

# AGRICULTURA y deterioro ambiental

Arturo **Pérez Vázquez** y  
Cesáreo **Landeros Sánchez**

Se estima que la agricultura surge aproximadamente hace diez mil años. La evidencia más antigua que se tiene de la actividad agrícola se localiza en lo que ahora se conoce como Irak, territorio que correspondía antiguamente a Mesopotamia.<sup>1</sup> Desde entonces y hasta principios del siglo XX, las repercusiones ambientales de la agricultura al parecer fueron mínimas; sin embargo, a partir de la Revolución Industrial y de la “revolución verde” el impacto de la agricultura en el ambiente y en la salud humana se ha recrudecido. Ciertamente, los problemas derivados de las prácticas agrícolas son tan viejos como la agricultura misma, pero la diferencia radica en la magnitud que actualmente alcanzan.

El impacto de la “revolución verde” en la producción mundial de alimentos es innegable. Se entiende por “revolución verde” a los cambios tecnológicos y al modo de practicar la agricultura como resultado de la transferencia, innovación y difusión de desarrollos agrícolas tecnológicos.

En las últimas cinco décadas, la agricultura mundial se ha orientado hacia el paradigma de la “revolución verde”, la cual ha implicado un incremento y dependencia de insumos sintéticos, intensificación y búsqueda de una mayor tasa de retorno financiero. Sin embargo, con el afán de elevar productividad y rentabilidad agrícola, se ha contribuido grandemente al deterioro ambiental. Tanto la agricultura tradicional como la moderna

o industrial han tenido un efecto considerable en el ambiente. Los países desarrollados han logrado aumentar de manera significativa y permanente los rendimientos de sus cultivos, no así los subdesarrollados, en los cuales los rendimientos van a la baja debido entre otras cosas al deterioro de los recursos naturales.<sup>2</sup> Los principales retos que tienen que enfrentar la agricultura mundial, los gobiernos y la sociedad en su conjunto, son los de satisfacer la demanda de alimentos y mantener niveles sustentables de los recursos naturales (suelo, agua, vegetación, fauna).

## PLAGUICIDAS

Los plaguicidas son productos químicos utilizados para combatir plagas, enfermedades o malezas que afectan a los cultivos agrícolas y algunos de ellos son empleados en la sanidad pública.

A pesar de existir varios métodos de control de plagas (biológico, autocida y cultural), el control químico es el más extensamente empleado debido a su rapidez de acción; hecho que redundando en un mayor aseguramiento de la producción de alimentos, pero a un alto costo ambiental y de salud pública.<sup>3</sup> Investigaciones del impacto de los plaguicidas en la vida silvestre señalan que éstos tienen efecto en la reproducción, crecimiento, desarrollo neurológico, comportamiento y en el funcionamiento del sistema endocrino e inmunológico de seres vivos.<sup>4</sup> La exposición a plaguicidas puede ocasionar efectos en la salud humana, tanto crónicos como de intoxicación aguda. Los problemas crónicos incluyen cáncer, interferencia con el desarrollo del feto, disrupción del sistema reproductivo, endocrino, inmunológico y nervioso (efecto neurotóxico). En 1989, la World Health Organization (WHO) y el United Nations Environment Programme (UNEP) estimaron que se presentaban anualmente un millón de intoxicaciones agudas de personas por plaguicidas con aproximadamente 20,000 muertes.<sup>3</sup> En un estudio realizado en Mérida, Yucatán,<sup>5</sup> se encontró que los plaguicidas son utilizados frecuentemente como productos para suicidarse (79%) y en un 33% de los casos la intoxicación se produjo por la utilización de los plaguicidas.

Actualmente los plaguicidas —en su mayoría organoclorados y organofosforados— han sido los productos mayormente utilizados para el control de plagas y enfermedades.<sup>6</sup> El mal manejo de los plaguicidas ha dado como resultado que diversas plagas (mosquita blanca, pulgones y otras) se vuelvan resistentes a uno o varios insecticidas y que la población de enemigos naturales se haya reducido de manera drástica. Éste es otro problema grave del mal uso de plaguicidas, particularmente por la aparición de nuevas plagas y plagas super-resistentes.<sup>7</sup>

Los plaguicidas y herbicidas afectan adversamente a la fauna edafológica, al ciclaje de nutrientes en el suelo, a las poblaciones de insectos benéficos, a los procesos naturales de reproducción y a los problemas relacionados con bio-acumulación en la cadena trófica. Los plaguicidas pueden acumularse en la cadena trófica y alcanzar hasta el último eslabón de la cadena (el ser humano o los animales carnívoros) en concentraciones verdaderamente tóxicas y con manifestaciones patológicas severas en muchos casos. En el año de 1962, Rachel Carson<sup>8</sup> denunció a través de su libro *Silent Spring* los riesgos y los impactos ambientales ocasionados por los plaguicidas al ambiente y a la salud humana.

Entre 1991 y 1996 se dio una reducción del uso de plaguicidas en ciertos países, en particular en aquellos en los cuales la normatividad está orientada a la reducción de su empleo y es más estricta. Son notorios los casos de países como Finlandia (46%), Holanda (43%), Dinamarca (21%) y Suecia (17%).<sup>9</sup> Sin embargo, en otros países se ha observado, por el contrario, un incremento en su utilización, específicamente en España (19%), Francia (11%) e Inglaterra (6%).

Una de las alternativas que intentan reducir el exceso en el uso de plaguicidas en la agricultura es el Manejo Integrado de Plagas (MIP). Éste consiste en encontrar y emplear métodos biológicos, culturales y otros para reducir las poblaciones de insectos plaga, de tal manera que ocasionen el menor impacto económico y productivo y que los sistemas sean menos dependientes de plaguicidas. Otra opción es la agricultura orgánica que proscribe el empleo total de plaguicidas y se basa en la aplicación de abonos orgánicos y prácticas agrícolas que están diseñadas para restablecer y mantener un balance ecológico de la biodiversidad (insectos plagas e insectos benéficos). El manejo de plagas se lleva

a cabo aplicando controles como la rotación, el reciclaje de residuos, el incremento de poblaciones de insectos benéficos, los cultivos trampa, los atrayentes, la diversificación del hábitat y otros.

## DEGRADACIÓN DEL SUELO

La agricultura ha contribuido a la degradación del suelo de diversas maneras. Esto incluye la pérdida de la fertilidad, la salinización, la contaminación por agroquímicos, la erosión debida a la eliminación de la cubierta vegetal por el sobrepastoreo o el movimiento constante del suelo. Todos estos tipos de degradación causan que la capacidad productiva del suelo disminuya, reduciéndose, por consecuencia, el rendimiento agrícola. Bajo estas condiciones, el productor requiere emplear cada vez más fertilizante para mantener los mismos rendimientos. Países en África y Latinoamérica son los que muestran los niveles más altos de degradación del suelo.<sup>10, 11</sup>

La degradación del suelo se produce también debido a la compactación por maquinaria agrícola y a la reducción del contenido de materia orgánica, lo cual afecta a la estructura y a la composición del suelo. El uso de plaguicidas altera indirectamente la estructura del suelo a través de su impacto en la edafofauna.<sup>12</sup> Los plaguicidas, herbicidas y funguicidas tienen un efecto directo en la biodiversidad, tanto de vertebrados como de invertebrados.<sup>13</sup> Finalmente todo esto contribuye a incrementar la tasa de erosión del suelo.

En México son graves los problemas de salinización en el noreste del país, de deforestación en el sureste y de erosión acelerada en un 80% del territorio. Las altas tasas de erosión en el país se deben al cultivo intensivo de maíz y a la ganadería extensiva en zonas montañosas.<sup>11</sup>

Las adiciones de materia orgánica, de abonos verdes o los sistemas pecuarios con leguminosas han demostrado ser procedimientos eficientes para la conservación del suelo.<sup>14</sup> La reducción de la labranza ha demostrado tener igualmente un efecto positivo en la conservación del recurso.

## FERTILIZANTES

Se estima que las plantas sólo utilizan del 25 al 85% del nitrógeno aplicado (según cultivo, prácticas agrícolas,

y condiciones edafológicas específicas). Esto provoca que muchas de las veces la aplicación de fertilizantes sea inadecuada o excesiva, dando como resultado el arrastre de los mismos por el agua o lixiviación. El uso de fertilizantes con nitrato soluble se traduce directamente en un incremento de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en mantos freáticos, lo cual tiene implicaciones negativas en la salud humana y la calidad ambiental.<sup>15, 16</sup> La ingestión de nitratos puede causar metahemoglobinemia o el síndrome de “*blue baby*” y se le relaciona también con el desarrollo de cáncer estomacal.<sup>17, 18</sup> Existe una correlación estrecha entre el empleo excesivo de fertilizantes nitrogenados y la concentración de nitratos en el agua por encima de los límites permisibles, de 50 mg/l, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de 22 mg/l para la norma mexicana.

Hasta hace poco el problema de contaminación de mantos freáticos por nitratos fue considerado sólo un problema de las áreas rurales, pero hoy en día tiene impacto también en las urbanas. Un estudio de caso en el área rural en el estado de Yucatán<sup>15</sup> mostró que la concentración de nitratos fluctuó de cero a 223 mg/l, con un promedio de  $60 \pm 46$  mg/l. En otro estudio en la zona central del estado de Veracruz, se encontraron concentraciones de nitrato por encima de la norma nacional e internacional.<sup>16</sup> En ambos casos el contaminante identificado fue el nitrógeno disuelto en forma de nitrato.

Nitratos y fosfato provenientes de fertilizantes solubles son causa de eutroficación de ríos y lagos, un proceso de enriquecimiento del agua con nutrientes provenientes de fertilizantes minerales u orgánicos, que produce un crecimiento explosivo de algas y una posterior desoxigenación del agua cuando las algas perecen, efecto que provoca que los organismos acuáticos—como los peces—mueran.

En los últimos años se ha observado un decremento en el uso de fertilizante, particularmente en países desarrollados. Hoy en día, a través de lo que se conoce como “agricultura de precisión”, se realiza una variación espacial de aplicación de fertilizantes en función de la fertilidad del suelo, la demanda del cultivo y de otros parámetros. Este conjunto de prácticas puede

en cierta manera mitigar los problemas de contaminación del ambiente. Tradicionalmente, el cultivo de leguminosas o plantas fijadoras de nitrógeno puede contribuir a reducir las aplicaciones de nitrógeno mineral, mientras que la promoción de micorrizas puede, por su parte, hacer más disponible el fósforo del suelo a las plantas cultivadas, opciones que deben ser más exploradas y empleadas.

## DEFORESTACIÓN

Las selvas tropicales están desapareciendo rápidamente y esto implica un alto costo social, la pérdida de biodiversidad y emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. La tala y quema de bosques contribuye a elevar los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. El CO<sub>2</sub> es uno de los gases con efecto invernadero y tiene además un impacto potencial en el ciclaje de nutrientes por la comunidad del suelo. Un 60% de esta deforestación es atribuida a la agricultura de pequeña escala.<sup>19</sup> La tasa de deforestación mundial de las selvas tropicales continúa aún alta, estimada en 11 millones de hectáreas/año.<sup>20</sup> En América Latina las tasas de deforestación anual son del orden del 0.54 % y en México fluctúa entre las 500 a 700 mil hectáreas. Como sabemos, los bosques y las selvas tienen importantes funciones ecológicas reguladoras, representan el hábitat para millones de especies, protegen el suelo de la erosión y contribuyen a moderar el clima e inundaciones; además de proveer de satisfactores (leña, materiales de construcción, sustancias medicinales, elementos ceremoniales y otros) a muchas comunidades indígenas y rurales. En México, las causas que han contribuido a la deforestación han sido diversas, como son: la ampliación de la frontera agropecuaria, los incendios, los proyectos hidroeléctricos y de reacomodo de población, la explotación irracional, la especulación de la tierra, el establecimiento de complejos turísticos e industriales, los asentamientos poblacionales, entre muchos otros.

Los sistemas de roza-tumba-quema y el alto consumo de leña como combustible (consumo *per capita* 350 a 700 kg/año) implican una deforestación significativa en las regiones tropicales de México. La extensa

cobertura selvática originalmente comprendía 110,000 kilómetros cuadrados de extensión, equivalente al 6% de la superficie total del país. Sin embargo, la actividad agropecuaria e industrial y el crecimiento urbano han convertido cerca del 80% de la extensión original de selvas en sistemas antropogénicos. En Tabasco, el 60% de la superficie del estado (24,141 km<sup>2</sup>) consistía de selvas húmedas, pero éstas fueron destruidas a un ritmo anual de 600 km<sup>2</sup>.<sup>21,22</sup>

En México y muchos países del mundo, el drenaje de grandes áreas lagunarias, pantanos y marismas ha conducido a su reconversión en áreas agrícolas. Estos ecosistemas de alta productividad primaria,<sup>23</sup> después de su desecación pierden no sólo su biodiversidad, sino también su productividad.<sup>24</sup> Otros cuerpos de agua han sido drenados debido a que se ha desviado el agua para la agricultura. La desecación de cuerpos de agua ha resultado en la pérdida de la flora y la fauna acuática y es nota frecuente en diarios locales y nacionales.

Los sistemas agroforestales representan una alternativa sustentable de uso del espacio en la escala temporal, procurando la producción de alimentos, forraje, fibras y la conservación del suelo y de la biodiversidad, lo cual debe implicar un manejo sustentable del paisaje para que se logren diversos cometidos y servicios ambientales y beneficios sociales.<sup>25</sup>

## BIOTECNOLOGÍA (ORGANISMOS TRANSGÉNICOS)

La domesticación de plantas y animales útiles al hombre transformó radicalmente a las sociedades humanas. Los métodos convencionales de mejoramiento de plantas y animales, por medio de la fertilización cruzada y la selección, han permitido desarrollar variedades y razas con grupos de características particulares. Fue a través de estas cruas controladas y la selección gradual que el ser humano transformó organismos silvestres en los cultivos y animales domésticos que hoy conocemos. Esta manipulación provocó que esos cultivos, e incluso tales animales, sean dependientes de los cuidados de los humanos para su propagación y sobrevivencia.<sup>26</sup>

Un aspecto que ha venido a revolucionar la forma de propagar y mejorar genéticamente plantas y animales es la biotecnología. La biotecnología o ingeniería genética



© Raymundo Sesma. De la serie *Intemporeale*, 1999-2009.

consiste básicamente en transferir genes –con características deseables– entre especies que de manera normal no pueden cruzarse. Los tipos de características usualmente transferidas a cultivos transgénicos son: propiedades insecticidas; resistencia a enfermedades, a la sequía y a la salinidad; tolerancia de las plantas a herbicidas; tasa de crecimiento más rápida y mayor producción de masa a una tasa más acelerada.<sup>27</sup> La investigación biotecnológica ha posibilitado el desarrollo de variedades de arroz con una combinación de transgenes que llevan a la biosíntesis de la provitamina A y  $\beta$  caroteno.<sup>28</sup>

A pesar de las maravillas que nos ofrece la manipulación transgénica, varios investigadores<sup>29, 30</sup> han detectado una serie de riesgos potenciales asociados al ambiente con la liberación de organismos genéticamente modificados (OGM). Por ejemplo, una preocupación relacionada con la contaminación de transgenes es la erosión que potencialmente pueda sufrir la biodiversidad del germoplasma de cultivos tradicionales. Otros de los riesgos asociados con los OGM es que puedan causarle daño a insectos benéficos o a especies que no se intenta controlar, y con esto disminuir la biodiversidad y alterar en diferente medida las co-

munidades bióticas y los ciclos biológicos. Un artículo pionero que alertó a la comunidad científica sobre el riesgo potencial de los OGM es el de Losey *et al.*<sup>31</sup> quienes reportan el efecto negativo del polen de maíz transgénico para la sobrevivencia de larvas de mariposa monarca. Sin embargo, otros trabajos no han corroborado dichos resultados.<sup>32</sup>

Dos tipos de cultivos genéticamente modificados se han desarrollado a la fecha: los resistentes a herbicidas y los que contienen toxinas bacterianas o cultivos Bt (*Bacillus thuringensis*). Los primeros permiten utilizar cualquier tipo de herbicida sin matar al cultivo de interés. Los Bt contienen genes de bacterias que producen toxinas que son letales para algunos insectos plaga. Sin embargo, ambos tipos de OGM han mostrado un efecto negativo en otro tipo de especies.

#### CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Los principales contaminantes atmosféricos son el CO<sub>2</sub>, monóxido de carbono, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, metano, amonio y ozono, emanados en su

gran mayoría por la industria, los automotores, las refinerías y las termoeléctricas. Sin embargo, los sistemas agrícolas también contribuyen con emisiones de CO<sub>2</sub> a través de: 1) el empleo de combustibles fósiles en la agricultura, 2) el empleo indirecto de combustibles fósiles para la producción de insumos para la agricultura y 3) el manejo del suelo que resulta en pérdida de materia orgánica. Ciertamente, la agricultura acumula carbono en forma de materia orgánica integrada en el suelo y las masas forestales que actúan como almacén.<sup>33</sup>

Es reconocido que las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la quema de combustibles fósiles son el factor que más contribuye al cambio climático. Gases como el metano, amonio, óxido nitroso, y otros gases resultan también de la combustión de la vegetación.<sup>18</sup> Cada año entre 1.6 y 2.4 Pg de carbono se libera a la atmósfera debido a la deforestación de áreas tropicales.<sup>34</sup> Esto implica que la deforestación tropical contribuye con alrededor del 20 al 29% de las emisiones antropogénicas de gases de invernadero.<sup>35</sup>

Una de las opciones que se han indicado para mitigar el efecto de las emisiones de CO<sub>2</sub> es la reforestación ya que los árboles pueden secuestrar grandes cantidades de carbono. Sin embargo, esto debe llevarse a cabo sin poner en riesgo la seguridad alimentaria, ni la biodiversidad.

#### **PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD**

El acelerado deterioro de los ambientes naturales (lagunas, selvas, bosques, pantanos y otros), a nivel mundial, está provocando una reducción de las poblaciones de fauna y flora. En sólo 400 años han desaparecido poco más de 117 especies de mamíferos y otras 510 están amenazadas o en peligro de extinción.<sup>36</sup> Si bien es cierto que de manera natural sucede la extinción de especies y la modificación de ecosistemas naturales, lo alarmante en este sentido son los niveles que se han alcanzado en las últimas cinco décadas. May<sup>37</sup> indica que aproximadamente la mitad de todas las especies del planeta desaparecerán durante el presente siglo.

La destrucción de la selva y otros ecosistemas naturales y su transformación en agroecosistemas (pasti-

zales, mono o policultivos, asentamientos humanos, etc.) están provocando una considerable reducción de la riqueza biológica. Se estima que en los últimos cuarenta años se ha destruido poco más de la mitad de las selvas. La Food and Agriculture Organization (FAO) estimó para 1980 una tasa de destrucción de las selvas de 114,000 km<sup>2</sup>/año; para 1990 esta cifra se incrementó a 160,200,000 km<sup>2</sup>. Es decir, 20 millones de hectáreas de selva desaparecieron al año a nivel mundial.

Pero, ¿cuál es la importancia de las selvas? Las selvas son uno de los ecosistemas terrestres más diversos y complejos, ocupan tan sólo el 10% de la superficie terrestre y alojan entre el 50 y 80% de todas las especies existentes en el mundo. Su deforestación repercute, además, en la recarga de los mantos acuíferos, la pérdida de suelo, el régimen de lluvias y los aportes de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

La flora de México es considerada como una de las más ricas y variadas del mundo, esto se debe a su situación geográfica, su fisiografía y a la diversidad de sus climas.<sup>38</sup> El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)<sup>39</sup> señala que de las 152 ecoregiones terrestres identificadas en América Latina, 52 se encuentran en México, por lo cual nuestro país contribuye de manera importante a la biodiversidad. De modo tal que en los bosques templados mexicanos crece el mayor número de especies de pino (52) y de encino (138), la mayoría de ellas endémicas. En tanto que los desiertos de México albergan el mayor número de cactáceas del mundo y el 52% de ellas son endémicas.

El modelo de agricultura industrial ha privilegiado el monocultivo lo que ha dado lugar a una erosión genética, aspecto que ha sido alarmante desde los inicios de los años setenta. Actualmente, la agricultura mundial se caracteriza por cultivar no más de 12 especies de granos, 23 de hortalizas y cerca de 35 de frutales,<sup>40</sup> en otras palabras, no más de 70 especies cultivadas están presentes en cerca de un millón y medio de hectáreas de tierras cultivadas en el mundo. Por ejemplo, en los Estados Unidos del 60 al 70% del total del área cultivada con frijol es plantada sólo con dos o tres variedades; mientras que el 72% del área cultivada con papa, con cerca de cuatro variedades y el 53% del área algodonera, con únicamente tres variedades.<sup>41</sup>

## CONCLUSIONES

Se puede concluir que la agricultura ha tenido un impacto decisivo en el desarrollo de la sociedad, pero también en el deterioro de la salud humana, de la vida silvestre y del ambiente. Para revertir o mitigar el impacto de la agricultura en el ambiente se requieren estrategias integrales o enfoques agroecológicos que permitan desarrollar una agricultura más “amigable” ambientalmente hablando. Finalmente, el desarrollo económico de los países y el progreso de la agricultura no deben estar en oposición al desarrollo de una agricultura sustentable.

## REFERENCIAS

- <sup>1</sup> Heiser CB. *Seed to civilization: the history of food*, Harvard University Press, Cambridge, M (1990).
- <sup>2</sup> Conway G and Toenniessen G. Feeding the world in the twenty-first century. *Nature* 402 (1999) 55-58.
- <sup>3</sup> Pimentel D. “Energy inputs in production agriculture”, in Fluck RC (Ed.), *Energy in Farm Production*, Elsevier, Amsterdam, Netherlands (1992) 13-52.
- <sup>4</sup> White A. Children, pesticides and cancer. *The Ecologist* 28, 2 (1998) 100-105.
- <sup>5</sup> Durán-Nah JJ y Collí-Quintal J. Intoxicación aguda por plaguicidas. *Salud Pública de México* 42, 1 (2000) 53-55.
- <sup>6</sup> Alpuche GL. Plaguicidas organoclorados y medio ambiente. *Ciencia y Desarrollo* XVI (1991) 45-55.
- <sup>7</sup> Soule J, Carre D and Jackson W. “Ecological impact of modern agriculture” in *General Background of Agroecology*, chapter 6 (1989) 165-188.
- <sup>8</sup> Carson R. *Silent Spring*, Houghton Mifflin, Boston, USA (1962).
- <sup>9</sup> Eurostat. <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/>> (1998).
- <sup>10</sup> Oldeman LR, Hakkeling RTA and Sombroek WG. World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen, the Netherlands, and Nairobi. United Nations Environment Programme (1992).
- <sup>11</sup> Maass JMM y García-Oliva F. La conservación de los suelos en zonas tropicales: el caso de México. *Ciencia y Desarrollo* xv, 90 (1990) 21-36.
- <sup>12</sup> Pérez VA, Szott TL y Swisher EM. Macrofauna edáfica asociada a diferentes agroecosistemas como bioindicador de calidad del suelo. Memorias del II Simposium Internacional en Agricultura Sustentable (1996) 189-192.
- <sup>13</sup> Moreby SJ. The effects of organic and conventional farming methods on plant bug densities (Hemiptera: Heteroptera) within winter wheat fields. *Annals of Applied Biology* 128 (1997) 415-421.
- <sup>14</sup> Stoate C, Boatman ND, Borralho RJ, Rio CC, de Snoo GR and Eden P. Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63 (2001) 337-365.
- <sup>15</sup> Pacheco AJG. Nitratos en agua subterránea: un caso de estudio. *Ciencia y Desarrollo* xvii, 102 (1997) 98-104.
- <sup>16</sup> Landeros SC, Hernández RSL, López VMC y Ortega LA. Pérdidas de nitrógeno (N-NO<sub>3</sub>) proveniente de fertilizantes en los ingenios La Gloria y El Modelo del estado de Veracruz. *Avances de investigación del Colegio de Postgraduados Campus Veracruz*. Tepetates, Veracruz, México (2002).
- <sup>17</sup> Royal Society Study Group. The nitrogen cycle of the United Kingdom. Quoted in: Goudie A, *The Human Impact on the Natural Environment*, Basil Blackwell Ltd, Oxford, UK (1983) 177.
- <sup>18</sup> Pretty JN and Conway GR. The blue baby syndrome and nitrogen fertilizers: A high risk in the tropics? IIED. *Gatekeeper series* 5. UK (1998).
- <sup>19</sup> Sharma N (ed.). *Managing the World's Forests*, World Bank, Washington DC (1992).
- <sup>20</sup> BID/FCE/PNUD Nuestra propia agenda sobre desarrollo y medio ambiente, BID/FCE/PNUD, México (1991).
- <sup>21</sup> INEGI. *Síntesis cartográfica, Nomenclator y anexos cartográficos del estado de Tabasco* (1996).
- <sup>22</sup> SEMARNAP. <[www.semanap.gob.mx](http://www.semanap.gob.mx)> (1999).
- <sup>23</sup> Lieth H and Whittaker RH. Primary Productivity of the Biosphere. *Ecological Studies*, vol. 4, Springer-Verlag, New York, USA (1975).
- <sup>24</sup> Olguín PC y Casas DE. Impacto ecológico de los proyectos de desarrollo agropecuario del trópico húmedo. *Desarrollo y Medio Ambiente* 2, 2 (1987) 17-2.
- <sup>25</sup> Foley AJ, DeFries R, Asner PG, Barford C, Bonan G, Carpenter RS, Chapin SF, Coe TM, Daily CG, Gibbs KH, Helkowski HJ, Holloway T, Howard AE, Kucharik JCh, Monfreda Ch, Patz AJ, Prentice IC, Ramankutty N, Snyder KP. Global consequences of land use. *Science* 309 (2005) 570-574.
- <sup>26</sup> Prakash SC. The genetically modified crop debate in the context of agricultural evolution. *Plant Physiology* 126 (2001) 8-15.
- <sup>27</sup> Wolf EC. Beyond the Green Revolution: new approaches for third world agriculture. *Worldwatch Paper* 73. Worldwatch Institute, Washington, DC (1986).
- <sup>28</sup> Ye X, Al-Babili A, Klöti J, Zhang P, Lucca P, Beyer PE and Potrykus I. Engineering the provitamin A ( $\beta$  caroteno) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 287 (2000) 303-05.
- <sup>29</sup> Ellstrand NC. When Transgenes Wander, Should We Worry? *Plant Physiol* 125 (2001) 1543-1545.
- <sup>30</sup> Marvier M. Ecology of Transgenic Crops. *American Scientist* 89 (2) (2001) 160-167.
- <sup>31</sup> Losey JE, Raynor LS y Carter ME. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399 (1999) 214.
- <sup>32</sup> Wraight CL, Zangerl AR, Carroll MJ y Berenbaum MR. Absence of toxicity of bacillus thuringiensis pollen to black swallowtails under field conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97 (2000) 7700-03.
- <sup>33</sup> FAO. Carbon sequestration options under the clean development mechanism to address land degradation. *World Soil Resources Reports* 92. FAO and IFAD, Rome (2000).
- <sup>34</sup> Fearnside PM. Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46, 1-2 (2000) 115-158.
- <sup>35</sup> Watson RT, Noble IR, Bolin B, Ravindranath NH, Verardo DJ y Dokken DJ. *Land Use, Land-Use Change and Forestry*, Cambridge University Press, Cambridge (2000).
- <sup>36</sup> Hernández HA. Los mamíferos carnívoros de México. *Ciencia y Desarrollo* 19, 114 (1994) 54-63.
- <sup>37</sup> May RM. How many species are there and there on the Earth? *Science* 241 (1988) 1441-1449.
- <sup>38</sup> Rzedowski J. *La vegetación de México*, Limusa, México (1978).
- <sup>39</sup> WWF. Programa México. Biographica, México (1999).
- <sup>40</sup> Fowler C and Mooney PR. “Genetic erosion: losing diversity” in Cary Fowler C and Mooney PR, *Shattering: food, politics, and the loss of genetic diversity*, Univ. of Arizona Press, Tuscon, AZ. (1990) 81-86.
- <sup>41</sup> National Academy of Sciences. *Underexploited tropical plants with promising economic value*. Commission on International Relations (JH215), National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, DC. (1972).

**Arturo Pérez Vázquez y Cesáreo Landeros Sánchez, Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Línea de Investigación en Agroecosistemas Sustentables. email: parturo@colpos.mx**