

Relevamiento del uso de pesticidas agrícolas en la alta cuenca del río Salado (Provincia de Buenos Aires)

por

Armando Rennella y Rolando Quirós

**Proyecto UBA-Municipio de Junín: Relevamiento de niveles de pesticidas agrícolas en
agua y tejidos de peces en la grandes lagunas del sistema de Junín (CS 2826/99)**

Junio de 2000

**Area de Sistemas de Producción Acuática, Departamento de Producción Animal
Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires**

Introducción

El hombre, a través de los procesos de urbanización, industrialización e intensificación de la agricultura y la ganadería ha generado numerosas y profundas modificaciones en las cuencas que drenan hacia lagos y embalses. La importancia y la necesidad de incluir dentro de los estudios de ecología acuática aplicada aquellos aspectos relacionados con los cambios producidos en las cuencas de drenaje de los sistemas acuáticos, se puso crudamente de manifiesto durante las décadas de los 60-70, cuando un gran número de lagos en Europa y Norteamérica se eutrofizaron como consecuencia del incremento en sus cargas de nutrientes. Siguiendo al agua en su transcurso de la pendiente, y a través de las escorrentías superficial y subsuperficial, el destino final de los desechos y las descargas urbanas, industriales y agrícola-ganaderas suelen ser los sistemas acuáticos superficiales. En tanto las descargas puntuales de los asentamientos urbanos e industriales pueden ser controladas instalando plantas de tratamiento previo a la descarga, la naturaleza difusa de los residuos provenientes de la agricultura y la ganadería parece impedir, hasta el momento, un control eficaz de los mismos.

Pese a la gran cantidad de avances tecnológicos sobre los que se sustentó la moderna intensificación de la agricultura, el aumento de los rendimientos en la producción se logró fundamentalmente por medio del uso de fertilizantes y pesticidas.

El carácter no biodegradable de muchos de los compuestos orgánicos utilizados en la agricultura moderna ha conducido a que se acumulen la biota y los sedimentos de ríos y lagos importantes cantidades de tóxicos. La presencia de estos agroquímicos suele producir profundas modificaciones en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Los efectos agudos del uso intensivo de pesticidas por la agricultura incluyen: mortandades masivas de micro y macrocrustáceos, peces o aves acuáticas, pero procesos igualmente graves y generalmente más es de dilucidar, como la biotransformación y la biomagnificación, pueden tener efectos negativos más importantes a nivel poblacional, comunitario y ecosistémico.

La biomagnificación es un proceso de concentración de agroquímicos en los tejidos debido a, por un lado una eficiente transferencia de estos productos de un nivel trófico a otro, por el otro, una reducción de la biomasa asociada en cada nivel trófico, debido a pérdidas de conversión de la misma en cada paso de la cadena (Rudd, 1964). Una de las consecuencias del proceso de biomagnificación es que cuantos más niveles tenga una trama trófica mayor será la concentración de productos contaminantes en los predadores top (Berglund et al., 2000). Si bien son numerosos los trabajos que han hallado evidencias en favor de esta teoría en lagos con diferentes estructuras tróficas (Oliver y Niimi, 1988; Rasmussen et al., 1990; Evans et al., 1991 y Kidd et al., 1998), también es cierto que otros autores han propuesto mecanismos alternativos que podrían también explicar la creciente concentración de contaminantes a lo largo de la trama tróficas (Bergner, 1985; LeBlanc, 1995; Sijm y Van der Linde, 1995; Bentzen et al. 1996). Por otra parte, las distintas comunidades bióticas, y en particular la comunidad microbiana, pueden modificar la naturaleza química de los agroquímicos (Sokol et al. 1994; Bedard y May,

1996 y Kim y Rhee, 1997,1999). Como resultado de estos procesos de biotransformación puede alterarse la dinámica de intercambio de estos productos entre la columna de agua y los sedimentos o cambiar el grado de toxicidad de una sustancia o variar su biodisponibilidad (Cho et al, 2000).

El paisaje pampeano ha sido altamente modificado desde la introducción del ganado bovino hace más de tres siglos y es casi seguro, aunque se carece de información al respecto, que estas modificaciones hayan repercutido en la estructura y el funcionamiento de los sistemas acuáticos. Sin embargo es probable que la marcada intensificación de la agricultura que se viene produciendo durante la última década, desencadene perturbaciones de mayor magnitud aún en las lagunas y ríos de la llanura pampeana.

La alta cuenca del río Salado se caracteriza por un uso del suelo destinado fundamentalmente a la agricultura, aunque también es frecuente el desarrollo de la ganadería en los terrenos bajos y menos productivos. En efecto, la producción de soja, trigo, maíz y girasol es la principal fuente de ingresos de la región. Sin embargo, no es despreciable la importancia del turismo asociado a la pesca deportiva del pejerrey en las grandes lagunas de la cuenca. Maximizar los beneficios obtenidos por estas dos actividades, compatibilizando el uso productivo de los sistemas terrestres con el uso recreativo de los sistemas acuáticos es uno de los grandes desafío de la región. Son por lo tanto de suma importancia los trabajos orientados al estudio de los efectos y consecuencias que sobre los sistemas acuáticos genera el uso de la tierra. Dentro de este marco se desarrolla el presente informe, cuyo principal objetivo es completar y actualizar la información disponible sobre el manejo de la tierra en la alta cuenca del río Salado, fundamentalmente en lo que refiere al uso y la aplicación de pesticidas.

Métodos

Durante el mes de Junio de 2000 se realizó un relevamiento de distribuidores mayoristas de agroquímicos y de fumigadores que abarcó algunas de las principales localidades ubicadas en la cuenca superior del Río Salado: Coronel Arenales, Ascensión, Junín, Roca y Chacabuco. Las consultas fueron realizadas, principalmente, en casas mayoristas de venta y distribución de agroquímicos. En cada caso se solicitó la siguiente información: agroquímicos más vendidos (principios activos y/o nombres comerciales), volúmenes comercializados por año, distribución estacional del consumo y tipo de cultivo sobre los que se aplica cada producto, acción terapéutica y dosis recomendadas.

Debido al impacto potencial que la fumigación aérea aparentemente tiene sobre arroyos, ríos y lagunas de la región, en las localidades de Junín y en Chacabuco se incluyó, dentro del relevamiento, consultas a pequeñas empresas que brindan servicios de fumigación. En estos casos se solicitó la siguiente información: agroquímicos aplicados (principios activos y/o nombres comerciales), procedencia de los productos utilizados, volúmenes aplicados por año, época del año en que se produce la mayor cantidad de vuelos, tipo de cultivo sobre los que se aplican, y acción terapéutica.

Los datos obtenidos de los censos fueron complementados con información obtenida a partir de la Guía de Productos Fitosanitarios (Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, 1998). Se incorporó también información adicional recabada en consultas realizadas a productores y profesionales que desarrollan su actividad en la zona. En el Anexo I se presentan las planillas confeccionadas durante los relevamientos.

Con el fin de obtener una primera estimación de los volúmenes totales de los principales principios activos aplicados en la alta cuenca del río Salado, se calculó el promedio de volúmenes vendidos por comercio a partir del total de comercios censados. Este promedio fue luego multiplicado por el número total de comercios, censados y no censados. (Tabla 1). Previo a la estimación, se discriminó el número total de comercios por localidad dado que la proporción de ventas de agroquímicos para los distintos cultivos varía a lo largo de la cuenca.

Tabla 1 Número de comercios de venta y distribución censados, no censados y totales en la alta cuenca del río Salado, discriminados por localidad.

Localidad	censados	no censados	total
Coronel Arenales	1	2	3
Ascensión	1	2	3
Junín	1	5	6
Roca	1	1	2
Chacabuco.	2	4	6
Total	6	14	20

En los comercios donde no fue proporcionada información sobre el total de productos utilizados en la localidad, los volúmenes de productos no informados fueron estimados a partir de los volúmenes de venta conocidos para los productos informados. Para ello se supuso que la proporción de ventas de los distintos agroquímicos no varía de un comercio a otro dentro de una misma localidad. Las cantidades totales estimadas se muestran en las Tablas del Anexo I entre paréntesis.

Resultados

En todas las consultas realizadas (comercios de venta de agroquímicos, fumigadores aéreos, productores y profesionales) fueron mencionados como cultivos de mayor importancia en la región el trigo, el maíz y la soja y en mucha menor proporción el girasol. En los últimos años se habría producido en la región un reemplazo de la soja convencional por la variedad transgénica, resistente al herbicida glifosato.

Tabla 2 Listado de productos agroquímicos relevados en la alta cuenca del río Salado. Información obtenida en comercios de venta y distribución, empresas de fumigación aérea y productores agropecuarios. Clasificación química, acción terapéutica, dosis (l/ha) e impacto ambiental surgen de la Guía de productos fitosanitarios (CASAFE, 1998). T = Fumigación terrestre y A = Fumigación aérea.

Principio activo	Clasificación Química	Cultivo	Acción Terapéutica	Aplicación	Dosis	Efectos ambientales
Acetoclor	Acetanilida	Maíz	Herbicida preemergente	T	2 - 3	Ligero aves, moderado peces y organismos acuáticos
Dimetenamida	Acetamida	Maíz	Herbicida preemergente	T	1.2 - 2	Ligero aves, moderado peces y organismos acuáticos
Metolacoloro	Acetanilida	Maíz	Herbicida preemergente	-	1,3 - 2,6	Moderado peces
Alaclor	Acetanilida	Maíz	Herbicida preemergente	-	2.4 - 6	Ligero aves, moderado peces y organismos acuáticos
Atrazina	Triazina	Maíz	Herbicida Pre y Post	-	2 - 5	Ligeramente peces
Imazapir	Imidazolinona	Maíz	Herbicida postemergente	T	7.5 - 10	Moderado abejas, aves; extremado peces.
Nicosulfuron	Sulfonilurea	Maíz	Herbicida postemergente	T	50 - 70 g/ha	Ligeramente abejas
Teflutrina	Piretroide	Maíz	Insecticida	T	2	Muy toxico peces y organismos acuáticos, bajo aves.
Paraquat 27,6	Bipiridilo	Maíz Soja	Herbicida p/cosecha	T o A	1,5 - 4	Abejas, mamíferos, moderado aves
Cipermetrina	Piretroide	Maíz Soja	Insecticida	T o A	0,1 - 0,2	Alto abejas - muy toxico peces
Benazolin	Arilacetico	Soja	Herbicida postemergente	-	0.6 - 0.8	Moderado peces
Bentazon + Imazaquin	Diazina + Imidazolinona	Soja	Herbicida postemergente	T o A	0,75 - 1,25	-
Cletodim A	Ciclohexadiona	Soja	Herbicida postemergente	T o A	0.7 - 1.4	Ligeramente peces
Clorimuron Etil	Sulfonilurea	Soja	Herbicida postemergente	T o A	40 - 60 g/ha	Ligeramente abejas
Glifosato	Fosfito	Soja	Herbicida postemergente	T o A	6	Ligeramente aves y peces
Imazetapir	Imidazolinona	Soja	Herbicida postemergente	T o A	0,8 - 1	-
Propaquizafop	Ariloxifenoxipropionico	Soja	Herbicida postemergente	T o A	0,3 - 1	Alto peces
Quizalofop P Etil 1,8	Ariloxifenoxipropionico	Soja	Herbicida postemergente	-	1,5 - 3	Moderado peces
Quizalofop P Etil 10,8	Ariloxifenoxipropionico	Soja	Herbicida postemergente	T o A	0.4 - 0.5	Ligero abejas, moderado peces
Alfametrina	Piretroide	Soja	Insecticida	T o A	0,05 - 0,09	Muy toxico abejas, extremado peces y organismos acuáticos
Clorpirifos	Organofosforado	Soja	Insecticida	T o A	0,4 - 2	Alto abejas, muy toxico aves-peces- organismos acuáticos
Deltametrina A	Piretroide	Soja	Insecticida	T o A	0.02 - 0.2	Muy toxico peces, bajo abejas.
Dimetoato	Organofosforado	Soja	Insecticida	T o A	0.8 - 1.2	Alto abejas, aves, ligeramente peces.
Endosulfan	Ester ciclico de ac sulfuroso	Soja	Insecticida	T o A	0,7 - 3	Muy toxico abejas, extremado peces y organismos acuáticos
Lindano	Organoclorado	Soja	Insecticida	-	-	-
Metamidofos	Organofosforado	Soja	Insecticida	T o A	1 - 1.2	Alto abejas, muy toxico aves, ligero peces
Tiram	Ditiocarbamato	Soja	Terápico semilla	-	-	Moderado aves y peces
Carbendazim+epoxiconazole	Bencimidazol + Triazol	Trigo	Funguicida	T o A	0,75 - 1	Alto peces
Tebuconazole A	Triazol	Trigo	Funguicida	T o A	0.5 - 0.7	Moderado peces
2,4 D	Ariloxiacido	Trigo	Herbicida postemergente	T o A	0.4 - 0.7	Ligeramente abejas
Dicamba + Metsulfuron Metil A	Derivado Benzoico + Sulfonil urea	Trigo	Herbicida postemergente	T o A	0.1 + 5 g/ha	Ligeramente abejas
Carboxin + Tiram	Anilida + Ditiocarbamato	Trigo	Terápico semilla	-	-	Moderado peces
Difenoconazole B	Triazol	Trigo	Terápico semilla	-	-	Alto peces y organismos acuáticos
Diniconazole	Triazol	Trigo	Terápico semilla	T o A	-	Moderado peces
Flutriafol B	Triazol	Trigo	Terápico semilla	-	-	-
Iprodione	Dicarboxina	Trigo	Terápico semilla	-	-	Ligero aves, peces.
Triticonazole	Triazol	Trigo	Terápico semilla	-	-	Ligeramente aves y peces

A partir de las consultas realizadas se confeccionó una lista de agroquímicos utilizados en la alta cuenca del río Salado (Tabla 2). De los 37 productos, 10 son aplicados en cultivos de maíz, 19 en cultivos de soja y 10 en cultivos de trigo. De los diez agroquímicos aplicados en maíz 8 son herbicidas y 2 son insecticidas; en este cultivo no se usan fungicidas ya que las semillas se comercializan curadas. Fueron mencionados 10 herbicidas, 8 insecticidas y 1 fungicida para cultivos de soja mientras que para trigo fueron citados 2 herbicidas y 8 fungicidas.

Los agroquímicos de mayor uso son los herbicidas (1714000 l/año) con volúmenes muy superiores a los insecticidas (19500 l/año) y fungicidas (17500 l/año) (Tabla 3). De los herbicidas, el de mayor aplicación es glifosato con 1382000 l/año, este producto es usado fundamentalmente en cultivos de soja, pero también en siembra directa y como preemergente en cultivos de trigo. En segundo lugar se encuentran los herbicidas aplicados en cultivos de maíz, atrazina y acetoclor con 195000 l/año y 113500 l/año respectivamente. En cultivos de trigo los principios activos más utilizados como herbicidas son dicamba y metsulfuron metil A con 15800 l/año y 313 kg/año. Los insecticidas de mayor aplicación son cipermetrina y clorpirifos con 13000 l/año y 6500 l/año respectivamente, ambos muy usados en cultivos de soja. Finalmente como fungicidas los más usados fueron tebuconazole A, 5300 l/año y flutriafol B, 6000 l/año, en cultivos de trigo.

Como era de esperar, se encontró una marcada estacionalidad en la aplicación de los diferentes productos, que se corresponde con las diferentes fechas de siembra para cada tipo de cultivo. Los agroquímicos utilizados en cultivos de soja (glifosato, cipermetrina, clorpirifos y cletodim A) son aplicados en los meses de noviembre, diciembre y enero; en tanto que los empleados en cultivos de trigo (dicamba, metsulfuron metil A, tebuconazole y flutriafol) se aplican entre los meses de junio y septiembre, por último los fitosanitarios correspondientes a cultivos de maíz (atrazina y acetoclor) son generalmente aplicados en el período que va de agosto a octubre.

Cuatro productos fueron mencionados en empresas de fumigación aérea o productores y no en las casas de venta y distribución. Estos fueron los insecticidas lindano (de comercialización prohibida por ley), metamidofos y dimetoato y el herbicida paraquat 27,6. En la localidad de Junín más del 50 % de los productos aplicados por medio de la fumigación aérea son insecticidas; mientras que en Chacabuco la empresa incluida en nuestro relevamiento aplica tanto herbicidas como insecticidas.

Tabla 3. Volúmenes totales para los seis comercios de venta y distribución de agroquímicos censados y volúmenes totales estimados para los 20 negocios (censados y no censados) en la alta cuenca del río Salado, discriminados por productos. Se presentan separados por acción terapéutica (herbicidas, insecticidas y fungicidas).

Principio activo	Totales relevados (litros)	Totales estimados para la cuenca (litros)
Acetoclor	34000	113333
Atrazina	58500	195000
Cletodim A	1000	3333
Dicamba	4740	15800
Glifosato	414500	1381666
Imazetapir	354	1180
Metolacoloro	600	2000
Metsulfuron Metil A	94 kg	313kg
Quizalofop P Etil 10,8	500	1666
Total herbicidas	514194	1713978

Principio activo	Totales relevados (litros)	Totales estimados para la cuenca (litros)
Cipermetrina	3900	13000
Clorpirifos	1900	6333
Total insecticidas	5800	19333

Principio activo	Totales relevados (litros)	Totales estimados para la cuenca (litros)
Carbendazim+epoxiconazole	800	2666
Difenoconazole B	200	666
Diniconazole	150	500
Flutriafol B	1800	6000
Tebuconazole A	1600	5333
Tiram	500	1666
Triticonazole	200	666
Total fungicidas	5250	17497

Discusión y conclusiones

El presente informe debe ser tomado como un estudio preliminar del uso de pesticidas en la alta cuenca del río Salado. Un relevamiento más exhaustivo y con mayor grado de detalle sería necesario para obtener resultados más precisos.

Los volúmenes de fitosanitarios aplicados en la alta cuenca del río Salado estimados en este informe son seguramente subestimaciones de los valores realmente aplicados. Por un lado es probable que el número de comercios no relevados sea mayor al que aquí se presenta, ya que quedaron fuera del relevamiento localidades como Vedia, Morse y O'Brien en las que posiblemente existan negocios de venta y distribución de agroquímicos. Por otra parte es posible que algunos productores de la región no compren sus productos fitosanitarios en las casas de venta y distribución relevadas sino que lo hagan directamente en las empresas productoras o distribuidoras de la ciudad de Buenos Aires. Por lo tanto, las estimaciones realizadas en este informe deben ser tomadas sólo como valores de mínima, contemplando la posibilidad de que los volúmenes reales aplicados en la región de estudio sean superiores.

A pesar de las muchas falencias que presenta, del presente relevamiento se pueden obtener una serie de conclusiones válidas. En primer lugar, los volúmenes de venta de herbicidas superan ampliamente a los de cualquier otro fitosanitario. Probablemente la causa sea que en tanto los herbicidas son aplicados como medida de prevención los insecticidas solo se aplican en caso de presencia de plagas. Por otra parte el grado de aplicación de fungicidas como terapéuticos para semillas depende en cada temporada de las expectativas en los precios de venta de la cosecha que tenga el productor.

Dentro de los herbicidas el más aplicado fue el glifosato, con volúmenes muy superiores a los demás productos. Son varias las causas que permitirían entender este hecho. En primer lugar, el reemplazo de la soja tradicional por la variedad transgénica ha favorecido la penetración de este producto en el mercado. Por otra parte el glifosato es un fitosanitario de bajo costo y amplio espectro de acción. Finalmente tiene elevadas dosis de aplicación comparado con otros herbicidas (Tabla 3). Es probable que a medida que se consolide la siembra de soja transgénica en la región esta tendencia se acentúe aún más.

En la mayoría de las consultas se mencionó que el período 1999-2000 fue un año con muy baja aparición de plagas en la región. Es por lo tanto muy probable que los volúmenes de insecticidas estimados para la alta cuenca del río Salado en este informe sean inferiores a los valores reales en un año donde la presencia de plagas fuese normal.

Si bien existe reglamentaciones y leyes que regulan los servicios de fumigación aérea (licencia de piloto especializado, agroquímicos permitidos, verificación técnica de equipos de fumigación y aviones, indicaciones sobre lavado de los equipos y deposición de los envases vacíos, seguro laboral de los pilotos) nuestro relevamiento detectó que el control sobre esta actividad es prácticamente nulo. Esta realidad permite que de manera paralela a unas pocas empresas que actúan en regla se encuentren en el mercado aviones, equipos y pilotos que no reúnen los requisitos mínimos para realizar la actividad bajo las

condiciones de seguridad adecuadas ni para ellos mismo ni para la población en general. Resumiendo, los resultados de nuestro relevamiento indicarían que cualquier persona puede aplicar el producto que desee independientemente de la legislación vigente. Por otra parte, la falta de control favorece la presencia en el sector de pilotos dispuestos a aplicar productos que les proveen los productores agropecuarios, sin verificar su procedencia ni si su utilización esta o no penada por la ley. La situación se agrava aún más por el hecho de que los aviones ni siquiera operan en los aeródromos oficiales sino que lo hacen desde pequeñas pistas localizadas en terrenos privados, dificultando así el escaso control de la actividad por parte de organismo oficiales. La situación no es mejor en el ámbito de las empresas que brindan servicios de fumigación terrestre. Es nulo el control de la actividad y es frecuente que la limpieza de los equipos se realice en los mismos campos o al borde de la ruta. Bajo este contexto no debería llamar la atención entonces que el uso de productos no permitidos por la ley se encuentre mucho más expandido en la región de lo que revela el presente relevamiento.

La industria de productos fitosanitarios se encuentra en permanente evolución, año tras año surgen decenas de nuevos productos químicos con un mercado potencial enorme. Bajo estas condiciones surge con claridad cual es la validez de este tipo de relevamientos que permiten en corto tiempo y con bajos costos monitorear a grandes rasgos la evolución del mercado y el manejo de la tierra en una región determinada.

Bibliografía

- Bedard, D.L. y R.J. May. 1996. Characterization of the polychlorinated biphenyls in the sediments of Woods Pond; evidence for microbial dechlorination of Aroclor 1260 in situ. *Environ. Sci. Technol.* 30: 237-245.
- Bentzen, E.; D.R.S. Lean; W.D. Taylor y D. Machay. 1996. Role of food web structure on lipid and bioaccumulation of organic contaminants by lake trout (*Salvelinus namaycush*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 2397-2407.
- Berglund, O.; P. Larsson; G. Ewald y L. Okla. 2000. Bioaccumulation and differential partitioning of polychlorinated biphenyls in freshwater planktonic food webs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 1160-1168.
- Bergner, P.E.E. 1985. On relations between bioaccumulation and weight of organisms. *Ecol. Model.* 27: 207-220.
- Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. 1998. Guía de productos fitosanitarios.
- Cho, Y.C.; J. Kim; R.C. Sokol y G.Y. Rhee. 2000. Biotransformation of polychlorinated biphenyls in St. Lawrence River sediments: reductive dechlorination and dechlorinating microbial population. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 95-100.
- Evans, M.S.; G.E. Noguchi y C.P. Rice. 1991. The biomagnification of polychlorinated biphenyls, toxaphene, and DDT compounds in a Lake Michigan offshore food web. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 20: 87-93.
- Kidd, K.A.; D.W. Schindler; R.H. Hesslein y D.C.G. Muir. 1998. Effects of trophic position and lipid on organochlorine concentrations in fishes from subarctic lakes in Yukon Territory. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 869-881.
- Kim, K. y G.Y. Rhee. 1997. Population dynamics of polychlorinated biphenyl-dechlorinating microorganisms in contaminated sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:1771-1776.
- Kim, K. y G.Y. Rhee. 1999. Interactions of polychlorinated biphenyl-dechlorinating microorganisms with methanogens and sulfate reducers. *Environ. Toxicol. Chem.* 18: 2696-2702.
- LeBlanc, G.A. 1995. Trophic-level differences in the bioconcentration of chemicals: implications in assessing environmental biomagnification. *Environ. Sci. Technol.* 29: 154-160.
- Oliver, B.G. y A.J. Niimi. 1998. Trophodynamic analysis of polychlorinated biphenyl congeners and other chlorinated hydrocarbons in the Lake Ontario ecosystem. *Environ. Sci. Technol.* 22: 388-397.

- Rasmussen, J.B.; D.J. Rowan; D.R.S. Lean y J.H. Carey. 1990. Food chain structure in Ontario lakes determines PCB levels in lake trout (*Salvinus namaycush*) and other pelagic fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 2030-2038.
- Rudd, R.L. 1964. Biocider och den levande naturen. Wahlström & Wildstrand, Stockholm, Sweden.
- Sijm, D.T.H.M. y A. Van der Linde. 1995. Size-dependent bioconcentration kinetics of hydrophobic organic chemicals in fish based on diffusive mass transfer and allometric relationships. Environ. Sci. Technol. 29: 2769-2777.
- Sokol, R.C.; O.S. Kwon; C.M. Bethoney y G.Y. Rhee. 1994. Reductive dechlorination of polychlorinated biphenyls (PCBs) in St. Lawrence River sediments and variations in dechlorination characteristics. Environ. Sci. Technol. 28: 2054-2064.