

PRESENCIA DE AGROQUIMICOS EN ECOSISTEMAS ACUATICOS DE ZONAS COSTERAS Y ANALISIS PRELIMINAR DEL RIESGO AMBIENTAL

Elba M. de la Cruz y Luisa Eugenia Castillo

Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.

RESUMEN

En el período que va de 1992 a 1997, Costa Rica importó alrededor de 41 millones de kilogramos de i.a. La cantidad total de i.a. importada en 1997 es un 61 % mayor que la importada en 1992. La cantidad de i.a. utilizada por hectárea de tierra cultivada también aumentó durante ese período. El 80 % de la cantidad importada entre 1995 y 1997 lo constituyeron 17 ingredientes activos. El grupo biocida más importante fue el de los fungicidas (47 %), seguido por los herbicidas (26 %), los insecticidas/nematicidas (16 %), y otros grupos incluyendo los fumigantes (10 %).

Los principales cultivos de Costa Rica durante 1995 fueron: banano, café, arroz, vegetales, frutas, plantas ornamentales, tubérculos, caña de azúcar, otros granos y pastos. Casi todas las etapas del ciclo de cultivos de estos productos utilizan plaguicidas, dando como resultado un uso intenso, extenso y sostenido de estas sustancias, a lo largo del año.

Las actividades agrícolas, que se llevan a cabo cerca de cuerpos de agua de las regiones costeras, influyen en los ecosistemas de agua dulce y marinos con residuos de plaguicidas, principalmente porque: grandes extensiones de terreno son dedicadas al cultivo; la mayoría de los cultivos utilizan gran cantidad de plaguicidas; los plaguicidas son aplicados cerca o sobre los ecosistemas acuá-

ticos; la mayoría de plaguicidas utilizados son tóxicos para los organismos acuáticos; el tipo de aplicación puede favorecer la dispersión, si es aérea las corrientes de viento los puede transportar hacia los cuerpos de agua y si es manual los procesos de escorrentía y erosión los transportan a través de los sistemas de canales y drenajes de las plantaciones a los sistemas fluviales de la zona, los estuarios y al mar. Lo anterior aunado a frecuentes e intensos períodos de lluvia que caracterizan ciertas regiones del país, facilitan el transporte de estas sustancias a los ecosistemas acuáticos.

El impacto ambiental de una sustancia no depende solo de su nivel de importación, sino también de su toxicidad y de su comportamiento y destino ambiental. Basado en datos de residuos de plaguicidas obtenidos en muestras de aguas superficiales de zonas arroceras de Guanacaste, río Tempisque y sus tributarios en la costa Pacífica; así como de zonas bananeras, los canales del Tortuguero en el Mar Caribe, se calculó un índice de riesgo de toxicidad aguda y un índice de riesgo crónico, se discuten los resultados e importancia de estos índices y se hacen recomendaciones generales para disminuir el impacto ambiental y el uso de agroquímicos en estas regiones.

ABSTRACT

From 1992-1997 Costa Rica imported about 41 million kg of pesticide active ingredients. The total quantity imported in 1997 was 61% higher than the one imported in 1992. The kilograms of a.i. utilized per hectare of cultivated land also increased during the mentioned period. Seventeen a. i. composed 80 % of the total quantity imported from 1995-1997. The most imported biocide groups during this period were the fungicides (47 %), followed by the herbicides (26 %), the insecticides/nematicides (16 %) and the other groups including the fumigants (10 %).

In 1995 mayor crops in Costa Rica, both in extension and production included: banana, coffee, rice, vegetables, fruits, ornamental plants, roots, sugar cane, other grains and pastures. Almost every stage of these crops life cycle, utilizes pesticide, the result of this is an intensive and extensive use of agrochemical during the whole year. Agricultural activities taken place near coastal areas, influence freshwater and marine ecosystem with pesticide residues. Some reasons for this are : big extensions of land are dedicated to these crops; most of the crops are pesticide dependent; pesticide are normally applied near aquatic ecosystems and in some cases these ecosystems are directly exposed; most of the a. i. utilized are toxic to the aquatic fauna; the intense

and frequent rainy periods characterizing some of the country regions plays an important role in the transference of these substances to the water bodies and the types of pesticide application, if aerial wind drift carry them to the coastal areas, if manual runoffs and erosion carry them through the river systems into the estuarine and marine environment.

The environmental impact of a substance does not depend only on the quantity imported, but also on its toxicity and on its environmental fate and behavior. Based on results of pesticide residues obtained in samples from the North Pacific and North Atlantic region of Costa Rica, a preliminary and simple index of acute toxicity and of chronic risk for those ecosystems was calculated. The importance and drawbacks of this kind of analyses is discussed and solutions to reduce the environmental impact of agrochemical in these regions are proposed.

Importación

Costa Rica importa alrededor de 280 ingredientes activos (i.a.) diferentes, que se venden bajo 2.100 marcas comerciales. En el período comprendido entre 1992 y 1997, el país importó alrededor de 41 millones de kilogramos de i. a. de plaguicidas y pagó \$ 540 millones de dólares americanos por ellos (DE LA CRUZ *et al.* 1998, CHAVERRI y BLANCO 1994, CASTILLO *et al.*

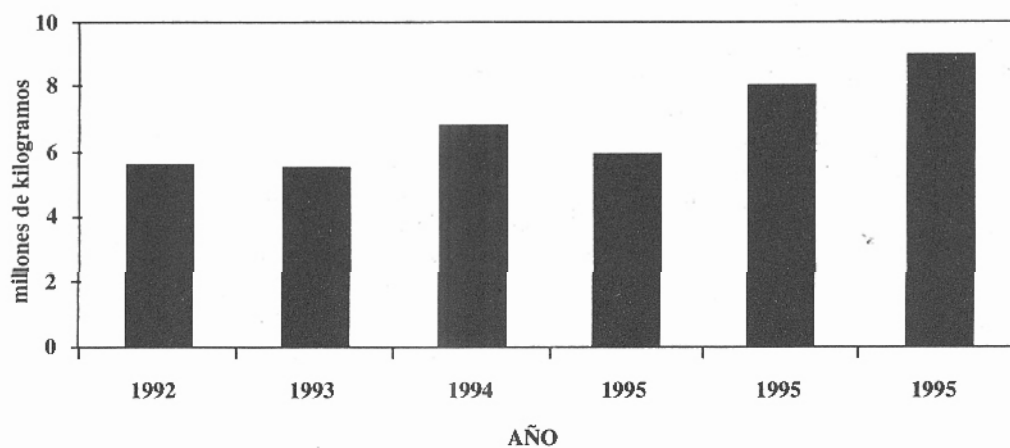


Figura 1. Cantidad de ingrediente activo de plaguicida importada por Costa Rica entre 1992 y 1997. Fuente: CHAVERRI y BLANCO 1994, CASTILLO *et al.* 1997, DE LA CRUZ *et al.* 1998, base de datos IRET.

Cuadro 1.
Cantidad de ingredientes activos utilizada por hectárea de tierra cultivada en el período 1992-1997

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997
kg de i.a./hectárea	12,8	12,4	15,4	13,2	17,3	20,5

Fuente: SEPSA 1998, CHAVERRI y BLANCO 1994, CASTILLO *et al.* 1997.

1997). La cantidad total de i.a., aproximada a los 9,0 millones de kg, importada por el país durante 1997, es un 61 % mayor que la cantidad importada durante 1992 de aproximadamente de 5,6 millones de kg. (figura 1).

La cantidad de kilogramos de i. a. utilizado por hectárea de tierra cultivada también aumentó (cuadro 1) de 12,8 kg/ha en 1992 a 20,5 kg/ha en 1997. Este valor es semejante al reportado en países desarrollados con alto consumo de plaguicidas como Holanda, y de 5 a 6 veces mayor que el re-

portado para otros como Alemania (WHO 1990, CASTILLO *et al.* 1997). CASTILLO y colaboradores en 1989, calcularon un consumo promedio de 16,0 kg i.a. /ha para Costa Rica, durante los años ochenta.

Diecisiete ingredientes activos constituyeron el 80 % de la cantidad de plaguicidas importada por Costa Rica entre 1995 y 1997 (cuadro 2). El 90% de estos productos son clasificados como de alta a extremadamente tóxicos para organismos

Cuadro 2.
Cantidad, porcentaje acumulado, toxicidad aguda, familia química y modo de acción de los ingredientes activos más importados de 1995 a 1997 en Costa Rica

ingredientes activos	toxicidad org. acuáticos*	familia química	modo de acción	cantidad millones de kg	% acumulado
mancozeb	extrema	ditiocarbamato	fungicida	5,70	25
bromuro de metilo	ligera	alifático	fumigante	2,17	36
2.4-D	alta	ácido fenoxiacético	herbicida	1,97	44
glifosato	ligera-moderada	ácido fosforoso	herbicida	1,41	51
clorotalonil	extrema	benzotrilo	fungicida	1,22	56
tridemorf	alta	morfolina	fungicida	1,08	61
terbufos	extrema	organofosforado	insecticida	0,97	66
paraquat	moderada-alta	bipiridilo	herbicida	0,48	68
propanil	alta	anilida	herbicida	0,47	70
etoprofos	moderada-extrema	organofosforado	ins/nem	0,34	71
comp. de cobre	moderada-extrema	inorgánico	ins/acar	0,33	73
metamidofos	moderada-extrema	organofosforado	fungicida	0,32	74
cadusafos	extrema	organofosforado	ins/nem	0,27	76
diuron	alta	urea	herbicida	0,26	77
propineb	alta	ditiocarbamato	fungicida	0,26	78
carbofurán	alta-extrema	carbamato	ins/nem/acar	0,25	79
terbutilazina	alta	triazina	herbicida	0,20	80
total				17,70	80
Gran total i.a.				22,13	100

* trucha arco iris y *Daphnia*. ins.: insecticidas, nem.: nematocidas y acar.: acaricidas. Toxicidad en mg/L: extrema (<1), alta (1-10), moderada (10-100) y ligera (>100). Fuente: PPUNA 1995, TOMLIN 1997, base datos IRET.

acuáticos tales como peces y crustáceos (PPUNA 1995, TOMLIN 1997). Otros ingredientes activos muy importados durante este período y clasificados como tóxicos para organismos acuáticos son: propiconazol, fenamifos, carbendazim, diazinón, clorpirifos, benomil y cadusafos. El modo de acción biocida que predominó en el período 95-97 fue el de los fungicidas, correspondiendo a un

Uso de plaguicidas en la agricultura y exposición ambiental

En Costa Rica se cultivan más de medio millón de hectáreas por año, siendo los principales cultivos: el banano, el café, los granos básicos, los vegetales, las frutas, las plantas ornamentales, los tubérculos, la caña de azúcar y los pastos (SEPSA 1997). El cultivo que más i.a. por hectárea utiliza en el país es el banano (45 kg/ha), seguido por los vegetales y frutas (20 kg/ha), el arroz (10 kg/ha) y otros granos (7,5 kg/ha) (cuadro 3). El café es el cultivo con mayor extensión en el país y utiliza 6,5 kg/ha (CASTILLO *et al.* 1997, SEPSA 1997). Los kilogramos de i.a. utilizados por área de cultivo fueron también calculados (cuadro 3). Los cultivos que más plaguicidas utilizan son el banano, los vegetales, las frutas y el café.

La cantidad de i.a. empleada en banano es 1,8 veces mayor a la cantidad utilizada en vegetales/frutas, 3,3 veces la utilizada en café, 5,3 veces la utilizada en arroz y alrededor de 15,6 veces la utilizada en caña de azúcar.

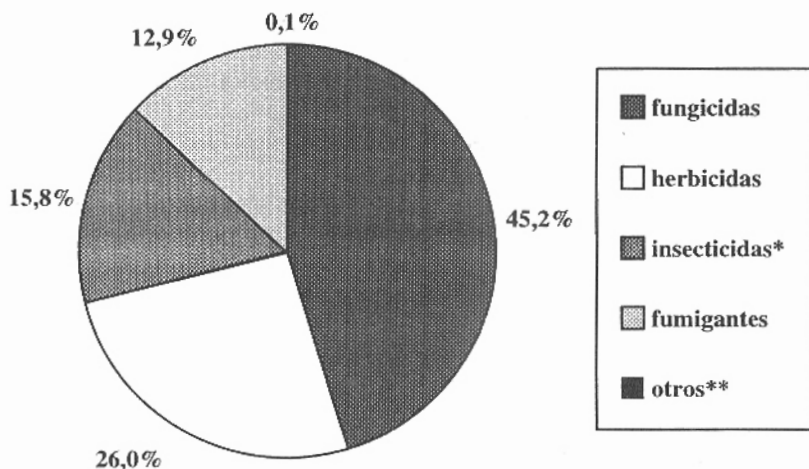


Figura 2. Principales grupos biocidas importados en Costa Rica de 1995 a 1997. Fuente: base de datos del IRET.* insecticidas incluye nematocidas y acaricidas, ** principalmente rodenticidas, fumigantes y bactericidas.

47,1% de la importación total. El segundo y tercer grupo en importancia fue el de los herbicidas correspondiendo a un 26,5% y el de los insecticidas/nematocidas a un 16,3%. El fumigante bromuro de metilo constituyó el 9,8% de la importación total (figura 2).

Cuadro 3.

Superficie cultivada de los principales productos agrícolas de Costa Rica y cantidad de ingrediente activo utilizado por hectárea

cultivo	banano	veg./frutas	arroz	otros granos	café	azúcar	pastos
kg i.a./ha	45	20	10	7,5	6,5	3,5	0,25
hectáreas x 100	52,1	65,2	44,1	74,6	108,0	43,0	1.565,1*
toneladas métricas	2.347	1.303	441	559	702	150	391

Fuente: CASTILLO y RUEPERT 1993, CASTILLO *et al.* 1997, SEPSA 1997,*MAG 1997 (www.mag.go.cr/est600.htm). Veg: vegetales

Cuadro 4.
Acción biocida, transporte ambiental más probable, tipo de fuente de contaminación y ecosistemas expuestos a plaguicidas utilizados durante las diferentes etapas de producción en banano, tubérculos, palma, caña de azúcar y arroz en Costa Rica

Acción biocida/etapa de cultivo	Transporte ambiental	Fuente de contaminación	Ecosistema expuesto
banano			
PLANTACIÓN fungicidas (aplicación aérea) nematicidas herbicidas insecticidas (bolsas impregnadas)	dispersión aérea erosión escorrentía lixiviado evaporización de las bolsas	dispersa	se cultiva en las regiones bajas de las cuencas hidrológicas, cerca de las zonas costeras
EMPACADO agua de los procesos de lavado aplicación post-cosecha fungicidas	efluentes	puntual	agua dulce aguas costeras terrestres aguas subterráneas
ALMACENAMIENTO bodegas, preparación de mezclas	deriva aérea	puntual	aguas subterráneas
AEROPUERTOS preparación de mezclas limpieza de tanques almacenamiento, desechos	escorrentía, erosión, deriva aérea	dispersa	
tubérculos			
PREPARACIÓN DE SEMILLAS (nematicidas, fungicidas)	deriva aérea	puntual	algunos sembradíos se encuentran en las tierras bajas de las zonas costeras
PLANTACIÓN control de malezas-emergente herbicidas insecticidas	deriva aérea escorrentía, erosión	dispersa	
EMPACADO agua de los procesos de lavado aplicación post-cosecha fungicidas	efluentes	puntual	agua dulce aguas costeras terrestres aguas subterráneas
ALMACENAMIENTO bodegas, preparación de mezclas	deriva aérea	puntual	
palma			
PRE-SIEMBRA semillas fungicidas hierbas: herbicidas	deriva aérea escorrentía, erosión	puntual	se cultiva en las tierras bajas cerca de las zonas costeras
PLANTACIÓN herbicidas insecticidas	deriva aérea escorrentía, erosión	dispersa	agua dulce aguas costeras terrestres aguas subterráneas
EMPAQUE fungicidas	efluentes	puntual	aguas subterráneas

Acción biocida/etapa de cultivo	Transporte ambiental	Fuente de contaminación	Ecosistema expuesto
caña de azúcar			
TRATAMIENTO DE SEMILLAS fungicidas	deriva aérea escorrentía, erosión	puntual	se cultiva principalmente en la sección media y baja de las cuencas hidrográficas
PRE-SIEMBRA preparación de terrenos control de malezas: herbicidas e insecticidas	deriva aérea escorrentía, erosión	dispersa	agua dulce aguas costeras terrestres aguas subterráneas
POST-SIEMBRA control malezas: herbicidas	deriva aérea escorrentía, erosión	dispersa	
MADURACION aceleración: herbicidas	deriva aérea	puntual	
COSECHA fungicidas, insecticidas control biológico, rodenticidas	deriva aérea escorrentía, erosión	dispersa	
arroz			
PREPARACION DE SEMILLAS insecticidas: carbofurán	deriva aérea escorrentía erosión	puntual	cultivada principalmente en la sección media y baja de las cuencas hidrográficas
PRE-SIEMBRA control de malezas: herbicidas insectos del suelo: insecticidas	deriva aérea escorrentía, erosión	dispersa	
SIEMBRA Y POST-SIEMBRA insectos del suelo y tallos insecticidas	deriva aérea escorrentía, erosión	dispersa	
PRE-EMERGENCIA Y POST-EMERGENCIA herbicidas insectos del suelo y el follaje: insecticidas	deriva aérea escorrentía, erosión	dispersa	agua dulce aguas costeras terrestres aguas subterráneas
FLORACION insectos chupadores: insecticidas enfermedades: fungicidas	deriva aérea escorrentía, erosión	dispersa	
ALMACENAMIENTO bodegas, preparación de mezclas	deriva aérea	puntual	

Fuente: SUBIRÓS 1995, CORTÉS 1994, observaciones de campo

Casi todas las etapas del ciclo de vida de un cultivo en Costa Rica utilizan plaguicidas (cuadro 4). Esto provoca un uso intenso y extenso de plaguicidas durante todo el año. Los i.a. introducidos en el ambiente se distribuyen, en los diferentes compartimentos (agua, aire, suelo, biota), de acuerdo con las características físico-químicas de los compuestos y a la forma en que éstos son utilizados. En Costa Rica los plaguicidas son introducidos en el ambiente a través de: las labores en las tierras de cultivo y otras actividades asociadas a la agricultura (control de plagas, preparación de terrenos, preparación de semillas, empaque de los productos, transporte, maduración, mantenimiento de cami-

nos, etc.) y las campañas de control de vectores de la salud. En la actividad agrícola existen dos tipos de fuente de contaminación. La contaminación no puntual, ocurre cuando la utilización del plaguicida se realiza en extensiones grandes de terreno (por ejemplo: la etapa de cultivo, o el control de vectores de enfermedades), lo que facilita la distribución de los mismos a otros compartimentos del ambiente. La contaminación puntual ocurre cuando la manipulación del plaguicida está confinada a un área pequeña, como por ejemplo las plantas empacadoras, los sitios de preparación de semillas y los lugares de almacenamiento y mezcla. Contando con la metodología y el interés apropiados,

la dispersión de estos productos y sus efectos negativos en el ambiente podrían reducirse. Las etapas de producción, acción biocida, tipos de formulación, transporte ambiental, tipo de contaminación y el ecosistema más probablemente expuesto para el cultivo de banano, tubérculos, palma, arroz y caña de azúcar, se resumen en el cuadro 4.

En Costa Rica, gran parte de estas actividades agrícolas, se realizan cerca de los cuerpos de agua e impactan los ecosistemas de agua dulce y marinos de las regiones costeras con residuos de agroquímicos. El impacto sobre estos cuerpos de agua se debe principalmente a que: 1- estas actividades ocurren en la parte media y baja de las cuencas hidrográficas, cerca de las zonas costeras; 2- son cultivos que utilizan grandes extensiones de terreno; 3- en estas actividades existe poca o ninguna protección de los ecosistemas acuáticos; 4- son cultivos que dependen exclusivamente del uso de agroquímicos; 5- los plaguicidas que utilizan suelen ser muy tóxicos para vida acuática; 6- en casi todos los cultivos, los plaguicidas son aplicados cerca o sobre los ecosistemas acuáticos; 7- el tipo de aplicación puede favorecer la dispersión, si es aérea las corrientes de viento los puede transportar hacia los cuerpos de agua y si es manual los procesos de escorrentía y erosión los transportan a través de los sistemas de canales y drenajes de las plantaciones a los sistemas fluviales, los estuarios y al mar. Lo anterior, aunado a frecuentes e intensos períodos de lluvia que caracterizan ciertas regiones del país, facilita el transporte de estas sustancias a los ecosistemas acuáticos.

Otras actividades asociadas al manejo de plaguicidas que ocurren cerca de la costas

Alrededor del 10 % de la cantidad de ingredientes activos importada entre 1995 y 1997, fue realizada por una planta formuladora de plaguicidas, localizada en las márgenes del Golfo de Nicoya (cuadro 5). La cantidad total y la toxicidad aguda de los i.a. importados por esta planta formuladora durante este período, se presentan en el cuadro 6. Gran número de estos productos son importados en grandes cantidades, grado técnico (alto grado de pureza) y son clasificados como alta y extremadamente tóxicos para organismos acuáticos de laboratorio, como peces (trucha arco iris) y crustáceos (*Daphnia*), tal es el caso del mancozeb y el clorotalonil. Existen además, metabolitos y productos de degradación que pueden en algunos casos ser más tóxicos y persistentes que las sustancias originales ejemplos de esto son: el clorotalonil, el mancozeb (ETU) y el terbufos (PPUNA 1995). La proximidad de esta planta formuladora al Golfo de Nicoya, ecosistema de gran importancia económica y de recreación para el país, es razón suficiente para mantener un programa de monitoreo en sus vecindades.

Análisis preliminar del riesgo para ecosistemas acuáticos de las zonas costeras

Estudios realizados por el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional (IRET), en cuerpos de agua superficiales asociados con el cultivo del arroz en la región del Tempisque de la costa Pacífica y del banano en la

Cuadro 5.

Cantidad de plaguicida (i.a.) importada por una planta formuladora de agroquímicos, localizada en las cercanías del Golfo de Nicoya, durante 1995-1997

Año	Costa Rica millones de kg	%	Planta formuladora millones de kg	%
1995	6,00	25,8	0,31	5,3
1996	7,26	35,0	0,64	8,0
1997	8,97	39,2	1,31	14,6
Total	22,13	100	2,26	9,9

Fuente: Base de datos del IRET, DE LA CRUZ *et al.* 1998.

Cuadro 6.

Cantidad importada, grado de pureza y concentración letal media (CL₅₀), para organismos acuáticos de laboratorio, de los i.a. de plaguicidas importados por una planta formuladora de agroquímicos localizada en las cercanías del Golfo de Nicoya, 1995-1997.

Ingrediente activo	grado de pureza %	toneladas métricas	CL ₅₀ (96h) pez*	CL ₅₀ (24-48h) crustáceos**
2,4-D	Grado técnico	168,1	alta	-
benomil	90 - 97	7,9	extrema	extrema
captan	90	18,9	extrema	alta
carbendazin	90 - 99	43,5	extrema	extrema
clorotalonil	96 - 98	21,5	extrema	extrema
forate	85	30,8	extrema	extrema (96h)
isazofos	95	72,0	extrema	extrema
malation	96	36,7	extrema	extrema
mancozeb	33 - 90	455,4	extrema	extrema
MACPA	98 - 99	7,9	moderada	ligera
metamidofos	60 - 75	90,4	moderada	extrema
metil paration	75 - 85	6,9	alta	extrema
propanil	95	119,5	alta	alta
propiconazol	88	69,3	moderado	moderada a alta
tridemorf	75 - 84	751,8	alta	alta
glifosato	55 - 95	38,7	moderada	ligera
ferban	76 - 90	31,8	nd	nd
paraquat	42	76,8	moderada	alta
pendimetalin	90	42,0	extrema	extrema
terbufos	85	123,0	extrema	extrema
	5 - 100	51,7	-	-

* trucha arco iris** *Daphnia*. Toxicidad en mg/L: extrema (<1), alta (1-10), moderada (10-100) y ligera (>100), Fuente: PPUNA 1995, TOMLIN 1997.

región del Tortuguero de la costa Atlántica han reportado residuos de: cipermetrina, edifenfos, metamidofos, oxadiaxón, quinclorac, ametrina y propanil en el Pacífico y residuos de atrazina, cadusafos, clorotalonil, clorpirifos, etoprofos, imazalil, propiconazol, tiabendazol, carbofurán, fenamifos y diazinón en el Atlántico (CASTILLO *et al.* 1997, CASTILLO 1997, DE LA CRUZ *et al.* 1998).

Con el objeto de evaluar el riesgo que la presencia de estas sustancias puede representar para el ecosistema acuático (tomando en cuenta: peces, crustáceos, insectos acuáticos) es necesario comparar las concentraciones encontradas con valores de referencia. Si lo que se desea es evaluar el ries-

go de toxicidad aguda, se compara la concentración máxima detectada con el valor de toxicidad aguda, (CL₅₀) más bajo. Se recomienda usar la concentración medida inmediatamente después de que el plaguicida fue aplicado (VAN LEEUWEN y HERMENS 1995, TEUNISSEN-ORDELMAN y SCHRAP 1997). En la figura 3 se muestran los índices de riesgo agudo basados en la concentración máxima detectada en aguas superficiales del área del Tempisque y tributarios asociados con el cultivo del arroz en la región de Guanacaste (CASTILLO *et al.* 1997, DE LA CRUZ *et al.* 1998) y en la figura 4 se muestran los mismos índices basados en la concentración máxima detectada en la desembocadura del Río Suerte y en la Boca del Canal del Tortuguero al mar Caribe, influenciados

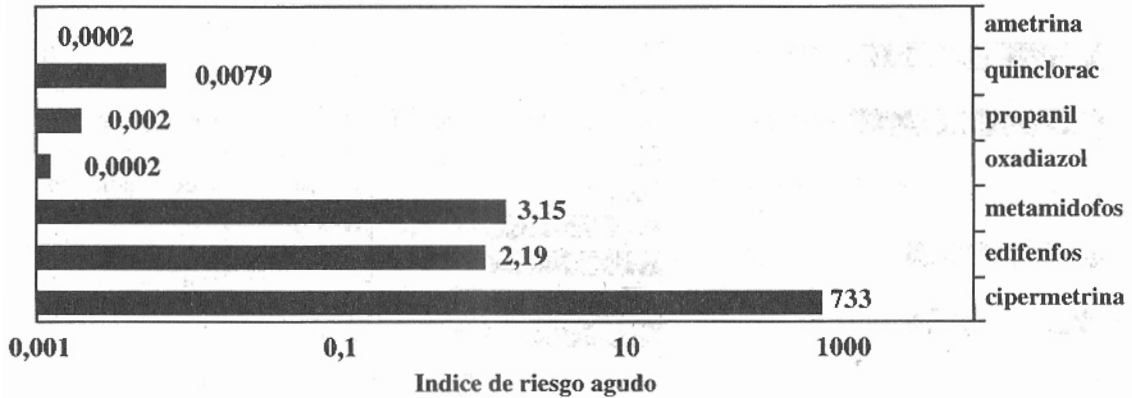


Figura 3. Índice de riesgo por toxicidad aguda para los residuos de plaguicidas detectados en aguas superficiales de la región del Tempisque asociados con el cultivo de arroz (CASTILLO et al. 1997, basado en TEUNISSEN-ORDELMAN y SCHRAP 1997).

por el cultivo del banano (CASTILLO 1997, DE LA CRUZ et al. 1998). Se utilizan concentraciones máximas, ya que en este momento aún no contamos con los valores de concentraciones medidas inmediatamente después de las aplicaciones. Si el cociente es mayor que 1, este riesgo es alto, si es mayor que 0,1 el riesgo es moderado y si es mayor que 0,01 el riesgo es bajo.

Para evaluar el riesgo de problemas crónicos, se compara la concentración promedio detectada para un plaguicida con un valor de referencia

(CP/VR) calculado con base en la concentración en la que no se observa ningún efecto (NOEC) o si esta concentración no ha sido determinada se utiliza el rango más bajo de las CL_{50} para varias especies al que se le aplica un factor de seguridad, que dependiendo del número de especies evaluadas va de 10 a 1000 (VAN LEEUWEN y HERMENS 1995, TEUNISSEN-ORDELMAN y SCHRAP 1997). En la figura 5 se muestran los índices de riesgo crónico basados en la concentración promedio detectada en la desembocadura del Río Suerte y en la Boca del Canal del Tortuguero al mar Caribe. Si el cociente es mayor que 1, este

riesgo es alto, si es mayor que 0,1 el riesgo es moderado y si es mayor que 0,01 el riesgo es bajo.

En la región del Tempisque, el herbicida cipermetrina y los insecticidas edifenfos y metamidofos fueron los plaguicidas que presentaron el riesgo más alto para toxicidad aguda. Los herbicidas ametrina, quinclorac, propanil y oxadiazol mostraron bajo riesgo. En la Boca del Río Suerte, las sustancias con mayor riesgo

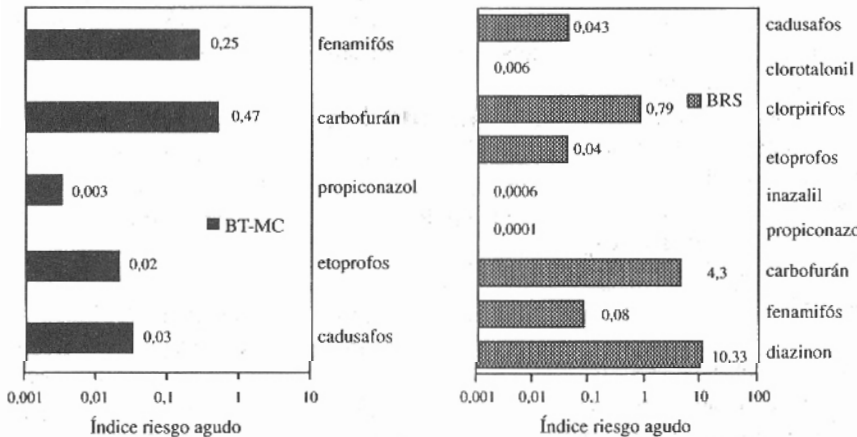


Figura 4. Índice por riesgo de toxicidad aguda para los plaguicidas detectados en ecosistemas acuáticos de la región del Tortuguero (CASTILLO et al. 1997, DE LA CRUZ et al. 1998, basado en TEUNISSEN-ORDELMAN y SCHRAP 1997). BY-MC: Desembocadura Tortuguero con el Mar Caribe; BRS: Boca Río Suerte.

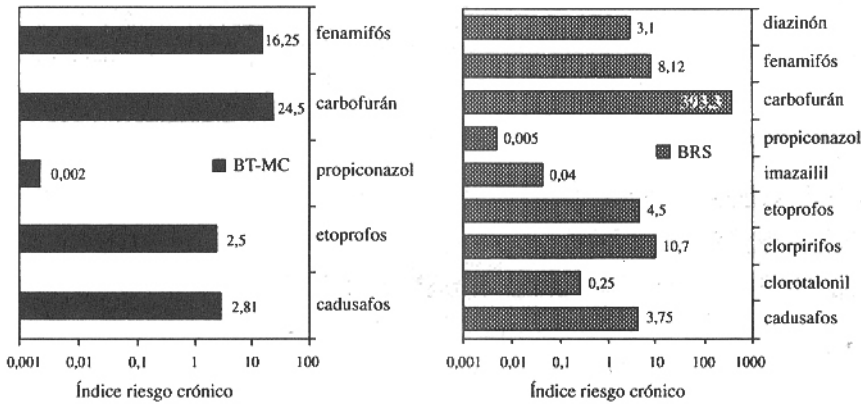


Figura 5. Índice por riesgo de toxicidad crónica para los plaguicidas detectados en ecosistemas acuáticos de la región del Tortuguero (CASTILLO et al. 1997, DE LA CRUZ et al. 1998, basado en TEUNISSEN-ORDELMAN y SCHRAP 1997). BY-MC: Desembocadura Tortuguero con el Mar Caribe; BRS: Boca Río Suerte.

de toxicidad aguda fueron el nematicida carbofurán y los insecticidas diazinón y clorpirifos. Para los nematicidas etoprofos, fenamifos, y cadusafos el riesgo de toxicidad aguda fue de moderado a alto y para los fungicidas propiconazol, imazailil y clorotalonil el riesgo de toxicidad aguda es bajo. En la Boca del Canal de Tortuguero al mar Caribe, los nematicidas fenamifos, carbofurán, etoprofos, y cadusafos presentaron un índice de riesgo moderado a alto y el fungicida propiconazol, bajo. Sin embargo debe recordarse que los valores de índice de riesgo agudo, fueron calculados con base en las concentraciones máximas y no con base en las concentraciones presentes, inmediatamente después de la aplicación, las cuales en algunas condiciones podrían ser más altas, pudiendo dar lugar a un riesgo alto de toxicidad aguda para estas y otras sustancias. Esto es especialmente cierto para los nematicidas de alta toxicidad y que por su forma de aplicación pueden ser fácilmente lavados por las lluvias.

De acuerdo con los valores del índice de toxicidad crónica, casi todos los plaguicidas detectados en la Boca del Río Suerte presentan riesgo alto. Los plaguicidas que presentan mayor riesgo ambiental son los nematicidas : carbofurán, fenamifos, cadusafos y etoprofos y los insecticidas clorpirifos y diazinón. Las otras sustancias presentaron riesgo de moderado a alto. Las concentraciones determinadas para el clorotalonil e imazailil implican un riesgo mo-

derado y bajo para el ecosistema acuático y la frecuencia de detección de estos compuestos en el período de estudio fue baja. Sin embargo, un incremento en la utilización de éstos compuestos puede traer consigo un aumento en la frecuencia de detección y con ello, el riesgo de impacto ambiental muy alto, ya que son compuestos muy tóxicos para la vida acuática. En la Boca

del Tortuguero al mar Caribe, los nematicidas son también el grupo biocida que presenta un riesgo alto de toxicidad crónica. Efectos negativos en la reproducción, sobrevivencia de juveniles, comportamiento y metabolismo de peces, crustáceos, insectos acuáticos, algas y otras plantas acuáticas han sido reportados, para algunos de estos productos. Esto aunado a otros tipos de contaminación, a la destrucción del habitat, y a la sobrepesca, puede tener un impacto negativo no cuantificado para las pesquerías y la acuicultura del país. Este impacto debe ser cuidadosamente evaluado.

Recomendaciones

Continuar con los estudios de calidad de las aguas superficiales, incluyendo la presencia de residuos de plaguicidas y sus mezclas en el ambiente acuático.

Hacer una evaluación detallada del impacto, que la presencia de residuos de plaguicidas en los cuerpos de agua cercanos a las costas representa, para las poblaciones de peces, crustáceos, insectos y plantas acuáticas.

Evaluar la presencia e impacto de los metabolitos de los plaguicidas utilizados en los cultivos con influencia sobre las zonas costeras, especialmente de aquellos en que se conoce su toxicidad o su persistencia.

Reducir la utilización y emisión de plaguicidas, especialmente de las sustancias más tóxicas como los nematocidas, el clorpirifos y el clorotalonil.

Investigar las formas más eficientes de protección de los ecosistemas acuáticos.

Es importante establecer programas de monitoreo en los ecosistemas acuáticos localizados cerca de plantas formuladoras de agroquímicos, estos pueden ayudar a tomar y/o fortalecer las medidas de seguridad relacionadas con el manejo de estas sustancias; a detectar eventos de contaminación y tomar las medidas necesarias para proteger los ecosistemas naturales, especialmente los acuáticos.

REFERENCIAS

- Castillo, L.E., C. Wesseling, H. Aguilar, C. Castillo y P. de Vos. 1989. Uso e impacto de los plaguicidas en tres países centroamericanos. *Revista de Estudios Sociales Centroamericanos* 49 : 119-139.
- Castillo, L. E. y C. Ruepert. 1993. Impacto del uso de plaguicidas. En: *Evaluación del impacto ambiental de la fase II del proyecto de riego Arenal-Tempisque sobre el Parque Nacional Palo Verde, Guanacaste, Costa Rica.*
- Castillo, L.E. 1997. Presencia de agroquímicos en canales de drenaje y riesgo ambiental. En : *Memorias del simposio internacional sobre riego y drenaje en banano, 19-22 Agosto, EARTH , Costa Rica.*
- Castillo, L.E., E. de la Cruz and C. Ruepert. 1997. Ecotoxicology and pesticides in tropical aquatic ecosystems of Central America. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16: 41-51.
- Chaverri, F. y Blanco, J. 1994. Importación, formulación y uso de plaguicidas en Costa Rica. Período 1992-1993. Informe final para la Organización Panamericana de la Salud. (OPS). Programa de Plaguicidas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Cortés, G. 1994. Atlas Agropecuario de Costa Rica. EUNED, San José, Costa Rica.
- De la Cruz, E., L.E. Castillo and C. Ruepert. 1998. Study of the fate and impact of organic and inorganic pollutants in the Costa Rican coastal zone. Final report of the joint research project N: ERBCII*-CT94-0076, European Union.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 1997. Informe anual. Estadística sectorial. www.mag.go.cr/esta60o.htm.
- PPUNA. 1995. Manual de Plaguicidas: Guía para América Central. Programa de Plaguicidas: Desarrollo, Salud y Ambiente. EUNA, Heredia, Costa Rica.
- SEPSA. 1997. Boletín Estadístico N° 8. Planificación Agropecuaria, SEPSA, Ministerio de Agricultura, San José, Costa Rica.
- SEPSA. 1998. Boletín Estadístico N° 9. Planificación Agropecuaria, SEPSA, Ministerio de Agricultura, San José, Costa Rica.
- Subirós, F. 1995. El Cultivo de la Caña de Azúcar. EUNED, San José, Costa Rica.
- Teunissen-Ordelman H.G.K. y S.M. Schrap. 1997. 1996 Aquatic Outlook. An analysis of issues pertaining to aquatic environments. Pesticides. Riza policy document No. 97.038, The Netherlands.
- Tomlin C. 1997. The Pesticide Manual. 11th edition. Crop Protection Publication. British Crop Protection Council and The Royal Society of Chemistry, United Kingdom.
- Van Leeuwen C.J. y J.L.M. Hermens. 1995. Risk Assessment of Chemicals: An Introduction. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- World Health Organization. 1990. Public Health Impact of Pesticides Used in Agriculture. WHO, Geneva, Switzerland.