

Ensayo

EL USO DE QUÍMICOS VETERINARIOS Y AGRÍCOLAS EN LA ZONA GANADERA DE XICO, CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO Y EL POSIBLE IMPACTO AMBIENTAL

Imelda MARTÍNEZ M. y Magdalena CRUZ R.

Instituto de Ecología A.C. Departamento de Biodiversidad y Ecología Animal. km 2.5
Antigua Carretera a Coatepec # 351. Congregación El Haya. 91170, Xalapa, Veracruz, MÉXICO.
imelda.martinez@inecol.edu.mx; magda.cruz@inecol.edu.mx

Martínez, M. I. y M. Cruz. 2009. El uso de químicos veterinarios y agrícolas en la zona ganadera de Xico, Centro de Veracruz, México y el posible impacto ambiental. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 25(3): 673-681.

Resumen. En la zona ganadera de Xico, Veracruz, se hizo una encuesta a 48 ganaderos para conocer los productos veterinarios y agrícolas que más utilizan. En esta zona se encuentran 1,700 cabezas de ganado bovino que es desparasitado con antihelmínticos comerciales que tienen fenbendazol, ivermectina, albendazol o levamisol como principio activo. El control de moscas y otros ectoparásitos se realiza con insecticidas organofosforados y piretroides. Las malezas del pastizal son controladas en algunos ranchos con herbicidas conteniendo principalmente picloram+2,4-D o glifosato. Los químicos empleados, sobre todo los herbicidas e insecticidas, son tóxicos y seguramente afectan a los escarabajos que entierran el estiércol del ganado y a otras especies del suelo, así como la salud de los trabajadores de los ranchos.

Palabras clave: Ganado bovino, estiércol, desparasitantes, insecticidas, pastizales, herbicidas, escarabajos estercoleros, biodiversidad, ecotoxicología.

Martínez, M. I. & M. Cruz. 2009. The use of agricultural and livestock chemical products in the cattle-ranching area of Xico, central Veracruz, Mexico, and their possible environmental impact. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 25(3): 673-681.

Abstract. The municipality of Xico is an important cattle-ranching area located in central Veracruz. Here, an interview was conducted to 48 owners in order to investigate which are the main agricultural and livestock chemical products more often applied. An overall of 1,700 cattle heads was found in the farms sampled. Cattle are treated with commercial antihelmintics containing fenbendazole, ivermectin, albendazole or levamisole as chemical active compounds to prevent and control parasite infestations. Control of flies and ectoparasites is carried out by means of organophosphate and pyrethroid insecticides. Weeds of grasslands are basically manually controlled by hand-cutting although some times organochloride herbicides containing principally picloram+2,4-D or glyphosate are also used. Excessive application of all of these chemicals affects the soil fauna of the grassland, especially the dung beetles that bury the cattle manure, and possibly other soil animals and human beings as well.

Key words: Cattle, cow dung, antihelmintics, insecticides, grassland, herbicides, dung beetle, biodiversity, eco-toxicology.

Recibido: 19/05/2009; aceptado: 04/09/2009.

La productividad ganadera depende directamente del manejo veterinario del ganado, del control de sus plagas, del estiércol producido y del manejo del pastizal. Sin embargo, las prácticas agropecuarias usadas para el manejo y control del ecosistema ganado-pastizales, pueden tener consecuencias ecológicas graves debido al uso de los productos químicos empleados como los vermícidias, los insecticidas y los herbicidas, entre los más importantes. Los residuos de estos químicos pueden producir un desequilibrio en el entorno ambiental afectando principalmente a las especies animales del suelo y al hombre, además de ocasionar pérdidas económicas a los ganaderos (Martínez y Lumaret, 2006).

En México, el estado de Veracruz es el primer productor de carne y el quinto de leche. Cuenta con una superficie total de 71,820 km², de los cuales casi 36,800 km² están dedicados a la ganadería (Gobierno de Veracruz, 2008). La población bovina total es de 2,454,171 cabezas, de las cuales 70.8% se destina al pastoreo libre, casi 20% al pastoreo controlado, 6% al pastoreo estabulado o semiestabulado y el porcentaje restante no está definido. Del total de este ganado, el 93.5% son vacunados y 92.8% son desparasitados (INEGI, 2007). Sin embargo, esta información no muestra las variaciones existentes en los diferentes ranchos ganaderos, en cuanto al manejo químico de sus hatos y sus pastizales.

Para conocer el manejo químico que se le da al ganado y a los pastizales, se seleccionó la zona ganadera que se encuentra en el Municipio de Xico, en la región central de Veracruz. Este Municipio tiene una superficie de 176.85 km² y se encuentra a 19°25' Norte, 97°01' Oeste y a 1,320 metros de altitud media sobre el nivel del mar. Su clima es templado-húmedo, con una temperatura media anual de 19°C. Su precipitación anual es de 1,750 milímetros, con lluvias abundantes de junio a septiembre y las menos abundantes en febrero (Enciclopedia de los Municipios de México, 2009). Una de las principales actividades económicas de este municipio es la ganadería. El 38% de su superficie está ocupada por pastizales ganaderos y cuenta con 5,769 cabezas de ganado vacuno, de las cuales 4,790 son para producción de leche y 979 para leche y carne (Gobierno de Veracruz, 2009).

En esta zona ganadera, se hizo una encuesta a los dueños de ranchos localizados en la ladera oriental del Volcán Cofre de Perote. De los 187 miembros de la Asociación Ganadera de Xico, se obtuvo una muestra de 48 personas, representando el 25% de asociados. Al dueño de cada rancho se le aplicó un cuestionario con 36 preguntas relacionadas con la ubicación y características generales del rancho, el control de parásitos internos y externos, el control de malezas y del estiércol.

El ganado bovino. Los ranchos encuestados se encuentran en una zona montañosa, el 66% de ellos se encuentra en terrenos planos alternados con laderas y a una altitud de 1,200 a 1,600 metros. Su superficie varía de 1 a 80 hectáreas, aunque el 56 % de ellos tienen de 5 a 20 hectáreas. En estos ranchos hay un total de 1,700 cabezas de ganado bovino, encontrándose de 10 a 20 cabezas por cada rancho. El

62% del ganado es manejado de manera extensiva, el 25% está semiestabulado y sólo el 4% están estabulados. En el 52% de los ranchos la producción ganadera está dirigida principalmente a la obtención de leche, en el 31% se obtiene sólo carne, en el 12% a carne y leche y el 5% se dedica a otras actividades no ganaderas. En todos los ranchos, independientemente de los productos ganaderos que se obtengan, se usan vermícidias e insecticidas para el ganado. Los herbicidas para el pastizal se emplean en más de la mitad.

Control de parásitos. Los vermícidias se aplican al ganado por vía oral o inyectada, desde hace más de 20 años. Actualmente, la frecuencia de aplicación es muy variable, en el 88 % de los ranchos se aplican de dos a cuatro veces por año, en el 4 % lo hacen hasta seis veces al año y en el 8 % aplican una sola vez. La lista de desparasitantes comerciales que usan los ganaderos es de al menos 15 diferentes productos, pero los más usados según su preferencia son los que contienen fenbendazol, ivermectina, albendazol y levamisol como principios activos (Fig. 1A).

Los vermícidias que se emplean requieren receta médica para su comercialización y supervisión (Diario Oficial de la Federación, 2004). Sin embargo, ni la comercialización, ni la aplicación de estas sustancias están supervisadas en Veracruz ni en ningún otro estado de nuestro país. De estos productos químicos el más nocivo para el entorno ambiental, particularmente de la fauna del suelo y del estiércol, es la ivermectina ya que permanece largo tiempo en el cuerpo del animal y en el ambiente después de ser evacuada en el estiércol (Diao *et al.*, 2007; Schmitt y Römbke, 2008). Según la antigüedad informada por los ganaderos, la ivermectina es la que más se ha usado desde hace más de 20 años.

Los insecticidas también se aplican al ganado desde hace más de 20 años, sobre todo para controlar las moscas y las garrapatas. Actualmente estas sustancias se aplican de 1 a 8 veces por mes sobre todo en los meses que hace más calor. Los insecticidas más usados son los organofosforados, que son los más tóxicos y se aplican en casi la mitad de los ranchos. Siguen los piretroides y al final otro tipo de insecticidas menos dañinos (Fig. 1B).

Los insecticidas organofosforados, que son los más empleados, tienen como principio activo el fenthion que tiene un alto poder residual, en el suelo se degrada después de 4 a 6 semanas pero llega al agua donde permanece más tiempo. Es muy nocivo para el entorno ambiental, contamina el agua y es muy tóxico para los organismos acuáticos y para los humanos en quienes ocasiona carcinogénesis, toxicidad reproductiva y neurotoxicidad (Kegley, *et al.*, 2009). En cambio, los piretroides son menos tóxicos y se degradan rápidamente al contacto del aire y la luz (Exttoxnet, 1994). Sin embargo, estos insecticidas pueden producir alteraciones genéticas, como en el caso de *Anopheles funestus*, el principal mosquito vector de la malaria en el hombre, en quien se ha asociado duplicación de genes con la resistencia a insecticidas piretroides, lo que representa un obstáculo para su control (Wondji *et al.*, 2009).

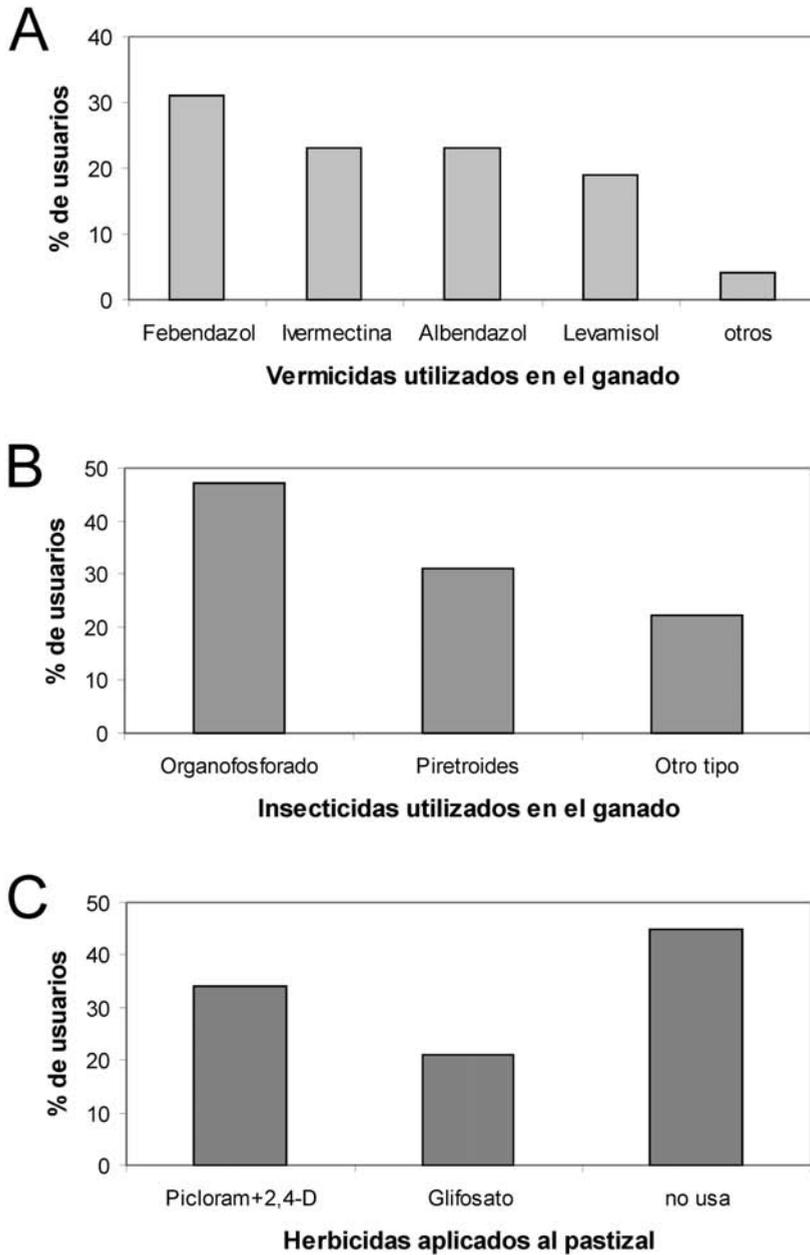


Figura 1. Vermicidas (A), insecticidas (B) y herbicidas (C), según su principio activo y porcentaje de la muestra de ganaderos que los aplican en la zona ganadera de Xico, Veracruz, México.

Control de malezas en el pastizal. Los herbicidas no se aplican en todos los pastizales. La mitad de ellos controlan las malezas exclusivamente por chapeo manual, casi una cuarta parte utiliza chapeo manual y herbicida, y la otra cuarta parte aplica sólo herbicidas. Según los comentarios de algunos rancheros, el chapeo manual es cada vez menos usual, debido a la falta de mano de obra, por lo cual les resulta más fácil pagar por aplicar el herbicida. Estas substancias han sido aplicadas desde hace poco más de 10 años, y por lo general de 1 a 2 veces por año, aunque en algunos ranchos se aplican hasta 3 veces anualmente.

Los herbicidas más usados en la zona estudiada son los que contienen como principio activo el ácido 2,4-diclorofenoxyacético (2,4-D), generalmente con picloram (Fig. 1C). El 2,4-D es de los herbicidas más tóxicos y nocivos (Beyond Pesticides, 2004). También se usan otros herbicidas que contienen como principio activo el glifosato, considerado como moderadamente tóxico, aunque también es riesgoso para la salud humana (Kaczewer, 2002).

Los herbicidas, aunque han sido poco estudiados, se sabe que afectan el entorno ambiental, incluyendo al hombre. Pero, el 2,4-D es el herbicida más usado y más conocido desde la guerra de Vietnam y sus residuos quedan en el suelo durante años (Pinehiro, 2004). Dichos residuos producen mutagénesis, cáncer, esterilidad y en ocasiones la muerte en cangrejos, moscas, ratas, ratones y el hombre, (Blakley *et al.*, 1989; Chiverton y Sotherton, 1991; Lerda y Rizzi, 1991; Tripathy *et al.*, 1993; Rodríguez *et al.*, 1994). Recientemente el 2,4-D, entre otros pesticidas, se ha relacionado con la leucemia en hijos de madres expuestas a estos químicos desde antes del nacimiento del niño (Wigle, *et al.*, 2009). Los escarabajos estercoleros de los pastizales ganaderos también son muy afectados (Martínez *et al.*, 2001), de tal manera que la funcionalidad de tal ecosistema está en peligro (Pratt *et al.*, 1997).

La mayoría de los ganaderos en Veracruz desconocen el importante papel que desempeñan estos organismos en sus pastizales al enterrar el estiércol. Al no haber escarabajos, los ganaderos aumentan el gasto en insumos químicos para mantener la productividad del ganado y del pastizal, y el costo de la mano de obra para eliminar el estiércol que queda sobre el pasto (Fincher, 1981; Fincher, *et al.*, 1981; Losey y Vaughan, 2006).

En la zona encuestada hemos observado durante varios años que las poblaciones de escarabajos son muy pequeñas, comparando con otros lugares de México (Martínez, I., observaciones personales no publicadas). No sabemos si han disminuido especies con el tiempo, o incluso si algunas de ellas hasta hayan desaparecido. Esto podría estar relacionado con el uso más frecuente de vermicidas y herbicidas en los últimos años, sobre todo de los más nocivos, que los ganaderos aplican desde hace dos décadas o más. Se ha observado que los residuos de estas sustancias afectan a los escarabajos que entierran el estiércol y a la comunidad de nematodos edáficos que facilitan el intercambio de gases en el suelo, lo que facilita

la explosión demográfica de moscas nocivas para el ganado y el hombre, así como la reducción de la productividad de los pastizales y del ganado, entre lo más conocido (Lumaret y Martínez 2005).

Cuando la ganadería se hace intensiva, la cantidad de estiércol aumenta, y se podría aprovechar como abono para los pastizales. Sin embargo, el nitrógeno, fósforo y potasio del estiércol en exceso causan un grave problema de contaminación en el suelo y el agua (Yokoyama, *et al.*, 1991; Delgado *et al.*, 2008). Además, el estiércol al no reincorporarse al suelo, hace que se altere el ciclo del carbono, lo cual tiene relación con el cambio del clima global (Fellman *et al.*, 2008). Por otro lado, se ha observado en algunos países en desarrollo, que el aumento en cabezas de ganado en áreas pequeñas ocasiona enfermedades y problemas sanitarios que aumenta su mortalidad. Cuando el ganado muere, el inadecuado manejo de los desechos libera al ambiente más metano, óxido nítrico y amoníaco, lo que está relacionado con el efecto invernadero (Delgado *et al.*, 2008).

Como consecuencia de todo lo anterior, es muy posible que los residuos de los químicos usados en los ranchos ganaderos de Xico, en particular los herbicidas y los insecticidas, se encuentren en las cuencas hidrológicas que abastecen de agua a los potreros y a las ciudades cercanas, en este caso de Coatepec y Xalapa, entre las más pobladas de la zona.

En Inglaterra, descubrieron peces machos feminizados en sus ríos y observaron que la contaminación del agua podría ser responsable de los crecientes problemas de esterilidad en machos de varias especies. En el agua de los ríos encontraron varias sustancias químicas bloqueadoras de la testosterona, que se requiere para la producción del esperma. Los investigadores afirman que estas sustancias están afectando a animales, plantas y posiblemente a los humanos (Jobling y Tyler, 2003; Liney *et al.*, 2006). Esas sustancias químicas, conocidas como antiandrógenos, se encuentran en medicamentos que se usan en terapias contra el cáncer, tratamientos farmacéuticos y pesticidas utilizados en la agricultura, de estos últimos cabe la posibilidad de que podrían estarse filtrando a los ríos desde las tierras de cultivo. En la actualidad, varios investigadores están intentando identificar la fuente de estas sustancias antiandrogénicas, con la finalidad de ayudar a proteger la salud medioambiental (BBCMundo, 2009).

En nuestro país, en particular en Veracruz, el uso de pesticidas en las áreas ganaderas repercutirá tarde o temprano sobre la economía de los ganaderos y en el precio de venta de sus productos, las poblaciones de escarabajos, y sobre la salud de los trabajadores de los ranchos. Nada de esto ha sido estudiado.

En relación con la economía de los ganaderos habría que conocer los costos que deben pagar por los químicos aplicados al pastizal y al ganado, y los necesarios para limpiar el exceso de estiércol del pastizal. Por otro lado, se deberán conocer los beneficios económicos que recibiría el ganadero por los servicios que prestan los

escarabajos estercoleros en sus pastizales al enterrar el estiércol. Los resultados de este análisis de costo-beneficio deberían estar a favor de conservar esta importante fauna, como lo han hecho en otros países (Fincher, 1981; SETAC, 1997; Losey y Vaughan, 2006), antes que sea demasiado tarde.

Para la conservación de la fauna edáfica, en este caso de los escarabajos estercoleros que son indicadores del estado de salud del pastizal, es necesario conocer su abundancia, diversidad y biología, para poder establecer programas calendarizados de aplicación de los vermícidias, los herbicidas y los insecticidas con las dosis mínimas necesarias para no afectar el entorno ambiental.

Los residuos de herbicidas e insecticidas seguramente afectan la salud de la población humana. Se sabe que Veracruz es uno de los ocho estados con mayor número de muertes por intoxicación con plaguicidas (Diario de Xalapa, 2005). Sería conveniente efectuar un censo en los trabajadores de los ranchos que estén en contacto con los herbicidas e insecticidas para conocer su estado de salud, si la aplicación de estas sustancias es la correcta y si se toman las precauciones reglamentarias para su empleo, entre lo más importante.

AGRADECIMIENTOS. Al Instituto de Ecología A. C. por su apoyo financiero. A la Asociación Ganadera de la Ciudad de Xico, Ver., en especial al Sr. Luis Salazar y a los 48 dueños de los ranchos que fueron entrevistados. A Sergio Ibáñez-Bernal, Carmen Huerta, Enrique Montes de Oca Torres, Francisco Cabrero Sañudo, Nuria Trotta Moreau, Ma. Teresa Suárez, Mercedes G. García y Arturo Baéz del Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México y a Jean Pierre Lumaret de la Universidad de Montpellier, Francia por su apoyo para llevar a cabo la encuesta. A dos revisores anónimos por sus valiosos comentarios.

LITERATURA CITADA

- BBC Mundo** 2009. Agua contaminada e infertilidad. Nota de BBC Mundo/ Ciencia y Tecnología http://news.bbc.co.uk/go/pr/fr/-/hi/spanish/science/newsid_7838000/7838134.stm (Publicado 19/01/2009).
- Beyond Pesticides.** 2004. 2,4-D Chemical WATCH Factsheet. www.beyondpesticides.org (25 de agosto del 2009).
- Blakley P.M., J. S. Kim & G.D. Firneisz.** 1989. Effects of preconceptional and gestational exposure to Tordon 202c on fetal growth and development in CD-1 mice. *Teratology*, 39:547-553.
- Chiverton, P.A. & N.W. Sotherton.** 1991. The effects on beneficial arthropods of the exclusion of herbicides from cereal crop edges. *Journal of Applied Ecology*, 28:1027-1039.
- Delgado, C.L., C.A. Narrod, M.M. Tiongco, Barros, G. S.A. C., Catelo, M.A., Costales, A., Mehta, R., Naranong, V., Poapongsakorn, N., Sharma, V.P., and, de Zen, S.** 2008. The impact of scaling-up of livestock production on the environment. Chapter 6. Pp. 63-90. In: *Determinants and implications of the growing scale of livestock farms in four fast-growing developing countries*. International Food Policy Research Institute. FAO. LEAD. USA. Research Report 157. 145 pp. (www.ifpri.org/pubs/abstract/157/tr157.pdf)
- Diao, X., J. Jensen & A. D. Hansen.** 2007. Toxicity of the anthelmintic abamectin to four species of soil invertebrates. *Environmental Pollution*, 148:514-519.

- Diario de Xalapa**, 2005. Alto índice de muertes en Veracruz con plaguicidas. Sección G: Estatal. Publicado 6 de marzo 2005. Pags. 1, 3.
- Diario Oficial de la Federación**, 2004. Lineamientos para la clasificación y prescripción de productos farmacéuticos veterinarios por nivel de riesgo de sus ingredientes activos. Acuerdo No. 64. Publicado el 12 de julio 2004.
- Enciclopedia de los Municipios de México**, 2009. Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Xico. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/veracruz/municipios/30092a.htm>
- Extoxnet**, 1994. Extension Toxicology Network. Pesticide Information Profile: Pyrethrins. <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/pyrethrins-ziram/pyrethrins-ext.html> (publication date: 3/1994).
- Fincher, G.T.** 1981. The potential value of dung beetles in pasture ecosystems. *Journal of Georgia Entomological Society*, 16:316-333.
- Fincher, G.T., W.G. Monson & G.W. Burton.** 1981. Effects of cattle feces rapidly buried by dung beetles on yield and quality of coastal Bernudagrass. *Agronomy Journal*, 73:775-779.
- Fellman, J.B., E.H. Franz, C. L. Crenshaw & D. Elston.** 2009. Global estimates of soil carbon sequestration via livestock waste: a STELLA simulation. *Environment, Development and Sustainability*. 11(4):871-885 Online First. Published online 24 June 2008.
- Gobierno de Veracruz**, 2008. 4º Informe de Gobierno. Anexo Estadístico. Desarrollo Agropecuario pag. 30. <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/>
- Gobierno de Veracruz**, 2009. Información por municipio. Xico. http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=1645,1&_dad=portal&_schema=PORTAL&ciudad=30092
- INEGI**, 2007. Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. (www.inegi.org.mx).
- Jobling, S. & C.R. Tyler.** 2003. Endocrine disruption in wild freshwater fish. *Pure and applied chemistry*, 75(11-12):2219-2234.
- Kaczewer, J.** 2002. Toxicología del glifosato: riesgos para la salud humana. http://www.ecoportal.net/Contenido/Temas_Especiales/Salud/Toxicologia_del_Glifosato_Riesgos_para_la_salud_humana (25 agosto 2009)
- Kegley, S. E., Hill, B. R., Orme, S. & Choi, A.H.** 2009. PAN Pesticide Database. Pesticide Action Network, North America (San Francisco, CA.). <http://www.pesticideinfo.org> (26 de agosto del 2009).
- Liney, K.E., J.A. Hagger, C.R. Tyler, M.H. Depledge, T.S. Galloway & S. Jobling.** 2006. Health effects in fish of long-term exposure to effluents from wastewater treatment works. *Environmental Health perspectives*, 114(S-1):81-89.
- Lerda, D. & R. Rizzi.** 1991. Study of reproductive function in persons occupationally exposed to 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D). *Mutant Research*, 262(1):47-50.
- Losey, J.E. & M. Vaughan.** 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience*, 6(4):311-323.
- Lumaret, J. P. & I. Martínez M.** 2005. El impacto de los productos veterinarios sobre los insectos coprófagos: consecuencias sobre la degradación del estiércol en los pastizales. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 21(3):137-148
- Martínez, M. I., & J.P. Lumaret.** 2006. Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(1):57-68
- Martínez, M.I., J.-P. Lumaret & M. Cruz. R.** 2001. Suspected side effects of a herbicide on dung beetle populations (Coleoptera: Scarabaeidae). *Comptes Rendus Academic Scientific Paris, Sciences de la vie*, 324:989-994.

- Pinehiro, S.** 2004. El infierno del 2,4-D. De la Guerra de Vietnam a la agricultura de guerra. <http://www.rel-vita.org/agricultura/agrotoxicos/2-4d> (26 agosto2009)
- Pratt, J.R., A.E. Melendez, R. Barreiro & N.J. Bowers.** 1997. Predicting the ecological effects of herbicides. *Ecological Applications*, 7(4):1117-1124.
- Rodriguez, E.M., M. Schuldt & L. Romano.** 1994. Chronic histopathological effects of parathion and 2,4-D on female gonads of *Chasmagnathus granulata* (Decapoda, Brachyura). *Food Chemistry and Toxicology*, 32(9):811-818
- SETAC,** 1997. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC). Ecological Risk Assessment Technical Issue Paper. Pensacola FL USA. <http://www.setac.org/node/99> (27 agosto 2009)
- Schmitt, H. & J. Römbke.** 2008. The ecotoxicological effects of pharmaceuticals (antibiotics and anti-parasiticides) in the terrestrial environment – a review. Pp. 2985-303. *In: Pharmaceuticals in the environment sources, fate, effects and risks.* Chapter 18. Springer Berlin Heidelberg, part III.
- Tripathy N.K., P.K. Routray, G.P. Sahu & A.A. Kumar.** 1993. Genotoxicity of 2,4-D Dichlorophenoxyacetic acid tested in somatic and germ-line cells of *Drosophila*. *Mutant Research*, 319(3):237-242.
- Wigle, D. T., M. C. Turner & D. Krewski.** 2009. A systematic review and Meta-analysis of Childhood Leukemia and Parental Occupational Pesticide Exposure. *Environmental Health Perspectives*. doi: 10.1289/ehp.0900582 . (publication on date 19 may 2009). 42 pp.
- Wondji, Ch. S., Irving H., Morgan, J., Lobo, N.F., Collins, F. H., Hunt, R. H., Coetzee, M., Hemingway, J., & Ranson, H.** 2009. Two duplicated P450 genes are associated with pyrethroid resistance in *Anopheles funestus*, a major malaria vector. *Genome Research*, 19(2):452-459
- Yokoyama, K., H. Kai, T. Koga & T. Aibe.** 1991. Nitrogen mineralization and microbial populations in cow dung, dung balls and underlying soil affected by paracroprid dung beetles. *Soil Biology and Biochemistry*, 23(7):643-647.