarse técnicas participativas como son los grupos focales (CONDE et al, 2006; GAY et al, 2006a) en los que los productores analizan los eventos climáticos que más les han afectado y detectan los años o periodos críticos. También existen en América Latina inventarios de desastres (La Red, 2004) a partir de fuentes hemerográficas, que nos permiten analizar cuáles fenómenos climatológicos han afectado a la agricultura en las regiones de interés.

Los espacios de amenaza climática (CONDE, 2003, CONDE, et al, 2008) son una herramienta que nos ha permitido realizar esa reconstrucción con las partes interesadas y con la información de desastres recopilada. En ellas sobresalen los años críticos para la agricultura, por lo que pueden asociarse esos años con las pérdidas agrícolas, pero también sobresalen los años en los que el clima no fue un factor relevante y sin embargo se dieron grandes siniestros en la producción. Lo anterior permite entonces iniciar el análisis de las causas sociales y económicas (otros forzantes) que pudieron determinar dichas pérdidas.

Los espacios de amenaza climática también permiten establecer los umbrales críticos para los cuales los cultivos no pueden resistir (umbrales de tolerancia) las variaciones en temperatura y precipitación.

Con estos antecedentes, los datos climáticos validados se introducen en los modelos de simulación agrícola y modelos econométricos (CONDE et al, 2006; GAY et al, 2006b) de maíz y café, respectivamente. Para analizar los posibles impactos del cambio climático en esos cultivos se utilizan también los umbrales de tolerancia, con lo que la proyecciones de las futuras pérdidas agrícolas pueden ser discutidas con las partes interesadas en las regiones de estudio.

El análisis de posibles medidas de adaptación puede iniciarse con los productores agrícolas en los grupos focales, para evaluar aquéllas que en el pasado han sido exitosas, y determinar cuáles podrían ser las aplicables en el futuro, dados los resultados de los impactos ante el cambio climático obtenidos con los modelos de simulación agrícola. Esto permitiría evaluar la viabilidad de esas medidas.

2. ESTUDIO DE CASO: TLAXCALA

Dentro del proyecto “Fomento de Capacidades para la Etapa 2 de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba” (CONDE et al, 2006) se aplicaron los métodos sugeridos por el Marco de Políticas de Adaptación (APF, por sus siglas en inglés; LIM et al, 2005), particularmente los referidos a involucrar a las partes interesadas en los estudios de cambio climático (CONDE y LONSDALE, 2005). En los talleres participativos y grupos focales, se concluyó que las amenazas climáticas más relevantes en el estado de Tlaxcala (centro

del país, en el altiplano mexicano) son: las heladas, la sequía y las lluvias torrenciales. La investigación reportó que los más vulnerables a esas condiciones climáticas son los productores de maíz de temporal, en donde la población joven está migrando, y el campo cuenta con productores de más de 60 años, o bien mujeres (GAY et al,). También se analizaron los espacios de amenaza climática para el caso del maíz de temporal (en la figuras 1 se muestra un ejemplo para la primavera: marzo, abril y mayo, MAM), y con modelos de simulación agrícola se reprodujeron los impactos de El Niño en esta producción y se simularon condiciones de cambio climático.

Así, durante la primavera se presentan como amenazas climáticas el retraso en el inicio de lluvias y las llamadas heladas tardías. Puede observarse en la figura 1a que durante el año 1998 se presentaron las condiciones más amenazantes para la agricultura de temporal (baja en la temperatura mínima, precipitaciones por debajo del 50% de lo normal).

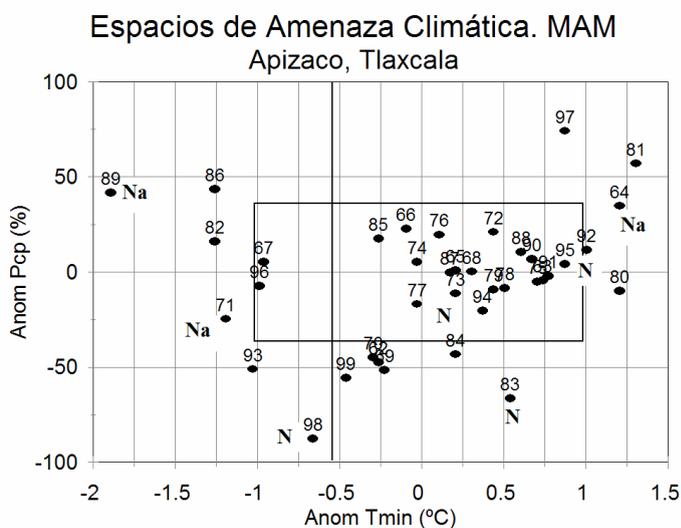


Figura 1. Espacio de amenaza climática para la primavera (marzo, abril y mayo, MAM), considerando las anomalías de temperatura mínima y de precipitación para el municipio de Apizaco, Tlaxcala. El rectángulo representa el rango intercuartílico con respecto al promedio 1961 – 1990. N representa evento de El Niño (como el de 1983 – 83 – en la gráfica), y Na representa eventos de La Niña.

El análisis anterior debe enmarcarse dentro de los requerimientos específicos del cultivo del maíz, es por ello que dentro de estos espacios de amenaza climática deben introducirse estos requerimientos, para evaluar si las anomalías climáticas podrían constituirse en un riesgo para la producción de este grano (figura 2). Este rango indica que la temperatura mínima durante la primavera no puede bajar menos de 0.5 °C, que la precipitación no puede ser menor que el 30% ni mayor que el 50% (por riesgo a la erosión hídrica).

El modelo de simulación agrícola empleado para este estudio fue el Ceres – Maize (Jones et al, Ferrer, 1999; Conde et al). Para condiciones de eventos de El Niño muy fuertes (1965-1966; 1972-1973; 1982-1983; 1986-1987; 1991-1992; 1997-1998; figura 3) se observa que el modelo reproduce las pérdidas observadas en la región.

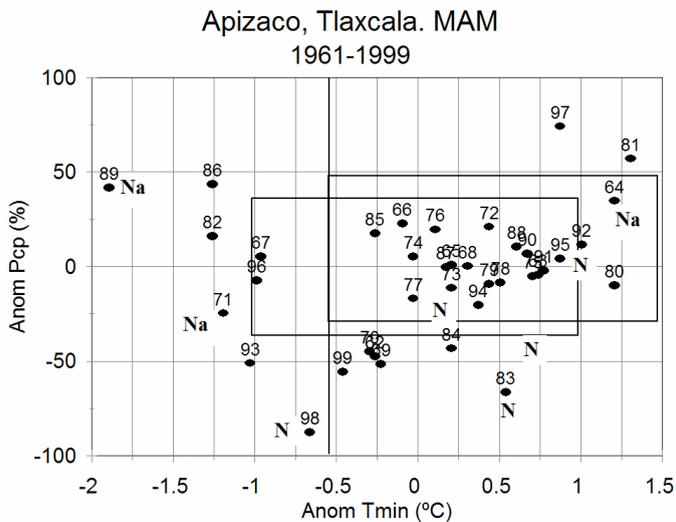


Figura 2. Espacio de amenaza climática para el maíz de temporal. El rango (rectángulo exterior) no coincide plenamente con la caja que describe las desviaciones estándar con respecto a las normales climáticas (1961 – 1990).

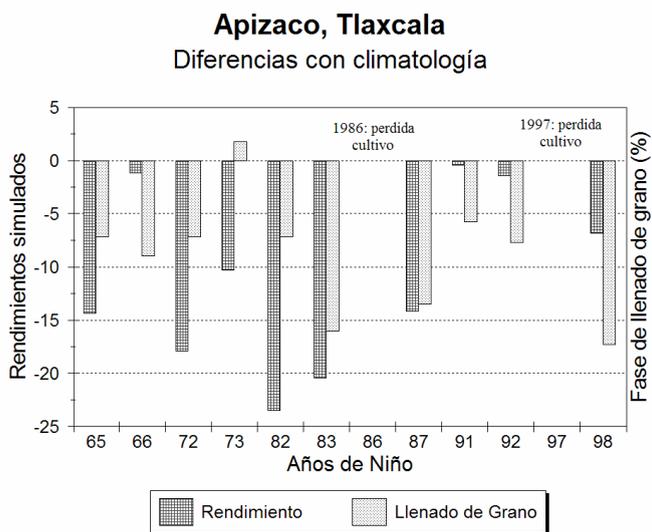


Figura 3. Rendimientos simulados con el modelo Ceres – Maize para años de fuertes eventos de El Niño.

Finalmente, en este modelo se introdujeron los escenarios de cambio climático para los periodos 2020 y 2050, los escenarios socioeconómicos A2 y B2, y a partir de las salidas de tres modelos de circulación general (GCMs): el ECHAM4 (German Climate Research Center /Hamburg Model #4), el HadCM3 (elaborado por el Hadley Centre usando la segunda versión del UK Met. Office's Unified Model), y el GFDL (US Geophysical Fluid Dynamics Laboratory). En la figura 4 se muestran los resultados utilizando las salidas de estos tres GCMs, el escenario de emisiones B2 y el horizonte 2050.

Comparando las figuras 3 y 4, se observa que es posible que en condiciones de cambio climático los rendimientos puedan aumentar, dado que es posible que se alejen los riesgos de heladas. Este resultado puede indicar posibles oportunidades futuras, siempre y cuando en esas condiciones no aumente la frecuencia, intensidad y/o duración de los eventos de El Niño. También cabe señalar que cuando se introduce en el programa pérdidas en la fertilidad de los suelos, los resultados positivos tienden a decrecer. Esto es relevante dado que el estado de Tlaxcala es el que mayor degradación de suelos presenta en todo el país (SEMARNAT, 2000). En los talleres participativos se llegó a las siguientes conclusiones: para enfrentar la vulnerabilidad ante la pérdida de fertilidad de suelos, se impulsó el uso de composta; para enfrentar los riesgos ante la sequía, se aplicaron técnicas de riego por goteo, y, finalmente, para enfrentar el riesgo de heladas, se construyeron pequeños invernaderos de traspatio.

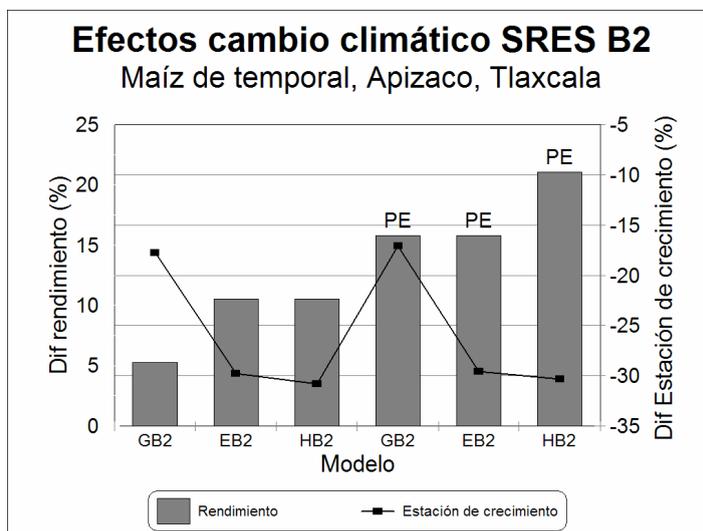


Figura 4. Cambios en los rendimientos y en la estación de crecimiento, simulados con el modelo Ceres – Maize. PE representa el efecto fisiológico (fertilizante) del aumento de dióxido del atmósfera para el horizonte 2050.

3. ESTUDIO DE CASO: VERACRUZ

En el proyecto *Climate Change Impacts on Focus Regions, Adaptation and Financing Instruments and the Risk Assessment Concept* (financiado por Cafédirect plc (CD) la

organización alemana de apoyo técnico GTZ; Conde y Saldaña, 2008) y en estudios previos (Gay et al, 2006b; Castro y Conde, 2006) se aplicó también la metodología sugerida por el APF (Lim et al, 2005), en la región central del estado de Veracruz (Golfo de México). Se construyeron también los espacios de amenaza climática para el cultivo del café y se identificaron con los productores los eventos climáticos más siniestros: heladas, lluvias torrenciales y sequías. Se muestra como ejemplo la figura 4 para la primavera (MAM).

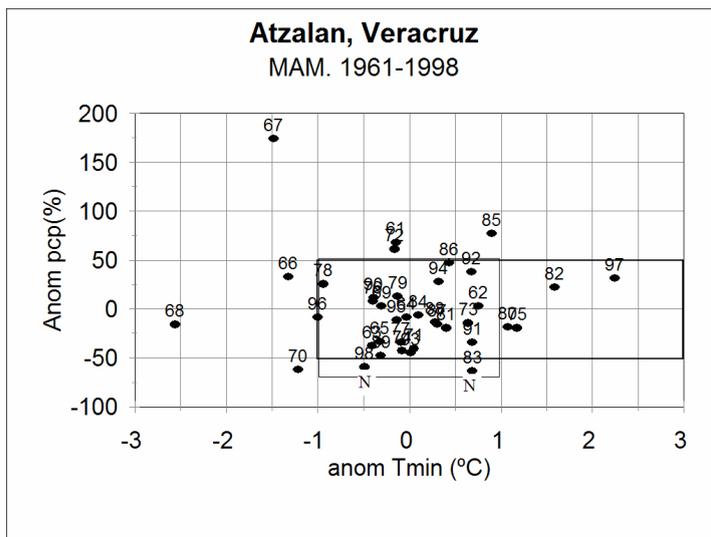


Figura 5. Espacio de amenaza climática para el café de la región central de Veracruz, municipio de Atzalan. La temperatura mínima fue seleccionada por la amenaza de heladas. El rectángulo exterior está asociado a los requerimientos hídricos y térmicos del café durante la primavera (MAM).

Las condiciones climáticas extremas de 1970 y 1998 (ver figura 4) provocaron pérdidas cercanas al 25% y 17% en la producción de café en Veracruz, particularmente por fuertes eventos de sequía durante la primavera. Durante los años de fuertes eventos de El Niño (1983 y 1998) se reportaron en la región fuertes pérdidas en la producción de café, además de calores intensos e incluso incendios forestales (1998). Esta información fue cotejada con los reportes del inventario de desastres (La Red, 2003), en donde se describen a nivel municipal los desastres hidrometeorológicos.

El caso de 1970 fue muy importante para la región, ya que después de una intensa onda de calor durante abril, en mayo se presentó una helada inesperada acompañada de una intensa sequía de primavera. Esta combinación provocó grandes pérdidas a la producción de café de exportación (La Red, 2003).

Las técnicas participativas (Conde y Lonsdale, 2005) permitieron corroborar que las variables climáticas determinantes para el cultivo de café fueron: temperaturas de primavera y verano y la precipitación de primavera. El modelo econométrico empleado (Gay et al, 2006b) refrenda

lo anterior (ecuación 1). En el modelo se incluyó el salario mínimo pagado a los colectores de café como la variable económica más relevante.

$$P_{café} = -35965262 + 2296270(T_{ver}) - 46298.67(T_{ver})^2 + 658.01618(P_{prim}) + 813976.3(T_{inv}) - 20318.27(T_{inv})^2 - 3549.71(salariomínimo) \quad (1)$$

La dependencia en el café de las temperaturas de verano y del inicio del periodo lluvioso, se observó durante el año de 2007, cuando las plantas de café estuvieron sujetas a muy altas temperaturas, con patrones de lluvia irregulares. Esto provocó que los productores de café en la región central de Veracruz perdieran cerca del 60% de su producción (Conde y Saldaña, 2008).

Los escenarios de cambio climático generados, para los mismos escenarios de emisiones, modelos y horizontes empleados en el estudio de caso de Tlaxcala, muestran que en un clima más caliente, con patrones de lluvia alterados (disminución o aumento), los efectos en el cultivo del café pueden ser muy adversos.

Resta en el proyecto actual diseñar con los productores medidas de adaptación, aplicables con el apoyo de la GTZ y la UNAM. En este estudio se está trabajando en el marco de los servicios ambientales como tema integrador de las posibles estrategias de adaptación.

4. CONCLUSIONES

Las técnicas de análisis de la variabilidad para estos dos estudios de caso – mediante los espacios de amenaza – ha resultado una buena herramienta para la detección de años críticos en la producción agrícola en México. Así mismo, la aplicación de los métodos sugeridos por el Marco de Políticas de Adaptación, particularmente en lo referente a la inclusión de las partes interesadas en las regiones de estudio, permite suponer que las medidas de adaptación seleccionadas por los productores agrícolas tendrán viabilidad y aceptación en la actualidad y en el futuro. El uso de diversos escenarios de cambio climático permite manejar la incertidumbre asociada a estos y evita que se seleccione algunas medidas de adaptación. Los modelos de simulación agrícola apoyan en la toma de decisiones, en la medida que reproducen los impactos potenciales ante la variabilidad y el cambio climáticos.

5. AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, a la Universidad Autónoma de México, y a las organizaciones Cafédirect y GTZ por el apoyo recibido para realizar estos estudios de caso.

6. REFERENCIAS

- CASTRO, T., CONDE, C. 2006. Reporte del proyecto Los servicios ambientales de la subregión central del Estado de Veracruz ante el Cambio y la Variabilidad Climáticos. Posibles Propuestas de Adaptación. Entregado a la UNAM. 27 pp.

- CONDE, C Y SALDAÑA, S. (2008). Reporte Final de México. *Climate Change Impacts on Focus Regions, Adaptation and Financing Instruments and the Risk Assessment Concept*. Entregado a GTZ. 50 pp.
- CONDE, C. (2003). *Cambio y Variabilidad Climáticos. Dos Estudios de Caso en México*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias (Física de la Atmósfera). Posgrado en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México. 227 pp.
- CONDE, C., AND K. LONSDALE. (2005). Engaging Stakeholders in the Adaptation Process. Technical Paper No. 2. *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change. Developing Strategies, Policies and Measures*. United Nations Development Programme, Global Environment Facility. New York: Cambridge University Press, pp. 47-66.
- CONDE, C., M. VINOCUR, C. GAY, R. SEILER, F. ESTRADA. (2008). Climatic Threat Spaces in Mexico and Argentina. In: Neil Leary, Cecilia Conde, Jyoti Kulkarni, Anthony Nyong and Juan Pulhin (eds). *Climate Change and Vulnerability*. Earthscan, TWAS, START. 279-306.
- CONDE, C., R. FERRER, C. GAY, V. MAGAÑA, J.L. PÉREZ, T. MORALES, S. OROZCO. (1999). El Niño y la Agricultura. En: *Los Impactos de El Niño en México*. MAGAÑA, V. (ed). México. 103 - 135.
- CONDE, C., R. FERRER, S. OROZCO. (2006). Climate change and climate Variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. *Atmosfera* 19(3): 181-194.
- FERRER PERDOMO, R.M. 1999. *Impactos del cambio climático en la agricultura tradicional de Apizaco, Tlaxcala*. Tesis de Licenciatura. Biología. Facultad de Ciencias. UNAM.
- FLORESCANO, E. (1980). *Análisis Histórico de las Sequías en México*. SARH: Com. Plan Hidráulico Nacional. México.
- GAY C. (PI), R. SEILER, C. CONDE, H. EAKIN, M. VINOCUR, et al. (2006a). *Reporte final. Proyecto "Integrated Assessment of Social Vulnerability and Adaptation to Climate Variability and Change Among Farmers in Mexico and Argentina" 2002-2005*. aprobado por UNDP-GEF.
- GAY C., ESTRADA, F., CONDE, C., EAKIN, H., VILLERS, L. (2006b). Potential impacts of climate change on agriculture: a case study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change*. 79(3-4).
- GAY, C., CONDE, C., GÓMEZ, J., CORTÉS, S., MONTERROSO, A, ROSALES, G., EAKIN, H., PAZ, M., ECHANOVE, F., et al. (2004). *Evaluación Externa 2003 al Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por las Contingencias Climatológicas (FAPRACC)*. Informe Final entregado a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 141 pp.
- JÁUREGUI, E. 1995. Rainfall Fluctuations and Tropical Storm Activity in Mexico. *Erkunde. Archiv Für Wissenschaftliche Geographie*. 49: 39-48.
- JONES, C. A. AND KINIRY, J. R. (1986), *CERES - Maize: A Simulation Model of Maize Growth and Development*. Texas A&M Press, College Station, Texas, USA.
- LA RED. 2004. Social Studies Network for Disaster Prevention in Latin America. (Accessed 20/11/04 at <http://www.desinventar.org/desinventar.html>).
- LIM, B., BURTON, I., HUQ, S. (ed). 2005. *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change. Developing Strategies, Policies and Measures*. United Nations Development Programme, Global Environment Facility. New York: Cambridge University Press.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2000). Compendio de Estadísticas Ambientales. [www. Semarnat.gob.mx/estadísticas_2000/informe_2000](http://www.Semarnat.gob.mx/estadísticas_2000/informe_2000).