

# Desarrollo agropecuario y variación climática en el Estado de México

## *Agriculture development and climate variation in the State of Mexico*

María Estela Orozco-Hernández

Jorge Tapia-Quevedo

Patricia Míreles-Lezama

Marta Guadalupe Vera-Bolaños

Belina García-Fajardo

Gustavo Álvarez-Arteaga\*

Recibido: julio 08 de 2014

Aceptado: mayo 18 de 2015

### Resumen

Este estudio analiza la vulnerabilidad del sector agropecuario ante las variaciones climáticas y el papel que desempeña en la emisión de los gases de efecto invernadero, asimismo, plantea acciones de adaptación social y productiva. Partimos de los escenarios de cambio climático proyectados para el Estado de México, información sobre temperatura y precipitación, datos de actividad del sector agropecuario e información obtenida mediante entrevistas no estructuradas aplicadas a los productores en sitios seleccionados en el año 2014.

**Palabras clave:** escenarios, cambio climático, sector agrícola, sector pecuario.

### Abstract

This study analyzes the agriculture vulnerability due to climatic variations, as well as the role of gas emission of greenhouse effect; it also sets up social and productive actions of adaptation. It considers: projected climate change scenarios for the State of Mexico; information about temperature and rainfall; agricultural sector data, and that obtained from a structured interview to specific producers in 2014.

**Keywords:** scenarios, climate change, agriculture sector and livestock sector.

\*Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Planeación Urbana y Regional.  
E-mail: meorozco@uaemex.mx

## Introducción

El desarrollo visto como un proceso debe ser armónico con la naturaleza y elevar el nivel de vida de la población, sin embargo, el dilema está en la distribución de los beneficios y la heterogeneidad regional que es consecuencia de las lógicas de organización social y productiva.

En el marco de las estrategias de desarrollo que instruyen potenciar las regiones dinámicas competitivas a través de políticas regionales, que complementen las políticas macroeconómicas y coadyuven en la reducción de las disparidades mediante el apoyo a las actividades económicas, el empleo y la generación de riqueza (OCDE, 2012), las estrategias nacionales polarizan **el sector agropecuario**; por un lado, impulsan la competitividad para satisfacer la demanda de los mercados a través de los sistemas de producción intensivos en tecnología y, por otro lado, soslayan los sistemas de producción de subsistencia que están expuestos cada año agrícola a los cambios del clima.

La situación del Estado de México se caracteriza por el decremento de la contribución del sector agrícola (5% a 3%) e incremento de la contribución del sector agroindustrial (15% a 19%) al producto interno bruto nacional en el periodo 1993-2011 (SAGARPA, 2013), desplazamiento por los grandes y emergentes productores de maíz grano, primer productor de flor de corte en invernadero y creciente cultivo de hortalizas y forrajes.

En el año agrícola 2011, la agricultura aportó a la economía estatal 12,753 millones de pesos; los cultivos de primavera-verano y los de otoño-invierno contribuyeron con 36% y 64% del valor de la producción. El subsector pecuario contribuyó con 41% del valor de la producción agropecuaria estatal y los principales productos son las aves en pie, bovino en pie, carne en canal y leche (SIAP, 2011).

La importancia estratégica de la agricultura y la ganadería, el doble papel que desempeñan como sectores vulnerables ante los impactos esperables de cambio climático y fuente de la emisión de gases de efecto invernadero, refuerza la tesis de la circularidad de la relación causa-efecto de un fenómeno de escala cósmica y plantea la trascendencia de estudiar las variaciones de la temperatura y la precipitación; estos factores en condiciones críticas alteran la superficie cosechada, el volumen de la producción, la oferta disponible; además, colapsan economías locales y regionales y deterioran la económica y la participación del sector agropecuario estatal en las finanzas nacionales.

Para analizar la vulnerabilidad del sector agropecuario ante las variaciones del clima, el papel que desempeña en la emisión de los gases de efecto invernadero y plantear acciones de adaptación social y productiva, partimos de: escenarios de cambio climático proyectados para el Estado de México, información sobre temperatura y precipitación, datos de actividad del sector agropecuario e información obtenida mediante entrevistas no estructuradas aplicadas a los productores en sitios seleccionados de los municipios que integran el valle de Toluca, Atlacomulco, Ixtlahuaca, Jilotepec, Chapa de Mota, Villa del Carbón, Texcoco y Chalco, Tenancingo, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal, Tejupilco, Amatepec y Tlatlaya.

Las fuentes de información son: Base de datos del Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP, 2011), VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 (INEGI, 2009), experimentación a través de la herramienta del Pacific Climate Impact Consortium (PICC), Canadá, guiada por Conde y Gay (2008).

### **Política agrícola y expectativas del desarrollo rural sustentable**

La política del desarrollo rural sustentable prioriza el fomento a la reconversión, la incorporación de cambios tecnológicos y la competitividad empresarial, mientras que la atención de los productores y zonas con mayor rezago social y económico queda supeditada a los programas de desarrollo social.

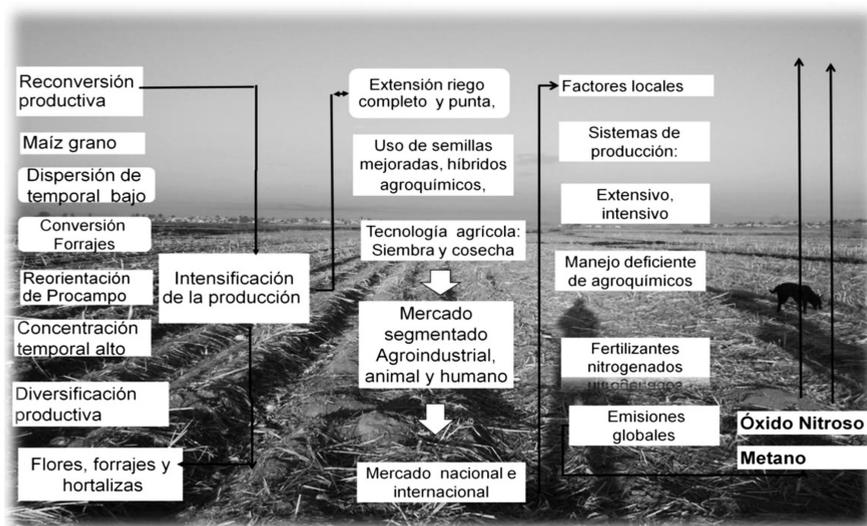
La política agrícola potencia las ventajas comparativas de los lugares y las regiones, subordina la dimensión ambiental al desarrollo económico y las disposiciones generales sobre el fomento productivo no conforman un cuerpo de estrategias sólidas de desarrollo regional y local.

Los programas de desarrollo productivo se orientan hacia productores que cumplen con ciertos umbrales básicos, disponibilidad y calidad de los recursos naturales y productivos, tamaño de las unidades de producción o bienes productivos, así como capacidad de producción para excedentes comercializables o para autoconsumo.

En teoría, los instrumentos de política deberían asegurar las alternativas para las unidades de producción o las ramas del campo que quedan rezagadas o excluidas del desarrollo; para ello, deberían tener preferencia las actividades económicas que preserven el equilibrio de los agroecosistemas. Sin embargo, la estructura institucional que opera la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (DOF, 2001) se ocupa de financiar y asignar recursos presupuestales que cumplan con los programas en la materia (Esquema 1).

Distintas instancias participan en la definición de prioridades regionales y la distribución de los recursos que se destinen al apoyo de las inversiones productivas. La capitalización se establece a través de la concurrencia de los distintos niveles de gobierno y los productores en condiciones de riesgo compartido.

**Esquema 1. Orientación de la política agrícola**



Fuente: elaboración propia.

Los apoyos económicos atienden aspectos de muy diversa índole, desde compensaciones comerciales a los productores hasta apoyos directos a los productores en condiciones de pobreza, construcción de infraestructura hidroagrícola, electrificación, caminos rurales y atención a las zonas de mayor rezago económico y social.

La elegibilidad de los productores para participar depende de que se obliguen a cumplir con los programas de fomento y acepten los compromisos de alcanzar los índices de productividad requeridos.

Las acciones para la soberanía y la seguridad alimentaria se limitan al impulso de la integración de las cadenas productivas de alimentos y la asignación de estímulos fiscales a las acciones de producción, reconversión, industrialización e inversión que se realicen en el medio rural.

La determinación de pagos, sanciones o apoyos económicos para el uso y la conservación de los recursos naturales no han detenido el deterioro

ambiental, situación que se atribuye a una normatividad insuficiente que aborda los problemas ambientales no a partir de la solución de las causas, sino de sus efectos (Padilla *et al.*, 2006).

Para alcanzar el paradigma del desarrollo sustentable se requiere de compromiso social, equidad y justicia social para mejorar las condiciones de la población que vive en territorios de baja inversión de capital.

El desarrollo rural sustentable es un proceso que debe incidir en distintos ámbitos de actuación (multidimensional), que permita identificar las ventajas, desventajas y potencialidades territoriales y ambientales (multifuncional), así como desarrollar estrategias necesarias, posibles y deseables que abarquen el sistema socio-ambiental total, como la recuperación de los cimientos culturales y la formación de tejido social, prácticas auto-gestionadas y sinérgicas con la naturaleza, políticas coherentes e incluyentes, mecanismos pertinentes de intervención e iniciativas que reduzcan la vulnerabilidad social y ambiental, a través de un marco normativo territorial y ambiental vinculante.

La gestión sustentable de los recursos naturales implicará el conjunto de actividades planificadas y organizadas que guíen los procesos y prácticas de uso y aprovechamiento de los bienes directos e indirectos que proporciona la naturaleza a fin de prevenir los riesgos de afectación o deterioro medio ambiental en beneficio del desarrollo social a largo plazo.

Se requiere generar cambios en las habilidades, conocimientos y comportamientos de los individuos que integran una organización, aquella que garantice la regulación de los ciclos de aprovechamiento-regeneración del suelo, agua y vegetación, basados en principios de equidad socio ambiental y diseñar propuestas productivas ecológicamente sustentables y económicamente sostenibles en beneficio del desarrollo familiar y social.

### **Sistemas de producción agropecuaria**

El Estado de México se localiza en la porción sur de la altiplanicie meridional de la República Mexicana; abarca una superficie de 22,357 km<sup>2</sup> y se integra por 125 municipios; la agricultura ocupa 46% de la superficie estatal, 80% de las tierras son de temporal y poco más del 50% de la superficie es propiedad social (INEGI, 2008).

El cultivo de maíz y los forrajes ocupan la mayor superficie sembrada y cosechada; el volumen de producción es superior en flores y forrajes. El

valor de la producción homologa la contribución de las flores, forrajes, maíz y hortalizas, sin embargo la competitividad del maíz está en declive.

En el año 2011 se sembraron 477,303.3 hectáreas de maíz grano blanco, 83% en tierras de temporal y 17% en tierras de riego (SIAP, 2011). La mayor superficie cosechada y valor de la producción se concentró en los distritos de Toluca, Atlacomulco y Tejupilco, con rendimientos en riego y de temporal, igual o menor a 2 ton/ha. El bajo rendimiento se debe a la limitada capitalización, falta de crédito, incremento de los costos de producción y a los impactos de las sequías.

Prevalcen los sistemas de producción para autoconsumo; para mantener los rendimientos en un umbral aceptable, los productores utilizan fertilizantes, plaguicidas y herbicidas químicos y, de acuerdo con la capacidad económica, usan semillas híbrida y mejorada. Se desconoce o no se le da importancia a la degradación de los suelos ni a los efectos ambientales derivados de los agroquímicos.

La producción de carne y de leche establece un vínculo directo con el cultivo de forrajes verdes, secos y achicalados. En el año 2011, la alfalfa verde, la avena forrajera verde, el maíz forrajero verde, el sorgo forrajero verde, el trigo forrajero verde, los pastos y las praderas verdes, los pastos y las praderas verde (Estrella africana), el ebo o veza, la avena forrajera seca y la avena forrajera achicalada ocuparon 32% de la superficie cosechada y aportaron 22% del valor de la producción agrícola estatal (SIAP, 2011).

La pequeña producción de ganado bovino se conforma por un mínimo de cinco y un máximo de 23 cabezas, la mediana y la grande con 23 a 40 y de 41 a 58, respectivamente (Cuadro 1), el vínculo con el mercado local, regional y urbano es determinante para capitalizar la actividad comercial, la ganadería de subsistencia se dispersa en unidades que poseen menos de cinco cabezas de ganado.

**Cuadro 1.** Escala de producción de los hatos de ganado bovino por sistema de manejo

<i>Escala de la producción</i>	<i>Sistema de pastoreo libre</i>	<i>Sistema de pastoreo libre controlado</i>	<i>Sistema estabulado</i>	<i>Sistema semiestabulado</i>
Pequeña	5-14	5-13	6-16	6-14
	14-23	13-21	16-26	14-22
Mediana	23-32	21-29	26-36	22-30
	32-41	29-37	36-46	30-38
Grande	41-50	37-45	46-56	38-46
	50-59	45-53	56-66	46-54

Fuente: elaboración propia con base en *INEGI (2009)*.

### Escenarios de cambio climático

El cambio climático se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad del clima observada durante periodos comparables (CMNUCC, 1992).

No obstante que la mitigación de la emisión de los gases de efecto invernadero se ha convertido en una prioridad nacional y mundial, los expertos coinciden en que los impactos físicos, biológicos y socioeconómicos no se producirán uniformemente en todo el planeta; por lo tanto, es vital considerar la variabilidad de los factores de cambio en los ámbitos subnacional, regional y local (GICC, 1997: 9-10).

En la quinta comunicación nacional se informó que se produjo un incremento general de 33.4% de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) con respecto a 1990; los datos de la tercera y de la quinta comunicación nacional muestran incremento en la participación de la agricultura en el total de emisiones al pasar de 7% a 12.3% (SEMARNAT-INECC, 2012: 30).

Los estudios sobre los impactos del cambio climático caracterizan los posibles efectos negativos a partir de escenarios del clima futuro y se les atribuye una gran incertidumbre (SEMARNAT, 2012: 141); los escenarios de cambio climático son una representación posible y simplificada del futuro y no debe confundirse con un pronóstico; en éstos, la incertidumbre es aleatoria. Asimismo, la reconstrucción de los escenarios de temperatura para México muestra que las probabilidades regionales de cambio indican una tendencia al calentamiento en el norte y centro del país y muy marcada en el noroeste (Conde y Gay, 2008: 13-63).

Los escenarios de cambio climático para el Estado de México consideran las emisiones que se proyectan en el Reporte Especial de Escenarios de Emisiones de gases de efecto invernadero y las hipótesis relativas al desarrollo socioeconómico del planeta (SEMARNAT, 2013).

En un escenario de emisiones altas (A2), caracterizado por un crecimiento constante de la población, desarrollo económico regionalmente orientado y cambio tecnológico muy fragmentado y más lento, los escenarios de cambio climático 2020, 2050 y 2080 perfilan la disminución de la precipitación y el aumento de la temperatura en el territorio del Estado de México (cuadro 2).

**Cuadro 2. Escenarios de cambio climático con emisiones altas, Estado de México**

Escenarios	% Precipitación total anual disminuirá	Temperatura media anual aumentará: °C	% Precipitación total disminuirá	Temperatura máxima anual aumentará °C
2020	5 y 10%	entre 1.8 y 1.2°C	-6.68	1.24
2050	5 y 10%	entre 1.0 y 2.0°C	-16.23	2.61
2080	entre 5 y 20%	entre 2 y 4 °C	-28.30	4.51

Fuente: SEMARNAT (2013). Elaboración propia con base en (<http://www.pacificclimate.org/tools/select>).

La evolución incremental confirma la cercanía con la probabilidad de calentamiento global en condiciones de aumento de la concentración de dióxido de carbono para el presente siglo, estimada en 1.5 y 5.5 °C (Ludevid, 1997).

En un escenario climático, con una emisión media-alta (A1B) se estima que a finales del siglo XXI, el Estado de México incrementará la temperatura a razón de 2.8 a 3 °C y disminuirá la precipitación de 15% a 20% al sur y noroeste del territorio (SEMARNAT, 2012: 143).

En general, los escenarios de cambio climático extremo o moderado plantean aumento de la temperatura y decremento de la precipitación; advierten que los cambios estarán fuertemente condicionados por el crecimiento económico, uso racional de la energía fósil y no fósil, y el desarrollo de tecnologías eficientes y adecuadas, así como por el conocimiento de la incertidumbre con respecto a las magnitudes de los cambios a escalas regionales. En condiciones reales, la incertidumbre se agudiza por la carencia de información que permita focalizar las áreas críticas, sin embargo, el análisis de la información disponible sobre precipitación y temperatura revela algunas trayectorias significativas.

## Variabilidad de la temperatura y precipitación

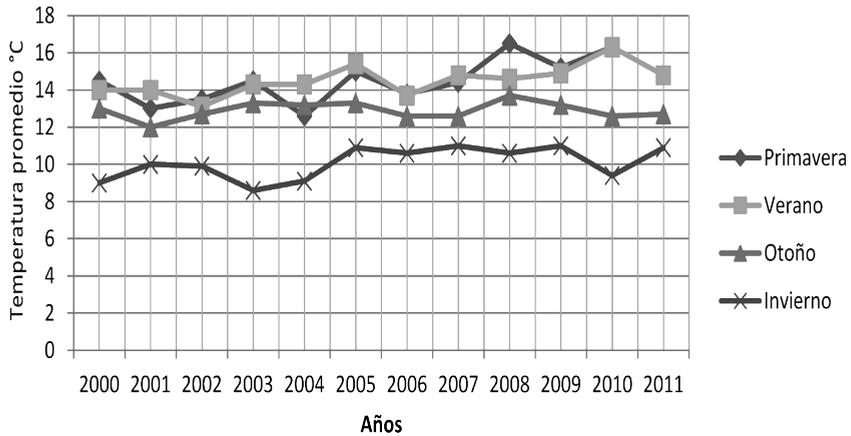
En general, entre los factores que definen las condiciones del clima regional y local destacan la temperatura, la precipitación, la velocidad del viento, la humedad, la topografía, la pendiente y la altitud.

En la entidad se tienen cuatro grupos climáticos (INEGI, 1987): los templados ocupan más del 65% del territorio estatal y presentan un régimen de temperatura estable; están asociados a los bosques de pino, encino, mixto y pastizales. Al sur prevalecen los climas cálidos A (w) y semicálidos A (C), propios de la cuenca del alto y medio río Balsas, la comunidad vegetal representativa es la selva baja caducifolia.

El clima seco B(s) del norte, en la región más seca y su distribución corresponde a los matorrales en el alto río Pánuco y los climas fríos, EF, frío E (T) H y semifrío C (E) se localizan en las zonas montañosas (Sierra de las Cruces, la Sierra Nevada y el Nevado de Toluca). Los procesos aleatorios de lluvia, temperatura, velocidad del viento, humedad evolucionan en el espacio y tiempo, y presentan variaciones que persisten durante periodos prolongados.

Al respecto se informó que en México la temperatura media anual ha presentado un incremento progresivo a partir de 1993, para 2011 la anomalía fue mayor a 1°C por arriba de la normal (1971-2010) y la temperatura media nacional se mantuvo con valores entre +1 °C y +3 °C por arriba de lo normal. Al Estado de México se le ubicó en las regiones con temperatura más frescas de lo normal; las anomalías de la temperatura media indican valores de -1 a -3 °C en una franja noreste-sur, y de 1 a 3 °C en la porción noroeste, en general, con temperaturas debajo de lo normal (CONAGUA, 2011: 5). La oscilación de la temperatura máxima promedio en el periodo 2000-2011 muestra incremento y decremento en verano; durante varios años, la temperatura en primavera fue igual o superior a la de verano (gráfica 1).

**Gráfica 1. Temperatura máxima promedio en las estaciones del año, 2000-2011**

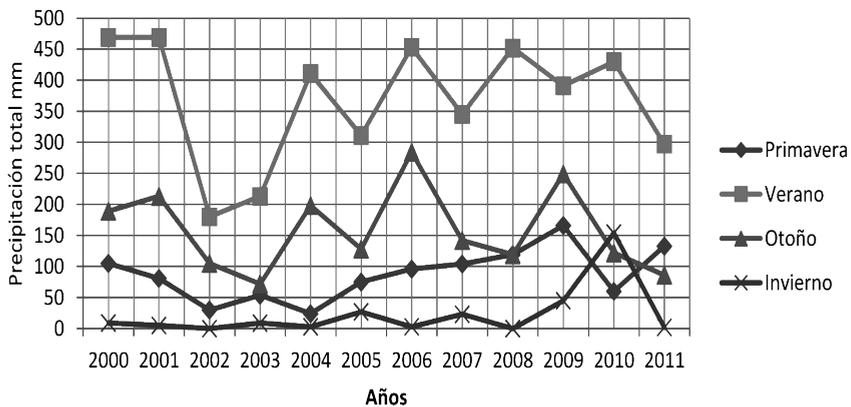


Fuente: elaboración propia con base en GEM (2011).

La variabilidad de la precipitación se expresa en años con lluvia promedio igual o superior a los 400 mm, y en otros, igual o inferior a los 300 mm en junio, julio y agosto (gráfica 2).

El meteorológico nacional informó que las lluvias al 50% de lo normal o menores ocurrieron desde regiones del centro hasta el norte, noreste y noroeste, y que el Estado de México presentó una anomalía de lluvia de aproximadamente -23% y se le catalogó como anormalmente seco (CONAGUA, 2011: 6).

**Gráfica 2. Precipitación total en las estaciones del año, 2000-2011**



Fuente: elaboración propia con base en GEM (2011).

En doce años las variaciones de la temperatura y la precipitación expresaron tres tipos de relaciones: disminución de temperatura-disminución de precipitación, incremento de temperatura-disminución de precipitación, incremento de temperatura-aumento de precipitación.

### Efectos de la variabilidad climática

En los últimos doce años, la superficie sembrada de cultivos anuales se ha mantenido en 600,000 y 650,000 hectáreas, adicionando los cultivos perennes; la superficie sembrada ascendió a 910, 446 hectáreas en el año agrícola 2002, 890,170 hectáreas en 2010 y 872,270 en 2011. Destaca la producción de flores, forrajes, maíz y hortalizas, la agricultura intensiva resalta la relación de la superficie sembrada, volumen y valor de la producción de las flores y hortalizas; los forrajes con la mitad de la superficie ocupada por el maíz obtuvieron volumen y valor de la producción mayor (cuadro 3).

**Cuadro 3. Estado de México patrón de cultivos, 2011**

	Superficie. Sembrada		Superficie. Cosechada		Producción		Valor producción	
	(Ha)	%	(Ha)	%	(Ton)	%	(miles de \$)	%
Flores	6,504	1	6,321	1	54,537,128	88.1	3,341,264	26.2
Forrajes	217,414	25	215,182	32	5,851,691	9.5	2,822,382	22.1
Maíz grano	491,514	56	322,392	48	649,183	1.0	2,738,821	21.5
Hortalizas	39,347	5	33,549	5	527,412	0.9	2,620,955	20.6
Frutales	23,824	3	23,619	4	226,216	0.4	881,000	6.9
Agroindustriales	83,782	10	60,122	9	63,672	0.1	220,263	1.7
Frijol	7,945	1	6,455	1	4,692	0.0	67,183	0.5
Otros perennes	1,954	0	956	0	15,615	0.0	61,107	0.5
	872,283	100	668,595	100	61,875,609	100.0	12,752,975	100.0

Fuente: SIAP (2011).

La disminución de la lluvia en el verano identifica años secos que han repercutido en el aumento de la siniestralidad en la superficie sembrada, particularmente en la superficie de maíz de temporal (cuadro 4).

**Cuadro 4. Superficie siniestrada y precipitación en el ciclo primavera-verano**

Años con lluvia igual o menor a 300mm	Superficie sembrada ha	Superficie cosechada ha.	Superficie Siniestrada ha.	%	Valor de la producción miles de pesos
2011	617665	436711	180954	29.3	4604340
2007	632582	624885	7697	1.2	6656963
2005	623129	561142	61986	9.9	3939061
2003	648107	633032	15076	2.3	4244765
2002	647594	618418	29176	4.5	3737142
<b>Total</b>	<b>3169076.58</b>	<b>2874188</b>	<b>294889</b>	<b>9.3</b>	<b>23182271</b>

Años lluvia igual o mayor a 450mm	Superficie sembrada ha	Superficie cosechada ha.	Superficie Siniestrada ha.	%	Valor de la producción miles de pesos
2000	648508	644833	3675	0.6	3880308
2001	657092	652732	4360	0.7	4261902
2004	641577	633527	8049	1.3	3866475
2006	634931	630538	4393	0.7	5393492
2008	623769	621183	2586	0.4	6923291
2009	624547	588608	35939	5.8	5665275
2010	622599	579119	43480	7.0	6006892
<b>Total</b>	<b>4453023</b>	<b>4350540</b>	<b>102482</b>	<b>2.3</b>	<b>35997635</b>

Fuente: elaboración propia con base en SIAP (2011).

Las proyecciones para algunos cultivos básicos y frutales ante escenarios de cambio climático en el país indican que el aumento de temperatura y los cambios en la variabilidad de la precipitación producirán una disminución paulatina de las áreas con alto potencial para maíz, frijol, aguacate y café, lo cual se acentuará probablemente a mediados del presente siglo (INE , 2009).

Los efectos de largo alcance de las sequías no sólo se manifiestan en la pérdida de la producción y la incidencia de plagas, sino también incrementan el estrés hídrico de los cultivos y la selva baja caducifolia, los bosques de encino y pastizales (Gómez, 2013: 3); además, la mayor cantidad de lluvia inhibe la fotosíntesis (Davenport y Nicholson, 1993), por lo que un incremento en los eventos extremos de precipitación bajo escenarios de cambio climático no significará un aumento en la productividad de la vegetación (Chmielewski y Rötzer, 2001).

Por ejemplo, se ha observado que en las regiones centro y centro norte de la entidad, el incremento de la temperatura está asociado a episodios de lluvias

torrenciales, cuyo adelanto o retraso afecta la zona maicera más importante de la entidad, los distritos de desarrollo rural de Toluca y Atlacomulco.

En un escenarios de cambio climático A2 y B2 (horizonte a 2050) se proyecta que en el distrito de desarrollo rural de Toluca, las variables temperatura y precipitación tendrán desenlaces negativos en el desarrollo fenológico del maíz, principalmente afectará la floración, que puede reducir de manera acentuada la producción (Granados *et al.*, 2013: 435).

Otro indicador de las alteraciones es la expansión de las malezas, caso específico del teocintle en los campos de maíz en el valle de Toluca y otros municipios; ante la dificultad de controlarlo, los productores optan por incrementar las dosis de herbicidas.

El fenómeno de incremento de la temperatura y disminución de la precipitación en las porciones noroeste, norte y sur advierte condiciones para que se incrementen los incendios forestales, lo que aunado a la práctica de la ganadería extensiva ubica a estas regiones como altamente vulnerables.

Los efectos de la variabilidad climática tienen una doble connotación; por un lado, merman el potencial productivo de los matorrales, la selva baja caducifolia y las pasturas, y, por el otro, aumentan los costos por la compra de alimentos y, en consecuencia, reducen las existencias de ganado y propician el abandono de la actividad pecuaria (cuadro 5).

**Cuadro 5. Participación ganadera en el Estado de México, 2000-2011**

	Bovino	%	Porcino	%	Ovino	%	Caprino	%	Total
2000	544,203	22.9	651,133	27	100,826	42.3	175,711	7.3	2,379,308
2007	426,538	24	348,189	20	890,666	50	98,795	6	1,764,188
2011	172,521	20	642,348	76	26,679	3	139	0	841,693

Fuente: INEGI (1984: 78-79; 2004: 74-75; 2012: 74-75).

El pastoreo libre y controlado se realiza en los pastos naturales e inducidos, aquellos que ocupan 29% de la superficie total de la entidad. En las regiones Ixtapan de la Sal, Valle de Bravo y Tejupilco, los impactos se observan en el desmonte y disturbio que presenta la selva baja caducifolia y los encinares, así como en la potrerización de las áreas de vegetación natural para inducir los pastizales y aprovechar el estrato arbóreo para alimentar al ganado.

La fuerza productiva de la ganadería de bovinos se concentra en nueve municipios: Amatepec, Tlatlaya y Luvianos en los sistemas de pastoreo libre y controlado; Texcoco, Tequixquiac y Zumpango en el sistema estabulado; y Aculco, Jilotepec y Tejupilco en el sistema semiestabulado.

La producción de carne y leche de bovino se vincula directamente con el cultivo de forrajes; alfalfa verde, avena forrajera verde, maíz forrajero verde, sorgo forrajero verde, trigo forrajero verde, pastos y praderas verde, pastos y praderas verde (Estrella africana), ebo o veza, avena forrajera seca y avena forrajera achicalada ocuparon 32% de la superficie cosechada y aportaron 22% del valor de la producción agrícola estatal (SIAP, 2011).

La intensificación del cultivo de forrajes y el apoyo de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario estatal para la siembra de semilla de pastura llanera en el sur de la entidad probablemente esté incrementando las emisiones agropecuarias de gases de efecto invernadero.

#### Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero

A través de las quemas e incendios inducidos, uso de fertilizantes, roturación de la tierra para cultivo, la degradación de los suelos y la ganadería, el sector agropecuario es fuente de emisión directa de gases de efecto invernadero (gei) **a la atmósfera.**

La propagación libre del fuego con frecuencia se debe al deficiente manejo en las prácticas agrícolas, principalmente las quemas realizadas en abril y mayo; aunque desde 1998 las quemas se rigen por un calendario, el Estado de México registra el mayor número de incendios a nivel nacional; anualmente se presentan alrededor de 1,418 incendios forestales que dejan en promedio una superficie afectada de 5,141 hectáreas; después de un incendio la vulnerabilidad de los renuevos de pastos, arbustos y árboles se incrementa en la siguiente conflagración.

Los incendios inducidos son un factor detonante con implicaciones eco sistémicas: reducen rápidamente la vegetación natural, debilitan las especies forestales, afectan la reproducción de los organismos silvestres, compactan el suelo y eliminan la hojarasca de la superficie (afectando el ciclo hidrológico), mineralizan la materia orgánica, aceleran la descomposición del carbono en el suelo liberándolo a la atmósfera con mayor rapidez junto con el monóxido de carbono, compuestos volátiles y partículas.

En escala regional el daño se manifiesta en el incremento de la vegetación secundaria y las áreas desprovistas de vegetación. La cuenca del Balsas concentra el 71% de la superficie estatal de vegetación secundaria y la subcuenca del río Tula-Panuco, 90% de la superficie desprovista de vegetación.

La superficie agrícola por tipo de tecnología utilizada muestra que en el 51% de las tierras se utilizan fertilizantes químicos y en 29% herbicidas (INEGI, 2007). Aunque no es posible determinar la magnitud de la superficie sembrada de maíz con semillas híbridas –Tornado, Pioneer, San Gerónimo y H507–, en la verificación de campo se constató que el uso de agroquímicos es una práctica frecuente en las diversas zonas en las que se cultiva maíz bajo riego y temporal.

Los productores, en su mayoría maduros o de edad avanzada, mencionan que una de las tareas más pesadas es el deshierbe y cada vez menos la realizan a mano, aplican herbicida –esteron– para matar la maleza; después de la siembra se fumiga y a los dieciocho días de nacida la planta realizan la segunda escarda –la rastra y la escarda ocasionan pérdidas efectivas de carbono desde el suelo–.

En los cuarenta días posteriores aplican fertilizante (Sulfato de amonio y otros); ocupan tres bultos de 50 kilogramos de urea por hectárea en cultivo, y ante la degradación de la fertilidad del suelo no dimensionan los efectos acumulativos.

Los agroquímicos aplicados al suelo se evaporan y viajan grandes distancias en el aire y en el agua (Yarto, 2005) y las estaciones secas parecen ser más sensibles a las emisiones de GEI que las estaciones húmedas (Sanderson *et al.*, 2012); el empleo masivo de fertilizantes y las emisiones de óxido nitroso ( $N_2O$ ) representan el mayor porcentaje de contribución agraria al cambio climático; este gas tiene un potencial de calentamiento global 310 veces más que el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) (GEM, 2008).

Con relación a la actividad ganadera, la distribución de los pastos y el agrupamiento regional de los sistemas de manejo y las existencias de ganado bovino indica que la transición de los sistemas de pastoreo a los sistemas estabulado y semiestabulado se desarrolla a diferentes ritmos. La intensificación del proceso productivo en las cuencas lecheras del oriente y nororiente de la entidad, Texcoco, Amecameca, Teotihuacan, Zumpango y Tepozotlán, se basa en el confinamiento de un menor número de vacas y

en la alimentación con pasturas verdes cultivadas y alimentos balanceados complementarios y altamente energéticos.

En las delegaciones agropecuarias de Jilotepec, Atlacomulco y Toluca es significativa la presencia de la ganadería que no tiene manejo; los sistemas de pastoreo libre y controlado tienen un peso determinante en la porción sur de la entidad. El confinamiento del ganado tiene el objetivo de incrementar la productividad de los animales reduciendo el desgaste y la pérdida de energía, sin embargo, en ausencia de tecnologías apropiadas para manejar las evacuaciones, el cerramiento favorece la emisión directa de metano proveniente de la fermentación entérica, el cual es exhalado y eructado, adicionado al producido por la descomposición de las excretas (cuadro 6).

**Cuadro 6. Existencias de ganado comercial y emisión de metano en ambiente templado y cálido**

Especie ganadera	No. de cabezas-año 2007*	Templada	Cálida (>25°C)	Templada	Cálida (>25°C)
		(15 a 25°C) Factores de emisión por el manejo de excretas (kg CH <sub>4</sub> /cabeza-año)	Factores de emisión por el manejo de excretas (kg CH <sub>4</sub> /cabeza-año)	(15 a 25°C) Emisión total por el manejo de excretas Gg CH <sub>4</sub> /cabeza-año)	Emisión total por el manejo de excretas Gg CH <sub>4</sub> /cabeza-año)
Bovino de engorda	176,975	2	2	0.353	0.353
Vacas lecheras	67,662	85	110	5.75	7.44
Ovino engorda	890,666	0,15	0,20	0.133	0.17
Porcino engorda	209,659	16	23	3.35	3.35

Fuente: elaboración con base en IPCC (2006: 10.41). La incertidumbre de los factores de emisión es de ±30%.

El ganado en pastoreo libre y controlado defeca en campo abierto, la acumulación del estiércol y la orina produce óxido nitroso a través de la desnitrificación del nitrógeno orgánico y libera por exhalación el metano producido por fermentación entérica. El ganado porcino en ambientes cálido y templado es fuente importante de la emisión de metano derivado del manejo de las excretas, la mayor contribución la realizan las vacas lecheras, sobre todo en ambiente cálido

En los sistemas de pastoreo libre y controlado el estiércol se queda en los terrenos hasta acumularse; su capacidad de emisión de metano depende de la temperatura, la humedad relativa y la lluvia; estos factores aceleran

la descomposición de la materia orgánica y la liberación de compuestos de nitrógeno que son emitidos directamente a la atmósfera.

La acumulación de estiércol en los establos y corrales se retira periódicamente o se deja por tiempos prolongados en los terrenos; en estos sitios se producen grandes cantidades de lixiviados con alta concentración de amoníaco y potencial de contaminación de agua y suelo.

### **Estrategias de adaptación socio-productiva**

La importancia de llevar a la práctica acciones de adaptación social y productiva en el sector agropecuario resume la importancia de anticipar los efectos del cambio climático. Lo anterior deberá partir de la previsión de los escenarios de la variabilidad climática en escala regional y municipal: disminución de temperatura-disminución de precipitación, incremento de temperatura-disminución de precipitación, incremento de temperatura-aumento de precipitación.

Para vislumbrar la magnitud de la merma de la producción y productividad agrícola y pecuaria, la reducción de los costos de producción y la emisión de gases de efecto invernadero, se requieren las siguientes acciones:

- Diversificar y reconvertir el patrón de cultivos de acuerdo con la vocación y aptitud de la tierra; evaluar las demandas de riego para reducir el consumo de agua; diagnosticar las condiciones de vulnerabilidad de las zonas agrícolas y prevenir las posibles afectaciones de agentes patógenos; promover la siembra de maíces criollos y recuperar las prácticas tradicionales de conservación de la tierra y los cultivos.
- Regular la población animal de acuerdo con la disponibilidad de tierras y en áreas con sobrepastoreo y pendiente pronunciada, así como fortalecer la rotación de los potreros en los sistemas de pastoreo libre y controlado.
- Manejar sustentablemente las tierras de pastoreo y de productos derivados de la fermentación entérica y de las excretas de animales (SEMARNAT-INE, 2009).
- Monitorear las variaciones de la temperatura y su incidencia en los factores de conversión del metano en la gestión del estiércol (IPCC, 2006: 10.52).

La respuesta planificada requiere de programas estatales y municipales que protejan la producción de subsistencia y comercial, las normas técnicas y jurídicas para comerciantes y usuarios que regulen la venta y el uso de los agroquímicos, de las semillas híbridas y transgénicas, de los alimentos comerciales para el ganado, así como la vinculación de los programas de empleo temporal y la inducción de técnicas de conservación y protección de las tierras a través de la capacitación, del fortalecimiento de los proyectos de apoyo y del riesgo compartido.

La construcción de las capacidades de adaptación equivale a desarrollar las habilidades de los distintos actores para ajustarse al cambio climático, a la variabilidad y a los extremos climáticos a fin de moderar los daños potenciales (CICC, 2007).

### **Conclusión**

En el marco de las políticas nacionales que impulsan la competitividad del sector agropecuario a través de la intensificación de los proceso de producción, el modelo agropecuario del Estado de México replica estas señales e impulsa los sectores con posibilidades de competir en el mercado nacional e internacional; éstos son: las flores, las hortalizas, los forrajes y la ganadería de bovinos; el valor económico de estos productos tiene su contraparte en la importancia vital del valor de uso del maíz.

La vulnerabilidad del sector agropecuario deriva de su exposición a las externalidades, que incluyen las variaciones de la oferta y la demanda. Por el lado de la oferta, las variaciones climáticas tienen un papel determinante en la merma de la producción en la mayor parte de la superficie agrícola estatal.

El carácter aleatorio de los factores climáticos determina las variaciones de la temperatura y la precipitación en tiempo cada vez más corto. Los efectos se expresan en la merma de la producción, la reducción de la oferta para el mercado y amenazan la seguridad alimentaria de las unidades de producción de subsistencia.

Los sistemas de producción agrícola y pecuaria intensivos en tecnología ocasionan efectos ambientales irreversibles en los ámbitos regional y local, y acrecientan la amenaza global del cambio climático.

Avanzar en la operación de medidas de mitigación y adaptación en condiciones de cambio climático dependerá de la evaluación de los efectos ambientales que se producen a consecuencia del uso de los agroquímicos y de la tecnología pecuaria.

Los retos están en la resistencia de los productores a nuevas formas de trabajo, en la credibilidad en las instituciones, así como en la disposición y en la responsabilidad de los distintos grupos y actores sociales involucrados en el desempeño económico y ambiental del sector agropecuario.

En concordancia con la Ley General de Cambio Climático y la ley de cambio climático estatal, la mitigación de las adversidades económicas y ambientales del sector agropecuario dependerá de la implementación de medidas no estructurales que posibiliten la modificación de las conductas de los agentes que participan en la producción agropecuaria a través de la información, concientización, capacitación para la adopción apropiada de las tecnologías y las disposiciones obligatorias que regulen el uso, la venta y la mitigación de los impactos de los plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, las emisiones de gases forzantes de cambio climático (metano, óxido nitroso y dióxido de carbono) y sustancias persistentes contaminantes del suelo; es un paso fundamental para romper el círculo vicioso y aspirar a un desarrollo sostenido en uno de los sectores base de la economía estatal y nacional.

### **Agradecimientos**

A los proyectos PAPIIT IN301612 “Globalización, políticas neoliberales y transformaciones en la organización espacial de la economía mexicana”, CONACYT-SEMARNAT. 107956 “Cambios de uso del suelo, inducidos por actividades agropecuarias en ecosistemas terrestres templados y cálidos del Estado de México: Impactos locales y emisiones globales de gases de efecto invernadero.

### **Bibliografía**

- Chmielewski y Rotzer, T., 2001: *Responses of tree phenology to climate change across Europe*, en *Agricultural and Forest Meteorology* (108), pp. 101-112.
- CICC, Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, 2007: *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. México, D.F., Tlalpan: *Síntesis Ejecutiva*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CMNUCC, *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, 1992: “Artículo 1”. *Definiciones*, consultado el 08 de septiembre de 2011 en [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/queeselcc/queeselcc.html](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/queeselcc/queeselcc.html).

- CONAGUA Comisión Nacional del Agua, 2011: *Reporte del Clima en México*. México, D.F.: Servicio Meteorológico Nacional, p. 18.
- Conde, A. y Gay, G., 2008: *Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional*. México, D. F.: Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, pp.1-105.
- Davenport, M.L. y Nicholson, S.,E., 1993: "On the relation between rainfall and the normalized difference vegetation index for diverse vegetation types in East Africa" en *International Journal of Remote Sensing*, (12), pp. 2369-2389.
- DOF, Diario Oficial de la Federación, 2001: *Ley de Desarrollo Rural Sustentable*, Nueva Ley publicada el 7 de diciembre de 2001, México: Presidencia de la República de los Estados Unidos Mexicanos.
- GEM, Gobierno del Estado de México, 2008: *Bases de Diagnóstico. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Vulnerabilidad del Estado de México ante el Cambio Climático Global*. Tlalnepantla; Estado de México: Secretaría de Medio Ambiente, Dirección General de Prevención y control de la contaminación Atmosférica, pp. 1-128.
- GEM, Gobierno del Estado de México, 2011: *Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca*. Toluca, Estado de México: Secretaría del Medio Ambiente, Valores medios climáticos, Secretaría de Medio Ambiente.
- GEM, Gobierno del Estado de México, 2013: "Delegaciones Regionales". México: Secretaría de Desarrollo Agropecuario, consultado el 12 de julio de 2013 en [http://portal2.edomex.gob.mx/sedagro/acerca\\_secretaria/ubicacion/delegaciones\\_regionales/index.htm](http://portal2.edomex.gob.mx/sedagro/acerca_secretaria/ubicacion/delegaciones_regionales/index.htm).
- Gómez, M., 2013: "La relación entre el índice normalizado de vegetación y la variabilidad del clima en Oaxaca: Una herramienta para el manejo de ecosistemas". México: Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, p. 5, consultado el 12 de julio de 2013 en [www.observatoriometeorologicounam.com/articulos/ndvi\\_lgm.doc](http://www.observatoriometeorologicounam.com/articulos/ndvi_lgm.doc).
- Granados, R., y Sarabia, R., 2013: "Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca" en *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, México, Vol. 4, Número 3, 01 de abril-15 de mayo, pp. 435-446.
- Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático, 1997: *Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas*. Documento III del ipcc, editado omm, wmo, pnuma-unep, pp. 1-63.
- INE, Instituto Nacional de Ecología, 2009: *Evaluación de la vulnerabilidad y propuestas de medidas de adaptación a nivel regional de algunos cultivos básicos y frutales ante escenarios de cambio climático*. Proyecto elaborado por Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, coordinado por Ruíz Corral A.
- INE, Instituto Nacional de Ecología, 2011: *Diagnóstico de las tendencias actuales de fenómenos meteorológicos extremos y proyección de su actividad al clima futuro cercano 2030 y clima futuro lejano 2080. Considerando los efectos del cambio climático global y otros efectos locales*. Informe elaborado por Alejandro Zitácuaro de Consultores en Ciencias y Tecnología del Ambiente.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2008: "Información estadística municipal de uso del suelo", consultado el 11 de febrero de 2014 <http://www.inegi.org.mx/>.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1987: *Síntesis Geográfica, Nomenclátor y anexo Cartográfico del Estado de México*, México, D. F.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2009: *Estados Unidos Mexicanos Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*. Aguascalientes, México.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2011: *Sector Alimentario en México*. Aguascalientes, México: Serie estadísticas sectoriales.
- IPCC, Intergovernmental Panel Climate Change, 1994: *IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations*, Prepared by Working Group II [T., R Carter, M., L.,

- Parry, H., Harasawa, and S., Nishioka (eds.)] and WMO/UNEP, CGER-IO15-'94, Tsukuba, Japan: University College-London, UK and Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 59 pp.
- IPCC, Intergovernmental Panel Climate Change, 2006: *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston H., S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K., (Editores). Vol. 4, Cap. 10. Japón: IGES.
- Ludevid, A., 1997. *El cambio global en el medio ambiente: introducción a sus causas humanas*. Barcelona: Marcombo, 332 pp.
- OECD, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2013: *The OECD strategy on development, en Active in development*, París, Francia.
- Padilla, Gil, Laura, Leticia, et al, 2006: "La crisis del agua. Políticas públicas, conflictos sociales, visiones estratégicas, escenarios de futuro", en *XXIX Encuentro RNIU. Guadalajara, Jalisco, 21 y 22 de septiembre, 2006*. Jalisco, México: Gobierno del Estado de Jalisco/RNIU, p. 2.
- PICC, Pacific Climate Impact Consortium de Canadá, consultado el 05 de julio de 2013 en <http://www.pacificclimate.org/tools/select>.
- Revisión al 1er. Trimestre, 2013. *Subsecretaría de Alimentación y Competitividad. Dirección General de Logística y Alimentación*. D. F., México.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2013: *Monitor Agroeconómico e Indicadores de la Agroindustria*.
- Sanderson M., G. y D., L., Hemming and R. A. Betts., 2012: *Regional temperature and precipitation changes under high-end (>4°C) global warming*. Phil. Trans. R. Soc. A 2011 369, pp.85-98, doi: 10.1098/rsta.2010.0283.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2006: *Inventario Nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2002*. D. F., México: Instituto Nacional de Ecología INE, pp.1-258.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2009: *Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. D. F., México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Comité Intersecretarial sobre Cambio Climático, pp. 7-274.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013: "El cambio climático en México. Información por estado y sector", consultado el 05 de julio de 2013 en [http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/estados/futuro\\_mexico.html](http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_mexico.html).
- SEMARNAT-INE, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Instituto Nacional de Ecología, 2006. *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, D. F., México: SEMARNAT-INE, pp. 27-209.
- SEMARNAT-INECC, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2012: *Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, D. F., México: Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, pp. 1-399.
- SIAP, Servicio de Información y Estadística agroalimentaria y pesquera, 2011: "Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA)", consultado el 05 de julio de 2013 en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Yarto, M., 2005: "Los efectos de la contaminación: el caso de las sustancias tóxicas persistentes", en Oscar Sánchez, Eduardo Peters, Roberto Márquez Huitzil, Ernesto Vega, Gloria Portales, Manuel Valdez y Danae Azuara (Editores). *Temas sobre restauración ecológica*, D. F., México: INE-SEMARNAT, pp. 231-250.