

# APORTE ESPECIAL

## Contaminación ambiental: mediciones específicas

### Introducción

El desarrollo urbano, agrícola e industrial trae beneficios al país, pero también provoca una serie de impactos en el ambiente, como la generación de desechos y las emisiones de sustancias tóxicas que, de no manejarse adecuadamente, afectan la calidad de vida de las y los costarricenses, la sostenibilidad futura de los recursos y el derecho de las nuevas generaciones a su disfrute y usufructo.

Una de las aspiraciones de desarrollo humano planteadas por el *Informe del Estado de la Nación* en los últimos diez años es que “la tasa de producción de desechos y contaminantes que produce el país sea igual o inferior a la capacidad del ambiente para asimilarlos, ya sea de forma natural o asistida”. En las distintas ediciones del Informe se ha buscado documentar los problemas de contaminación y deterioro de la calidad del ambiente, cuyo análisis constituye una de las áreas de mayor rezago; los avances en los diversos temas son parciales y desiguales, tanto en el diagnóstico como en la identificación de soluciones. Esto se debe, entre otros factores, a las modestas inversiones que Costa Rica destina a la investigación en este campo (con pocas excepciones).

En este aporte anexo al capítulo “Armonía con la naturaleza” se realiza un esfuerzo especial por documentar algunos de los hallazgos que se han obtenido a través de mediciones puntuales en algunas áreas seleccionadas,

como contaminación de aguas, aire, desechos sólidos y peligrosos, sustancias químicas de uso industrial y plaguicidas. Para ello, se pidió a un conjunto de especialistas del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), de la Dirección de Gestión de la Calidad Ambiental (DIGECA) del MINAE, del Centro de Protección Ambiental (CIPA) del ITCR, del Laboratorio de Gestión de Desechos (LAGEDE), del Laboratorio de Química Marina de la Escuela de Química de la UNA, del Programa de Estudios de la Calidad del Aire (PECAire) y del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET) de la UNA, que elaboraran ponencias específicas que documentaran el estado de la cuestión con respecto a la información disponible sobre contaminación ambiental. En algunos casos se logró la sistematización de datos inéditos, como por ejemplo la contaminación por sustancias tóxicas.

El estudio no es exhaustivo<sup>1</sup> y, a diferencia del resto del Informe, no pretende efectuar un balance de mediano plazo sobre el desempeño nacional en estos temas. Más bien, procura destacar problemas y generar las bases para el tratamiento de estos en futuros trabajos del Programa Estado de la Nación. Asimismo, busca llamar la atención acerca de la necesidad de ampliar el conocimiento en esta materia, para lo cual resulta esencial fortalecer el apoyo a los esfuerzos de investigación que se realizan tanto en las

universidades como en las instituciones públicas y las empresas privadas. Esto con el fin de mejorar la capacidad nacional de prevención frente a los riesgos que genera la contaminación para la salud de las personas, los recursos naturales y los ecosistemas del país.

El documento se organiza en cinco secciones: contaminación de aguas (ríos y aguas marino-costeras); contaminación del aire; desechos sólidos y peligrosos; sustancias químicas de uso industrial y contaminación por plaguicidas de uso agropecuario.

### Contaminación de aguas superficiales y marinas

#### Aguas residuales en ríos<sup>2</sup>

La calidad de los cuerpos de agua ha experimentado un proceso de degradación progresiva en las últimas décadas. A ello contribuyen diversos factores, tales como la falta de tratamiento de las aguas provenientes de los sectores doméstico, industrial y agrícola, los deficientes controles de las regulaciones ambientales en cuanto a contaminación hídrica y la escasa conciencia ambiental de la población.

A nivel nacional no se encuentra disponible información detallada sobre este tema, con excepción de los estudios realizados en la cuenca del río Grande de Tárcoles, donde se da la mayor concentración demográfica y de actividades industriales que afectan la calidad del recurso hídrico (PROAMSA, 2003). Seguidamente se presenta

un resumen de la situación actual de las aguas residuales en el tramo alto de esa cuenca<sup>3</sup>, en lo que concierne a la carga orgánica y los niveles de tratamiento provenientes de los sectores doméstico, agroindustrial<sup>4</sup> e industrial. El estudio es un aporte de la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA) del MINAE<sup>5</sup>.

En relación con la carga orgánica uno de los problemas más importantes está directamente vinculado con la falta de plantas de tratamiento en el alcantarillado sanitario. La cobertura de alcantarillado sanitario en el área de estudio varía entre un 3,4% en la provincia de Cartago y el 69,4% en la provincia de San José, para un promedio, siempre en el área de estudio, del 49,9%. Sin embargo, al considerar la población con alcantarillado sanitario y con planta de tratamiento en operación<sup>6</sup> la cobertura baja a 1,6%. La

provincia que muestra el índice más alto de tratamiento es Heredia, con apenas un 5,5 % de la población con este servicio (cuadro 4.20).

Se estima que en el área de estudio alrededor de 183.019 viviendas hacen uso de tanques sépticos (Chinchilla, 2004). Aunque esta práctica es una solución en zonas donde no existe servicio de alcantarillado sanitario, conlleva problemas asociados a la posible contaminación de los acuíferos, producto de las aguas infiltradas por los sistemas de drenaje; además, en muchos casos los drenajes no realizan su función correctamente y las aguas de rebalse drenan a caños pluviales u otros cuerpos de agua. La mayor parte de los lodos acumulados en los tanques sépticos se vierte en los ríos sin ningún tratamiento.

Pero no solo el sector residencial es fuente de contaminación para la cuenca del Grande de Tárcoles. Las actividades

económicas, tanto industriales como agroindustriales, tienen un bajo nivel de tratamiento de sus aguas residuales. En el sector industrial, según la información disponible, solo un 8,5% de los entes registrados realiza algún tipo de tratamiento de estas aguas (no necesariamente el óptimo) (cuadro 4.21). Además, la industria y la agroindustria manejan otras sustancias químicas, como metales pesados, solventes, hidrocarburos y otras, cuya cuantificación resulta difícil (Chinchilla, 2004).

En el sector agroindustrial, el porcentaje de entes registrados que poseen algún grado de tratamiento de las aguas residuales oscila entre un 35,3% para el subsector de matanza de ganado, preparación y conservación de carnes, hasta el 93,3% para los beneficios de café, donde actualmente 28 de los 30 establecimientos registrados cuentan con algún tipo de tratamiento.

CUADRO 4.20

**Población cubierta con alcantarillado sanitario y planta de tratamiento, en el tramo alto-oriental de la cuenca del río Grande de Tárcoles, por provincia. 2003**

(datos absolutos y porcentajes)

Situación		Provincia				Total
		San José	Alajuela	Cartago	Heredia	
Población total en el área de estudio	Habitantes	1.001.865	198.760	94.104	335.467	1.630.196
Población con servicio de alcantarillado sanitario	Habitantes	695.578	53.337	3.226	60.610	812.751
	Cobertura respecto a la población total en el área de estudio (%)	69,4	26,8	3,4	18,1	49,9
Población con planta de tratamiento	Habitantes	28.126	53.337	3.226	60.610	145.299
	Cobertura respecto a la población total en el área de estudio (%)	2,8	26,8	3,4	18,1	8,9
Población con planta de tratamiento en operación	Habitantes	5.128	2.528	402	18.475	26.533
	Cobertura respecto a la población total en el área de estudio (%)	0,5	1,3	0,4	5,5	1,6

Fuente: Elaboración propia con datos de OPS et al, 2003 y CCSS, 2003.

CUADRO 4.21

**Entes con tratamiento de aguas residuales, según sector. 2004**

Sector	Población/número de entes registrados	Población/entes con tratamiento de aguas residuales	Porcentaje de población/entes con tratamiento
Doméstico	1.630.196	26.533	1,6
Agroindustrial <sup>a/</sup>	253	105	41,5
Industrial <sup>b/</sup>	1.787	152	8,5

a/ Incluye producción pecuaria, matanza de ganado, preparación y conservación de carnes, beneficios de café y aserraderos.

b/ Incluye alimentos, bebidas y tabaco; textiles, vestido y cuero; madera y sus manufacturas; papel, cartón, imprentas y editoriales; químico, caucho y plásticos; minerales no metálicos; metalmecánicas y electrónicas y otras manufacturas.

Fuente: MINAE-DIGECA, 2004; CCSS, 2003 y OPS et al, 2003.

La casi total ausencia de tratamiento adecuado de las aguas residuales, sobre todo en los sectores doméstico e industrial, trae como consecuencia una carga orgánica contaminante sumamente alta (cuadro 4.22). Estos dos sectores aportan en conjunto un alto porcentaje de la carga contaminante, estimada en carga orgánica y sólidos - 83,6% en demanda bioquímica de oxígeno (DBO), 81,7% en demanda química de oxígeno (DQO) y 79,9 en sólidos suspendidos totales (SST)-. Entre ellos el sector doméstico es responsable de más del 60% en los tres parámetros estimados. En la agroindustria, la producción pecuaria es la principal responsable de la carga contaminante, con porcentajes de DBO, DQO y SST estimados entre 65% y 72,9%. Aunque más del 90% de los beneficios de café cuentan con algún tipo de tratamiento, producen entre el 21% y el 24,5% de las cargas contaminantes de los tres parámetros estimados para este sector en esa cuenca.

CUADRO 4.22

**Cargas contaminantes estimadas en términos de DBO, DQO y SST, según sector generador de contaminación. 2004**

Sector	Cargas contaminantes estimadas					
	Demanda bioquímica de oxígeno <sup>a/</sup>		Demanda química de oxígeno <sup>b/</sup>		Sólidos suspendidos totales <sup>c/</sup>	
	(ton/año)	(%)	(ton/año)	(%)	(ton/año)	(%)
<b>Doméstico</b>						
Aguas domésticas del servicio de alcantarillado sanitario	17.363	68,6	31.833	64,9	17.363	65,7
Lodos de tanques sépticos	944	3,7	2.135	4,4	623	2,4
<b>Agroindustrial</b>	<b>4.129</b>	<b>16,3</b>	<b>8.993</b>	<b>18,3</b>	<b>5.326</b>	<b>20,2</b>
<b>Industria</b>	2.861	11,3	6.089	12,4	3.123	11,8
<b>Total</b>	25.297	100,0	49.050	100,0	26.435	100,0

a/ La prueba de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un procedimiento experimental, tipo bioensayo, que mide el oxígeno requerido por los organismos, en sus procesos metabólicos, al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. Es una prueba usada para determinar los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y residuales en general; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

b/ La demanda química de oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.

c/ Los sólidos suspendidos totales (SST) o residuos no filtrables de una muestra de agua natural o residual, industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante.

Fuente: MINAE-DIGECA, 2004 y Water Pollution Control Federation, 1995.

En la industria, de acuerdo con las estimaciones realizadas en el registro de entes generadores de contaminación de la DIGECA, las principales actividades contaminantes son la industria alimenticia, de bebidas y tabaco, seguida por la industria de química, plástico y caucho, en el caso de DBO y DQO, y por la industria de papel, cartón, imprentas y editoriales, en el caso de SST.

### Contaminantes químicos: se identifican metales pesados en sedimentos del golfo de Nicoya<sup>7</sup>

En el golfo de Nicoya drena casi una cuarta parte de las aguas del territorio nacional. Ahí llegan las aguas fluviales de grandes cuencas: Tempisque (3.405 km<sup>2</sup>), Bebedero (2.050 km<sup>2</sup>) y Grande de Tárcoles (2.168,5 km<sup>2</sup>), en los cuales se realizan actividades pecuarias, acuicultura, agricultura de granos, melón, caña de azúcar, café, hortalizas y frutales, y donde se concentran la mayor densidad de actividades industriales y más del 70% de los centros urbanos del país. La contaminación del golfo de Nicoya con metales pesados es un claro indicio de la vulnerabilidad de este a los vertidos de contaminantes de las áreas urbanas, industriales y agrícolas ubicadas en las cuencas que allí drenan. Los metales pesados son elementos químicos que se encuentran presentes en el ambiente en concentraciones habitualmente bajas. Sin embargo, las actividades humanas pueden provocar enriquecimientos en las concentraciones normales de estos compuestos, con consecuencias serias para la salud y el entorno.

Uno de los pocos estudios que existen sobre contaminantes químicos en el golfo de Nicoya es el que realizó el Laboratorio de Química Marina de la Universidad Nacional entre 1995 y 1996, en 33 estaciones de esa zona, en el cual se analizó la presencia de mercurio, cadmio, plomo, cobre, níquel, zinc, manganeso, hierro y carbono orgánico total en sedimentos (León et al, 2004). Esta investigación permitió observar enriquecimiento de mercurio, cobre, zinc, níquel y plomo en zonas cercanas a la desembocadura del río Grande de Tárcoles y el estero de

Puntarenas, cuya procedencia se presume que es antropogénica. Los principales hallazgos de este estudio se exponen a continuación.

La distribución espacial de los metales en el bajo golfo, con excepción del cadmio, es similar: bajas concentraciones en el área opuesta a Puntarenas y en el estuario del Tempisque, y altas concentraciones en las inmediaciones de la isla de Chira. La distribución espacial de cobre, zinc, plomo y carbono orgánico muestra altos valores frente al estuario del Tárcoles y decrece hacia la costa oeste del golfo. El mercurio y el manganeso exhiben distribuciones altas frente al estuario del Tárcoles y decrecen hacia la parte externa del golfo. Los enriquecimientos de cadmio fueron encontrados frente a los estuarios del Tárcoles y del Tempisque y en un transepto de punta Morales a la costa oeste. Valores ligeramente altos de cobre, zinc y plomo fueron hallados frente al estuario del Tárcoles y hacia el norte de este río.

Las concentraciones de hierro, cobre, níquel, zinc, manganeso y plomo corresponden a niveles que se consideran naturales a nivel mundial, con enriquecimientos de cobre, zinc y plomo en la parte opuesta a la desembocadura del Tárcoles. El cadmio es muy bajo en todo el golfo, excepto en el estuario del Tárcoles y la parte media alta del golfo, donde se encontraron valores superiores a los naturales. El mercurio está distribuido en todo el golfo.

Las concentraciones más altas se asocian a los sedimentos más finos y a la materia orgánica, con excepción del hierro de origen geológico. Lo anterior puede indicar que la procedencia de algunos metales es antropogénica. En la parte externa del golfo todos los metales introducidos se asocian al carbono orgánico y a la fracción de limo-arcilla con los sedimentos. Cabe recordar que en la cuenca del Grande de Tárcoles drena el área industrial y urbana más grande del país, por lo que es de suponer que, en el estuario de este río, los enriquecimientos de metales pesados como mercurio, cobre, zinc y plomo, tienen una procedencia antropogénica; en cambio, en la zona

interna de la cuenca se estima que solamente el mercurio, el cobre y el plomo estarían asociados a la actividad humana (De la Cruz et al, 1999).

### Esfuerzos para controlar la contaminación en cuencas y playas<sup>8</sup>

En los últimos diez años se desarrolló en el país una serie de esfuerzos orientados a la conservación, el ordenamiento y la reducción de la contaminación de las cuencas hidrográficas, con un enfoque de largo plazo. El Plan de Mejoramiento Ambiental de la Cuenca Alta del Río Virilla (PLAMA VIRILLA), que abarca un área de 142 km<sup>2</sup>, es una de las iniciativas más relevantes e integrales, pues incluye programas de educación ambiental, reforestación y descontaminación de aguas y suelos. También se puso en marcha el Programa de Manejo de la Cuenca del Río Grande de Tárcoles, cuyas acciones en una primera etapa son el estudio de los recursos hídricos y el alcantarillado sanitario de la GAM, San Ramón y San Isidro de Heredia, la construcción de obras de emergencia para el drenaje pluvial, el manejo de desechos sólidos y el ordenamiento territorial (uso del suelo, reforestación, planes reguladores municipales y regionales) (Abt Associates Inc, 1999). Otro proyecto importante es el Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Reventazón (2.950 km<sup>2</sup>) que tiene como objetivo una región que cubre el 48% de la provincia de Cartago y genera casi la tercera parte de la energía hidroeléctrica del país; en esta zona, la horticultura y la ganadería sin prácticas de conservación de suelos, en la parte norte de la cuenca, generan una sedimentación de 17,5 a 37,8 toneladas métricas por hectárea por año (ICE, 2000). Por su parte, el sector cafetalero ha realizado esfuerzos significativos para reducir la descarga de agua contaminada en los ríos, como consecuencia de los procesos de beneficiado (recuadro 4.8).

En materia de protección de aguas costeras, en la última década se desarrolló también el Programa Bandera Azul Ecológica (PBAE), un

RECUADRO 4.8

**Reducción de la contaminación en la actividad cafetalera**

La caficultura fue en el pasado una de las actividades económicas que más contaminaban los ríos en Costa Rica. Ante esta situación, el sector cafetalero se propuso descontaminar las aguas que se usan en los beneficios de café y desechar apropiadamente los subproductos sólidos. El propósito era reducir de manera radical la descarga de aguas contaminadas en los ríos para proteger el ambiente y ofrecer un café más amigable con la naturaleza.

Entre los tipos de desecho que genera el beneficiado están: las aguas del despulpado, que vertían a los ríos la pulpa perdida por el café mientras era transportado por agua dentro del beneficio; el lavado del mucílago (las mieles que rodean el grano) y el vertido directo de pulpa, que constituía la forma más seria de contaminación. Como se ve, era crucial visualizar la pulpa como un subproducto utilizable, y ya no como un desecho.

Estudios del Centro de Investigaciones del ICAFE (CICAFE) llevaron a proponer un plan de descontaminación, que se convirtió en un convenio de cooperación interinstitucional entre el ICAFE, el ICAA, la

ARESEP y el Ministerio de Salud. Se planteó un programa en cuatro etapas (de 1992 a 1998), cuya meta más importante era reducir en un 80% la contaminación causada por esta agroindustria. Los estudios periódicos del Laboratorio de Aguas del ICAA, confirman el logro de esa meta en la cuenca Virilla-Tárcoles (Vargas, 2004).

En el marco del programa se promovió la utilización de tecnologías más limpias para la descontaminación de las aguas, tales como el tamizaje o colado de los desechos sólidos de pulpa, el tratamiento del resto de desechos pequeños en tanques para su sedimentación, así como la reducción del uso de agua (la economía de agua se alcanzó en un 90%, proporción que incluso fue mejorada en algunos beneficios). Los desechos del mucílago, que se disuelven en agua, ahora son descompuestos en sistemas de tratamiento secundario, principalmente en reactores o lagunas anaeróbicas (es decir, que funcionan sin oxígeno, con auxilio de bacterias que se alimentan de desecho orgánico). Sólo hasta que el agua ha pasado por todo este

tratamiento y tiene menores niveles de contaminación, va al río, contrario a la práctica tradicional de hacer múltiples descargas de agua sin tratamiento alguno. Actualmente el despulpado en seco y el transporte de la pulpa sin agua previenen el 50% de los contaminantes.

Por otra parte, el sector beneficiador se ha enfocado en la búsqueda del aprovechamiento de la broza, uno de los principales subproductos del proceso. Hoy en día, la mayor parte se utiliza como abono orgánico y como combustible. Según investigaciones del CICAFE, el uso como abono orgánico resulta un excelente complemento del fertilizante químico, e incluso puede hacer que se reduzca la necesidad de éste hasta en un 25%, en los lotes en que todos los años se aplica broza. Esto disminuye los costos para el productor. También se ha comprobado que aumenta el rendimiento por hectárea, por lo que se le considera un posible sustituto del fertilizante químico.

Fuente: Elaboración propia con base en Alpízar, 2004 y Vargas, 2004.

esfuerzo de varias instituciones del Estado que evalúa, entre otros, las calidades microbiológicas del agua de mar y las condiciones sanitarias de las costas (desechos sólidos, vertidos y tratamiento de aguas residuales). El PBAE se ha venido fortaleciendo como un indicador de gestión ambiental y de atractivo turístico. En 1996, al inicio del programa, fueron galardonadas 10 playas y para el 2003 ese número ascendió a 56. En el período 1998-2003 se analizó el agua de mar frente a 82 playas, que fueron clasificadas en cuatro categorías según la presencia de coliformes fecales (mapa 4.2). Las playas de Guacalillo, en la desembocadura del Tárcoles, Quepos, Golfito, así como Portete y el Balneario Municipal de Limón presentan altas concentraciones de coliformes, seguidas por Camaronal, Doña Ana, Dominical, Bahía Ballena y Manzanillo (Mora y Portuguesez, 2004).

**Contaminación atmosférica**

La contaminación del aire es un problema en la mayoría de los países

MAPA 4.2

**Costa Rica: clasificación de las playas según la presencia de coliformes fecales. 1998-2003**  
(por cada 100 mililitros de agua)



Fuente: Laboratorio Nacional de Aguas, ICAA.

desarrollados y se asocia, entre otros factores, a las emisiones de la flota vehicular y de la actividad industrial. En el caso de Costa Rica, la GAM concentra gran parte de la flota vehicular y de la industria nacional, lo que la hace más propensa a los problemas de contaminación atmosférica. La contaminación del aire ocasiona daños en el ambiente y afecta la biodiversidad en general. Además tiene un impacto sobre el espesor de la capa de ozono y contribuye al deterioro de edificios, monumentos y otras estructuras expuestas a los contaminantes. Igualmente causa daños a la salud del ser humano, provocándole afecciones del sistema respiratorio. De allí se desprende el interés de organismos nacionales e internacionales por desarrollar estudios sobre la contaminación del aire, especialmente en la GAM.

### Emisiones de gases de efecto invernadero<sup>9</sup>

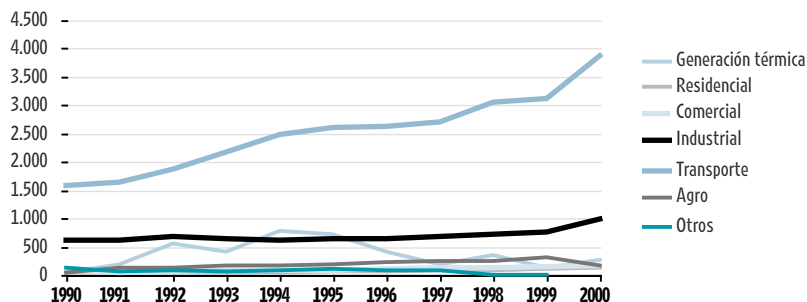
Costa Rica ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en junio de 1994. En torno a este tema se han realizado dos inventarios de gases de efecto invernadero, el primero en 1990 y el segundo en 1996; los sectores evaluados son: energía, procesos industriales, agricultura, uso de la tierra y manejo de desechos. En estos contextos, los gases más importantes son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que representa el 87,9% de las emisiones, el monóxido de carbono (CO) con 6,1% y el metano (CH<sub>4</sub>) con 4,4%. Las emisiones totales de los inventarios efectuados presentan valores que oscilan entre los 4 millones y 4,5 millones de toneladas.

El sector energético es el principal emisor de estos gases, con una contribución del 87,3%, seguido por el de procesos industriales, con 8,8%, y el de agricultura, con 3,1%. El sector energía incrementó sus emisiones a lo largo de la década de los noventa, en tanto que el de uso de la tierra pasó de ser un emisor a ser fijador de carbono. El aumento en los otros segmentos ha sido moderado (gráfico 4.18).

El incremento de las emisiones del sector energético se explica por el consumo de una mayor cantidad de

GRAFICO 4.18

### Costa Rica: emisiones de dióxido de carbono estimadas por sector en el Área Metropolitana de San José. 1990-2000<sup>a/</sup> (miles de toneladas)



a/ Las cifras sobre emisiones del año 2000 son preliminares.

Fuente: Chacón, 2004.

hidrocarburos, cuya combustión genera CO<sub>2</sub>, CO, óxidos de nitrógeno, CH<sub>4</sub> y otros. Los subsectores sobresalientes en este ámbito son los de generación térmica y transporte; este último es el emisor más importante y presentó una tendencia creciente muy fuerte en la década de los noventa, al pasar de 1,5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas en 1990, a un estimado de alrededor de 3,9 millones de toneladas en el año 2000. El análisis por tipo de vehículo indica que los automóviles fueron los que generaron un crecimiento mayor de las emisiones en la década, hecho que se relaciona de manera directa con el comportamiento de la flota vehicular, que muestra un aumento lineal sostenido cercano al 8% anual. La cantidad de vehículos en circulación prácticamente se duplicó en el período 1992-2002, de 373.868 a 689.763 (Compendio Estadístico).

Aunque en el país la generación eléctrica se realiza en un alto porcentaje a través de fuentes renovables, en períodos climáticos adversos o por incremento de la demanda se utilizan las centrales térmicas, que consumen una gran cantidad de combustible.

Por otra parte, y a pesar de esta tendencia al aumento de las emisiones, Costa Rica se compara favorablemente con otras naciones latinoamericanas. La emisión per cápita del país, de

acuerdo con el inventario de 1996, es de 1,2 toneladas por habitante (gráfico 4.19). Los altos niveles de emisión de Bolivia y Panamá son generados fundamentalmente por el sector uso de la tierra, debido a la deforestación por medio de quema (Chacón, 2004).

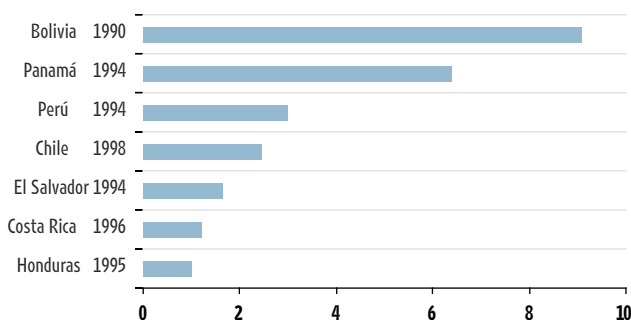
### Vigilancia de la calidad del aire

Para complementar las estimaciones de gases de efecto invernadero antes comentadas, diferentes instituciones académicas y gubernamentales han puesto en marcha planes de monitoreo de la calidad del aire en diversos puntos de la GAM. Los primeros intentos de diagnóstico se dieron en 1971, pero fueron intermitentes hasta 1993, cuando PECAire-UNA, con el apoyo de Swisscontact<sup>10</sup>, inició un monitoreo de la calidad del aire enfocado principalmente a la valoración de las emisiones vehiculares.

Entre los contaminantes monitoreados en la ciudad capital destacan el material particulado en suspensión y, en especial, la fracción de partículas que se conoce con el nombre de material particulado PM-10. Esta fracción, que posee diámetros iguales o menores a 10 micras, puede ingresar al sistema respiratorio de los seres humanos. Los niveles encontrados muestran una disminución después de 1998, coincidente con la entrada en vigencia de los controles de

GRAFICO 4.19

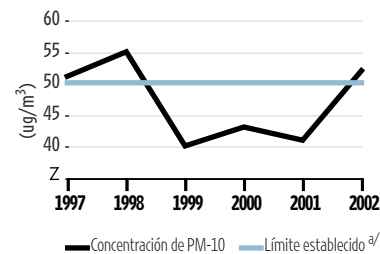
**Latinoamérica: comparación de emisiones de gases de efecto invernadero en algunos países. 1990-1998**  
(toneladas per cápita)



Fuente: Chacón, 2004 con base en las Comunicaciones Nacionales de los países mencionados ante la Convención Marco de Cambio Climático.

GRAFICO 4.20

**San José: variación de la concentración de material particulado PM-10. 1997-2002**



a/ Representa el valor promedio anual para partículas PM-10 establecido en el Decreto de Inmisiones de Costa Rica: 50 µg/m³.

Fuente: Alfaro, 1999 y Herrera y Rodríguez, 2002.

emisiones vehiculares, y una reversión de la tendencia a partir del año 2001, paralela a la suspensión de la revisión técnica periódica que se mantuvo hasta mediados del 2002, cuando inició actividades la firma Riteve SyC (gráfico 4.20) (Herrera y Rodríguez, 2004).

Un estudio de los niveles de sulfatos y nitratos en el material particulado PM-10 colectado del aire de la ciudad de San José (Herrera, 2003) indica que algunos de los valores promedio mensuales obtenidos en las cercanías del Ministerio de Seguridad Pública y del Museo Nacional, superan los parámetros de referencia establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. La ocurrencia de estos niveles se relaciona con el alto flujo vehicular en estos puntos y con las características del combustible que se expende en el país, el cual tiene un alto contenido de azufre.

Otro de los contaminantes presentes en el aire es el dióxido de nitrógeno<sup>11</sup>, que es generado principalmente por los procesos de combustión tanto de fuentes móviles como estacionarias. La tendencia observada en este caso es similar a la que se detectó en el material particulado (gráfico 4.21). Un estudio realizado en catorce puntos de los cuatro distritos de la ciudad de San José en el 2003 (Herrera y Rodríguez,

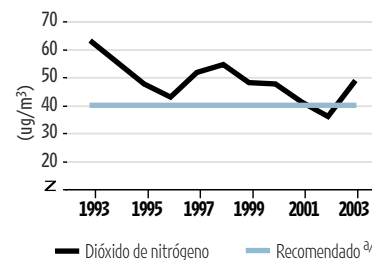
2004) señala que los valores obtenidos en los puntos de monitoreo localizados sobre la Avenida Segunda y la Avenida Diez excedieron en los cuatro muestreos mensuales (setiembre-diciembre 2003), el valor promedio recomendado por la OMS para este contaminante (40 µg/m³). Tres puntos adicionales excedieron estos niveles en dos de los cuatro muestreos efectuados

Un caso exitoso en el control de contaminantes atmosféricos lo constituye la importante reducción del plomo en la gasolina a principios de los años noventa y su posterior eliminación en 1996, que en el término de una década logró bajar el plomo presente en el material particulado a valores promedio anuales de 0,035 µg/m³ (Herrera y Rodríguez, 2002), muy por debajo de la norma nacional de 2 µg/m³.

El Laboratorio de Química de la Atmósfera (LAQAT) de la UNA, en coordinación con la Municipalidad de Belén, el MINAE y el Ministerio de Salud, cuenta con una estación de monitoreo de la calidad del aire en el cantón de Belén. Durante el 2002 ninguno de los contaminantes medidos<sup>12</sup> en esa estación alcanzó, por períodos del orden de una hora, concentraciones superiores a las normas de inmisión para veinticuatro horas y un año (Valdés et al, 2003). En el transcurso del

GRAFICO 4.21

**San José: variación de la concentración de dióxido de nitrógeno. 1993-2003**  
(por metro cúbico)



a/ Representa el valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud como promedio anual.

Fuente: Alfaro, 1999; Rodríguez et al, 2004.

año, los valores se comportaron en función de la dirección e intensidad del viento predominante, que afecta el grado de dilución de las emisiones. Los máximos se dieron en la época lluviosa, cuando el viento por lo general es moderado, con un aumento en los niveles de contaminantes originados en el vecindario de Belén. Los valores mínimos se produjeron en la época seca, en la cual la velocidad media del viento

del este fue mayor a 10 m/s. Se registraron mayores niveles de óxidos de nitrógeno y partículas en el aire provenientes de San José y la autopista General Cañas, y estos coincidieron con las horas pico de transporte. Ello sugiere que una de las fuentes predominantes de la contaminación del aire en Belén durante la época seca es el transporte automotor en San José y entre Alajuela y San José (Valdés et al, 2003).

No se cuenta con datos sobre la presencia de otros contaminantes del aire, como el benceno y algunos compuestos orgánicos volátiles importantes como el MTBE, sustituto del plomo.

El control de emisiones vehiculares por parte de la empresa Riteve S y C inició en el segundo semestre del 2002. Durante los primeros dieciocho meses de operación, la empresa realizó más de dos millones de inspecciones, siguiendo un régimen de asistencia de acuerdo con el último dígito de la placa del vehículo. Sin embargo, la asistencia mensual ha oscilado entre 33% y 43%, lo que indica falta de control en las carreteras y poca conciencia de los propietarios sobre la importancia de la revisión técnica. El principal defecto grave detectado en las estaciones ha sido el nivel de emisiones contaminantes: 4 de cada 10 vehículos inspeccionados no superan la prueba por este motivo (Riteve S y C, 2003). Un

análisis de la reglamentación vigente sobre emisión e inmisión de contaminantes atmosféricos se publicó en el Noveno Informe (Programa Estado de la Nación, 2003).

### Desechos sólidos

Pese a que el manejo de los desechos sólidos fue objeto de una declaración de emergencia nacional en 1991, el 59% de las municipalidades (IFAM, 2002) continúa depositando su basura en botaderos a cielo abierto y la recolección de desechos sólidos se da únicamente en el 69,5% del territorio nacional. La recolección se hace en forma indiscriminada para su posterior envío a los vertederos, sin aprovechar los beneficios económicos, ambientales y energéticos que poseen los desechos ordinarios. Lo que no se recolecta va a botaderos clandestinos, lotes baldíos o directamente a los cauces de los ríos. Para ilustrar el impacto de los desechos no recolectados puede observarse el historial de los materiales extraídos por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) de algunas plantas hidroeléctricas. En los últimos seis años, la CNFL ha removido de los cauces que alimentan las plantas de Río Segundo, Belén, Brasil, Nuestro Amo y Electriona un total de 30.193 toneladas de desechos sólidos (cuadro 4.23). El costo de esta extracción

es alto: en el 2003 ascendió a 29,5 millones de colones, que fueron asumidos por la CNFL (Soto y Sasa, 2004).

Los registros de la Municipalidad de San José, que datan de 1978 (Municipalidad de San José, 2004), indican que la producción de desechos ha crecido continuamente desde ese año, salvo en los periodos 1981-1985 y 1994-1998 (gráfico 4.22). El promedio nacional es de 0,87 kg/habitante/día, para una generación diaria proyectada de 3.507 toneladas de desechos sólidos en todo el país. En el 2003, quince municipios mantuvieron una producción per cápita superior a 1 kg/habitante/día, cifra que es comparable con las de países que poseen elevados niveles de consumo. Estos municipios se ubican tanto en la GAM como en zonas rurales; los valores más altos corresponden a Pérez Zeledón, Garabito y Cañas, con una generación per cápita mayor a los 2 kg/habitante/día. En el 2002, los desechos sólidos domésticos del cantón central de San José ascendieron a 804.400 y a 368.900 toneladas en el caso del sector industrial (Municipalidad de San José, 2004).

La composición de los desechos sólidos se muestra en la gráfico 4.23. Tanto para el sector doméstico como para el industrial se observa que un porcentaje alto corresponde a papel y cartón, es decir, desechos susceptibles de reciclado. En el sector doméstico los desperdicios

CUADRO 4.23

### Historial de los desechos extraídos de las plantas hidroeléctricas de la CNFL y los costos asociados. 2000-2003 (toneladas y colones corrientes)

Planta hidroeléctrica	2000		2001		2002		2003	
	Peso (toneladas)	Costo total (colones)	Peso (toneladas)	Costo total (colones)	Peso (toneladas)	Costo total (colones)	Peso (toneladas)	Costo total (colones)
Río Segundo	12,2	281.746	12,2	312.826	12,2	331.214	12,2	443.102
Belén	205,6	1.597.535	162,7	1.462.570	206,3	1.476.960	239,9	2.795.056
Brasil	5.881,7	52.756.237	5.111,4	46.402.688	6.247,6	57.476.863	2075,9	21.418.505
Nuestro Amo	155,0	1.359.389	191,6	1.780.530	236,3	2.623.740	234,2	3.069.438
Electriona	147,2	852.879	99,2	990.000	91,8	855.000	118,5	1.782.979
Total	6.401,7	56.847.786	5.577,2	50.948.615	6.794,3	63.033.778	2680,7	29.509.080

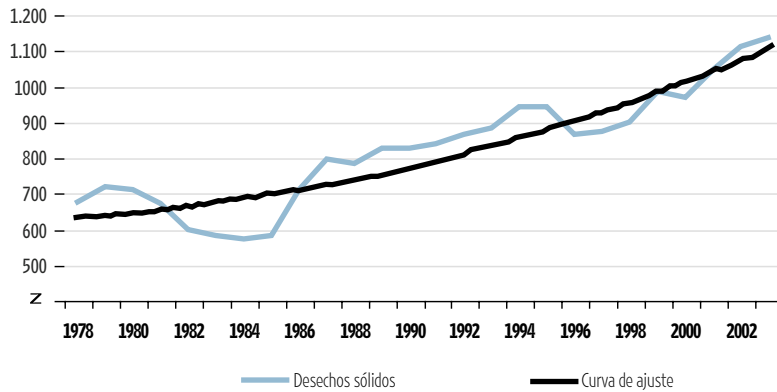
Fuente: Rosas y Jiménez, 2004.



GRAFICO 4.22

**San José: cantidad de desechos per cápita para el cantón central. 1978-2003**

(gramos/per cápita/día)

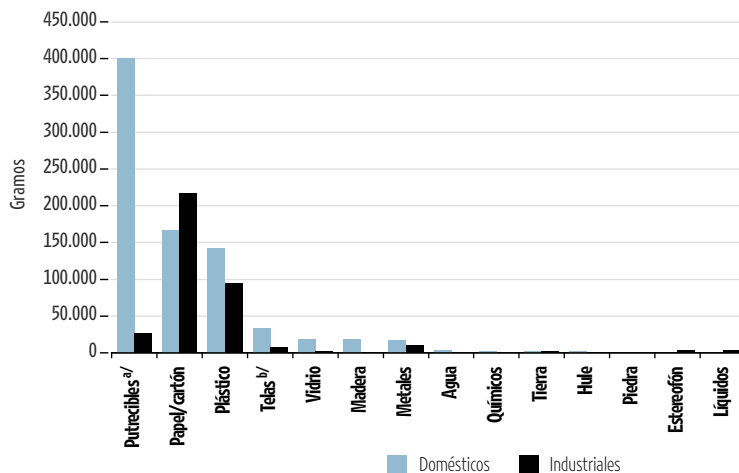


Fuente: Municipalidad de San José, 2004.

GRAFICO 4.23

**San José: composición de los desechos sólidos municipales, industriales y domésticos. 2002**

(por metro cúbico)



a/ Incluye la categoría "orgánicos" en los desechos industriales.

b/ Incluye la categoría "telas" en los desechos industriales.

Fuente: Municipalidad de San José, 2004.

algunos tipos de plástico, como el PVC, producen dioxinas, que están prohibidas en la mayoría de los países debido a sus posibles efectos en mutaciones genéticas en el ADN (Soto y Sasa, 2004).

**Manejo de desechos industriales, electrónicos y peligrosos**

Los desechos del sector industrial incluyen materiales peligrosos, como restos de plaguicidas, fertilizantes, disolventes orgánicos, metales pesados (mercurio usado en tintas), y materiales no peligrosos como diferentes tipos de plásticos, papeles, cartones, tarimas, textiles y otros. No obstante su posible impacto en el ambiente y la salud, los datos disponibles sobre el manejo de estos desechos son escasos.

Se estima que en la actualidad existen unas 12.000 toneladas de equipo electrónico en desuso, principalmente computadores y sus componentes, que contienen metales pesados (plomo, cadmio, mercurio, cromo), que no tienen ningún tipo de manejo y se están mezclando con la basura tradicional. Además se calcula que en el país se desecha un millón de baterías de teléfonos celulares anualmente (Valerio, 2004).

En marzo de 1995 Costa Rica suscribió la Convención sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, conocida como Convenio de Basilea. La firma de este instrumento permitió al país la exportación de desechos peligrosos que por muchos años se habían almacenado sin tratamiento o disposición final. La mayoría de ellos corresponde a solventes agotados, aceites dieléctricos (con PCB<sup>13</sup>) y medicamentos vencidos (cuadro 4.24).

Los desechos radiactivos resultantes de su uso para fines médicos, de investigación científica y desarrollo de productos, son estrictamente controlados a través de un programa permanente de monitoreo y vigilancia del Ministerio de Salud. Todas las instalaciones donde se almacenan estos desechos están supervisadas y son objeto de inspecciones anuales. La Escuela de Física de la UCR administra una instalación dedicada al tratamiento de pequeñas cantidades de desechos radiactivos (Madrigal, 2004).

orgánicos constituyen casi la mitad de los desechos. El plástico ocupa un lugar importante en ambos sectores, como resultado de la sustitución que se ha hecho a nivel mundial de otros productos más caros por artículos plásticos. Costa Rica importa anualmente 70.000 toneladas de

plástico como materia prima, y otras 3.000 toneladas que ingresan como producto terminado (Escorriola, 1998). Los desechos plásticos mal manejados generan contaminación visual, saturan alcantarillas y embalses, y son dañinos para la vida silvestre y acuática. Al ser incinerados,

CUADRO 4.24

### Categorías de los desechos, características de peligrosidad y exportaciones según Convenio de Basilea y acuerdos bilaterales con Estados Unidos. 2003-2004

Categoría de desechos por controlar	Características de peligrosidad	Exportaciones	
		2004	2003
PCB: sustancias y artículos de desecho que contengan o estén contaminados con PCB	Ecotóxica <sup>a/</sup> Sustancias tóxicas <sup>b/</sup>	550.000 kg 500.000(T1) <sup>c/</sup>	160.000 kg
Disolventes orgánicos, tintas, adhesivos y plastificantes: desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de disolventes orgánicos, tintas, plastificantes y adhesivos	Sustancias tóxicas <sup>b/</sup>	100.000 kg 5.520(I1) <sup>d/</sup> 5.165(I2) <sup>e/</sup>	200.000 kg
Desechos de medicamentos: desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos.	Sustancias tóxicas <sup>b/</sup> Tóxico agudo <sup>f/</sup>	500.000 kg	160.000 kg
Desechos de medicamentos			
Plomo: plomo, compuestos con plomo	Tóxico agudo <sup>f/</sup>	410.000 kg 27.598kg(I3) <sup>g/</sup>	
Biocidas: desechos de la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos	Tóxico agudo <sup>f/</sup>	200.000 kg 105.000(T2) <sup>h/</sup> 743.000(T3) <sup>i/</sup>	

a/ Ecotóxicos: son sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.

b/ Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos): son aquellas sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso carcinogénicos.

c/ T1: Estos desechos se encuentran en tránsito en el país. Proviene de Colombia y se enviarán a través de puerto Moín a Europa, para su tratamiento o disposición final.

d/ I1: Solventes desechados por la empresa Intel.

e/ I2: Desechos de epóxidos y adhesivos generados por la empresa Intel.

f/ Tóxicos agudos (venenos): son sustancias o desechos que pueden causar la muerte, lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren, se inhalan o entran en contacto con la piel.

g/ I3 Desechos con plomo, generados por la empresa Intel.

h/ T2: Estos desechos de toxafeno se encuentran en tránsito en el país. Proviene de Nicaragua y se enviarán a través de puerto Moín a Europa, para su tratamiento o disposición final.

i/ T3: Estos desechos (varios tipos de plaguicidas) se encuentran en tránsito en el país. Proviene de Venezuela y se enviarán a través de puerto Moín a Europa, para su tratamiento o disposición final.

Fuente: Elaborado con datos del Ministerio de Salud y el Departamento Ambiental de INTEL.

### Sustancias químicas de uso industrial

Son muy pocos los estudios que existen en Costa Rica sobre la contaminación por sustancias químicas de uso industrial. Para ilustrar este tema a continuación se presenta una sinopsis de los resultados de tres investigaciones independientes efectuadas por las universidades estatales. La primera consistió en una revisión de las mercancías químicas (excepto plaguicidas) que ingresan por el puerto de Caldera y su peligrosidad (Mora, 2004). La segunda analizó el almacenamiento y manipulación de sustancias químicas peligrosas en las industrias del cantón de Belén (Alfaro, 2004). El tercer estudio examinó el caso de la industria de pinturas en el país, con base en una revisión de la información con que cuentan el Ministerio de Salud y PROCOMER (Soto y Sasa, 2004).

### Trasiego de mercancías químicas en puerto Caldera

La información sobre trasiego de mercaderías exportadas e importadas a través de puerto Caldera normalmente no refleja datos específicos sobre mercancías químicas, por lo que se utilizó la base de datos de exportación/importación de la Dirección General de Aduanas para clasificar las mercancías que pasaron por el citado puerto entre enero de 2001 y mayo de 2002 (Mora, 2004). Aunque este estudio no incluyó plaguicidas, se sabe que Caldera es un puerto de entrada importante para estos productos. La necesidad de contar con datos específicos sobre los tipos y volúmenes de sustancias peligrosas que entran y salen del país obedece, entre otras razones, a su relevancia para la salud del personal que labora en el puerto, el riesgo de accidentes en las áreas de trasiego y almacenaje, y los posibles impactos ambientales, además de que contribuye al conocimiento de las sustancias químicas peligrosas que se utilizan en el país.

Durante el período de estudio se movilizaron aproximadamente 234.000 toneladas métricas de mercancías químicas (Dirección General de Aduanas,

2002). Si se clasifican las mercancías químicas definidas como prioritarias<sup>14</sup>, de acuerdo con las diferentes clases incluidas en el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG)<sup>15</sup>, se tiene que un 32% se ubicó en la clase 8 (sustancias corrosivas), 23% en la clase 3 (líquidos inflamables), 21% en la clase 6 (sustancias venenosas e infecciosas), 14% en la clase 4 (sustancias no clasificadas como explosivas que, en las condiciones de transporte, entran con facilidad en combustión o pueden provocar incendio) y 10% en la clase 5 (comburentes y peróxidos orgánicos) (gráfico 4.24).

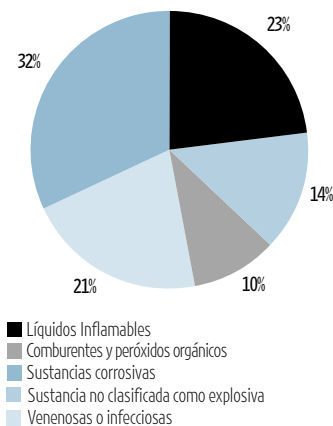
### Almacenamiento y manipulación de sustancias peligrosas de uso industrial

De acuerdo con el reglamento para la concesión de permisos de funcionamiento del Ministerio de Salud, las industrias pueden clasificarse según su riesgo ambiental y su tamaño. Las industrias de alto riesgo ambiental y para la salud de las personas corresponden a la categoría A, y las de mediano riesgo en las categorías B1 y B2. En el país no existen estudios de alcance nacional o regional (Valle Central, por ejemplo) sobre este tema. Sin embargo, recientemente una tesis de grado de la Escuela de Química de la Universidad Nacional, realizó un estudio para el cantón de Belén, una localidad que tiene una alta densidad poblacional y ha experimentado un fuerte crecimiento demográfico y urbano. El principal hallazgo de la investigación es que el 40% de las industrias de Belén se ubica en la categoría A; de éstas, el 31% se localiza en zona industrial y el 9% en zonas residenciales de mediana y baja densidad (gráfico 4.25). El 60% restante se clasifica como de mediano riesgo ambiental (B1 y B2); de ellas, un 40% se encuentra en zona industrial, un 15% en zonas residenciales (9% en zonas de baja y mediana densidad y un 6% en zona de alta densidad) y un 3% en zona mixta comercial (Alfaro, 2004).

Por otra parte, se encontró que son pocas las empresas que manipulan y almacenan cantidades mayores a 1.000

GRAFICO 4.24

**Costa Rica: porcentaje de mercancías químicas importadas y exportadas a través de Puerto Caldera<sup>a/</sup>. Enero 2001-mayo 2002**

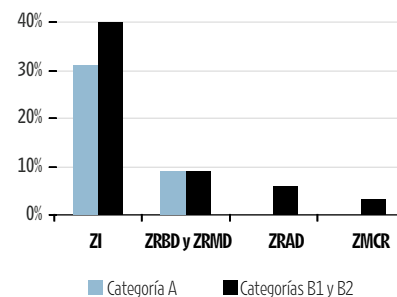


a/ Según clasificación del Código Internacional de Mercancías Peligrosas.

Fuente: Mora, 2004.

GRAFICO 4.25

**Cantón de Belén: porcentaje de industrias establecidas, según clasificación ambiental<sup>a/</sup> y su ubicación según zonificación<sup>b/</sup>**



ZI: Zona industrial.  
 ZMCR: Zona mixta comercial residencial.  
 ZRBD: Zona residencial de baja densidad.  
 ZRMD: Zona residencial de mediana densidad.  
 ZRAD: Zona residencial de alta densidad.  
 a/ Clasificación ambiental establecida por el Ministerio de Salud.  
 b/ Zonificación establecida en el plan regulador del cantón.

Fuente: Alfaro, S., 2004.

toneladas de productos químicos peligrosos: un 6,2% de los establecimientos analizados. El estudio en mención sugiere medidas y controles para prevenir riesgos que atenten contra la salud de los trabajadores y la población de Belén y sus alrededores.

### Registro e importación de sustancias químicas peligrosas

En la actualidad es prácticamente imposible cuantificar los materiales químicos empleados como materia prima en los distintos sectores industriales de Costa Rica, a pesar de que la Dirección de Aduanas (Ministerio de Hacienda) y el Departamento de Control de Sustancias Químicas (Ministerio de Salud) cuentan con bases de datos sobre el registro e importación de estas sustancias. Esto se debe a la rigidez de esas bases de datos y a la carencia de un cruce de información entre ellas. La información se maneja en términos de partidas arancelarias, las cuales son muy generales y pueden abarcar gran número de sustancias químicas en un mismo registro. Varias industrias en el país emplean, almacenan y desechan materiales considerados peligrosos tanto por el Convenio de Basilea, como por los reglamentos de registro, importación, manejo y desecho de sustancias peligrosas. No obstante, la falta de información detallada, dificulta poner en marcha los controles necesarios.

A fin de contar con un ejemplo se analizó el caso de la industria de pinturas (cuadro 4.25) en los años 2002 y 2003 (Soto y Sasa, 2004). Se sabe que esta industria emplea solventes en sus formulaciones, pero se desconoce cuáles son los aditivos que se aplican para proporcionar características especiales a los productos; por ejemplo, algunas pinturas contienen plaguicidas en su formulación. El rubro de los fungicidas y herbicidas usados en la industria de pinturas mostró un aumento significativo entre 2002 y 2003. Sin embargo, no se dispone de información para determinar su toxicidad.

Los solventes también son de interés por sus efectos nocivos para la salud y el ambiente. Además de usarse en la industria de pinturas, estas

CUADRO 4.25

### Descripción de sustancias, peligrosidad e importación de materias primas para la industria de pinturas, según grupo. 2002-2003

Grupo	Descripción de sustancias	Característica de peligrosidad	Importación (kg)	
			2002	2003
Solventes	Tolueno	Tóxico e inflamable	5.414.817	3.786.748
	Xileno y mezclas de sus isómeros	Inflamable	2.074.887	2.374.079
	Derivados halogenados de los hidrocarburos aromáticos (excepto clorobenceno, diclorobenceno, hexaclorobenceno, DDT)	Tóxico e inflamable	10.020	8.852
	Propanol	Ligeramente tóxico	1.550.370	2.436.644
	Butanol	Ligeramente tóxico	55.177	101.285
	Dioles (incluye etilenglicol y propilenglicol)	Ligeramente tóxico	752.206	726.959
	Acetona	Inflamable	1.211.312	195.317
	Butanona	Inflamable	604.683	912.375
	4 Metil 2 pentanona		18.409	6.842
	Otros solventes orgánicos no clasificados en las secciones anteriores	Toxico e inflamable	1.178.499	1.193.985
Esteres	Acetatos		1.226.811	1.230.926
Pesticidas	Insecticidas	Toxicidad variable	47.596	
	Fungicidas diferentes a los de base de arseniato de cobre cromado	Toxicidad variable	68.551	92.063
	Herbicidas	Toxicidad variable	2.318	46.952

Fuente: Soto y Sasa, 2004, con base en datos del Departamento de Control de Sustancias Químicas, Ministerio de Salud, y del Departamento de Estadísticas de la Dirección General de Aduanas, Ministerio de Hacienda.

sustancias se emplean en actividades como limpieza de metales, formulación de plaguicidas, industria farmacéutica, lavanderías en seco, imprentas y como agentes refrigerantes. Se estima que en el año 2001 la importación de solventes ascendió a 15.627 toneladas, e incluyó cerca de 50 compuestos distintos. De ellos, el 12% correspondió a solventes halogenados, que generan problemas como la degradación de la capa de ozono, en

especial el tricloroetano, el tetracloruro de carbono y los clorofluorcarbonados (CFC).

### Plaguicidas en la actividad agropecuaria: uso y problemas asociados

Costa Rica se mantiene como una de las naciones centroamericanas que más usan plaguicidas, en términos de ingrediente activo por área cultivada, por habitante y por trabajador agrícola.

En el período 1994-2000 el país consumió anualmente entre un 17% y un 24% del total de importaciones de la región (Arbeláez y Henao, 2002; IRET-UNA, 2004).

Entre 1997 y 2002, las importaciones de plaguicidas y el incremento en su uso por hectárea estuvieron estrechamente asociados, como era de esperar, dado que la extensión del área agrícola del país no ha sufrido grandes cambios (gráfico 4.26). Los cultivos con mayor uso de ingrediente activo por hectárea son el melón, el banano, la piña, las plantas ornamentales y las hortalizas. Sin embargo, cuando se considera el área de cultivo los principales consumidores de plaguicidas son el melón, el banano, el arroz, los pastos, el café, la caña, la piña y las plantas ornamentales. El incremento más fuerte se ha dado en la importación de fungicidas y herbicidas (gráficos 4.26 y 4.27).

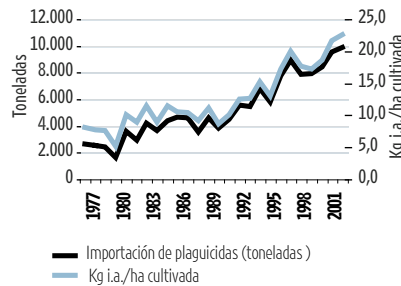
Muchos de los plaguicidas utilizados en Costa Rica son tóxicos a corto y a largo plazo e incluyen sustancias prohibidas y severamente restringidas en otros países (García, J.,1997; Nieto y Henao, 2001; Wesseling et al, 2003). La importación de productos clasificados como peligrosos para el ser humano por la OMS se ha incrementado, lo mismo que la importación de plaguicidas carcinogénicos (gráfico 4.28).

El número de intoxicaciones agudas y muertes reportadas por el sistema de vigilancia del Ministerio de Salud en 1992 y 2001 es de 6.959 y 237, respectivamente. Las principales sustancias causantes de esos incidentes son paraquat, carbofuran, diazinon, metomil y glifosato (OPS et al, 2003; OPS, 2004). La Medicatura Forense registró 78, 58 y 81 intoxicaciones mortales en los años 2000, 2001 y 2002. La mayoría de estas muertes tuvo como causa el suicidio, pero también hubo defunciones accidentales y posiblemente laborales (IRET-UNA, 2004). En el 2003 se reportaron 676 casos de intoxicación aguda por plaguicidas; los hombres fueron afectados 3,3 veces más que las mujeres y en las regiones Atlántica, Brunca y Chorotega se produjo la mayor cantidad de casos (Ministerio de Salud, 2004).

GRAFICO 4.26

**Costa Rica: importación de plaguicidas<sup>a/</sup>. 1977-2002**

(kilogramos de ingrediente activo por hectárea)

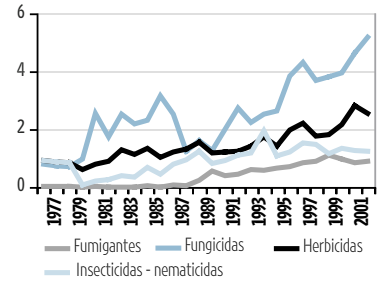


Fuente: Elaboración propia con datos de IRET-UNA, 2003; SEPSA, 1977, 1982, 1984, 1989 y 2003.

GRAFICO 4.27

**Costa Rica: importación de plaguicidas, según grupo de acción biocida. 1977-2002**

(toneladas de ingrediente activo)

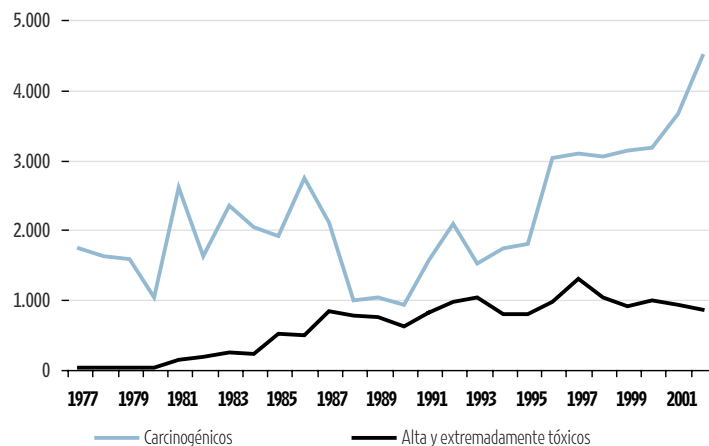


Fuente: Elaboración propia con datos de IRET-UNA, 2003.

GRAFICO 4.28

**Costa Rica: importación de plaguicidas carcinogénicos<sup>a/</sup> y de toxicidad aguda<sup>b/</sup>.1977-2002**

(toneladas de ingrediente activo)



a/ Según categorías A, B1, B2, de la clasificación de la Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos.

b/ Alta y extremadamente tóxicos, según clasificación de la OMS.

Fuente: Elaboración propia con datos de IRET-UNA, 2003.

El subregistro de este tipo de intoxicaciones es un problema considerable. Estimaciones hechas por PLAGSALUD indican que entre el 82% y el 98% de las intoxicaciones no serían reportadas (Proyecto PLAGSALUD et

al, 2002b). Otras investigaciones han detectado efectos genotóxicos, riesgos elevados de cáncer y efectos neurotóxicos en trabajadores expuestos a plaguicidas (Cuenca y Ramírez, 2002; Van Wendel de Joode et al, 1996; Wesseling

et al, 2001b y 2003). Igualmente se ha documentado la presencia de residuos de múltiples plaguicidas en casas y escuelas contiguas a áreas agrícolas (Smits et al, 1999; Zuurbier et al, 2002).

En cuanto a presencia de plaguicidas en alimentos, en el período 1991-1998 el programa de monitoreo del Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas del MAG encontró residuos en los productos vegetales muestreados, de los cuales entre un 8% y un 19% presentaba violaciones a las normas vigentes (IRET-UNA, 2004).

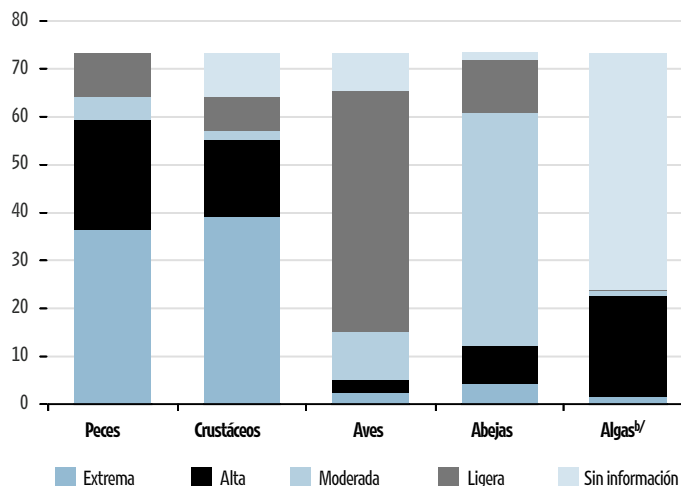
En relación con el ambiente, más del 80% de los plaguicidas importados entre 1991 y 2001 se clasifica como alta o extremadamente tóxico para peces y crustáceos (gráfico 4.29). Para algas el 29% es de alta o extrema toxicidad; sin embargo este valor podría ser mayor, puesto que para el 68% de los productos importados no se reportaron datos de toxicidad. El 39% de los plaguicidas que ingresaron al país entre 1991 y 2001 era de mediana a extremadamente persistente en el suelo, el 26% de mediana a extremadamente móvil en suelo y el 36% tenía una capacidad de bioacumulación de mediana a alta. Esto indica que gran parte de los plaguicidas utilizados en Costa Rica tiene potencial para llegar a las aguas superficiales y subterráneas.

Diversos estudios realizados en zonas agrícolas señalan la presencia generalizada de residuos de plaguicidas en aguas superficiales, específicamente en áreas de cultivo de banano, piña y arroz (IRET-UNA, 2004; Rizo-Patrón, 2003a y 2003b; Castillo et al, 1997 y 2000; Castillo y Ruepert, 2001; Castillo, 2000). Los niveles encontrados pueden causar toxicidad aguda y crónica a la fauna acuática, y los estudios reportan cambios en la biodiversidad de la comunidad bentónica (indicadores de contaminación y parte importante de la cadena alimentaria

GRAFICO 4.29

### Costa Rica: niveles de toxicidad<sup>a/</sup> de los plaguicidas importados, según grupo de organismo. 1991-2001

(millones de kilogramos de ingrediente activo)



a/ Niveles registrados en el 99% del volumen total de plaguicidas importados.

b/ La categoría ligera presenta cifras muy bajas en el período. Por esta razón no se aprecia en la barra.

Fuente: Elaboración propia con datos de IRET-UNA, 2003.

de ecosistemas acuáticos) (Rizo-Patrón, 2003b; Castillo, 2000; Castillo et al, 2000). En el país se han hecho denuncias frecuentes por mortandad de fauna acuática, cuya causa más probable es la contaminación por plaguicidas. En cuatro casos concretos se ha detectado este tipo de sustancias en el agua o en la fauna afectada (IRET-UNA, 2004).

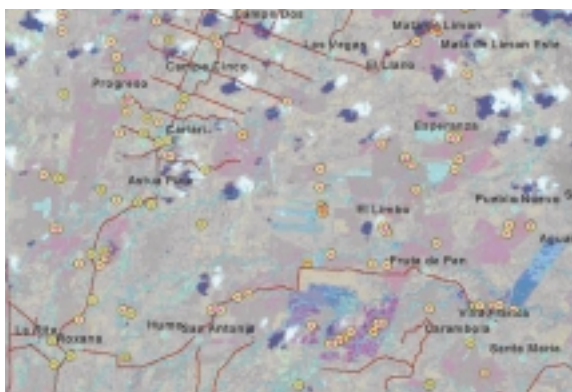
### Vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación por plaguicidas




Si bien Costa Rica cuenta con importantes recursos acuáticos, el alto uso de plaguicidas en la agricultura genera riesgos para las aguas subterráneas. Un estudio efectuado

recientemente en la zona Atlántica clasificó los más de 400 pozos que allí existen según su vulnerabilidad a la contaminación por plaguicidas. Para ello se consideraron las características de los pozos (construcción, protección y nivel freático), las particularidades de la zona (uso de suelo, textura, riesgo a inundaciones) y los tipos de plaguicidas usados. El mapa 4.3 presenta un ejemplo de esta clasificación. Un 10% de los 101 pozos o nacientes muestreados en el estudio (entre ellos dos acueductos rurales) contenía residuos de plaguicidas; principalmente se detectó el herbicida bromacil, que se utiliza en el cultivo de la piña. Además, el 62% de los pozos tenía niveles de nitratos mayores a 5 mg/l (Ruepert et al, 2004).

MAPA 4.3

**Zona Atlántica: pozos clasificados según su vulnerabilidad a la contaminación por plaguicidas<sup>a/</sup>. 2003**



-  Pozo más vulnerable
-  Pozo vulnerable
-  Pozo menos vulnerable

a/ Pozos registrados en SENARA

Fuente: Ruepert et al, 2004.

**La coordinación del aporte** estuvo a cargo de Luisa Eugenia Castillo.

**Se prepararon para la confección del documento final los siguientes insumos:** “Desechos sólidos y tóxicos”, de Silvia Soto (CIPA-ITCR) y Jihad Sasa (LAGEDE-UNA); “Metales pesados en sedimentos marinos” y “Contribución a la construcción de indicadores sobre sustancias peligrosas”, de Sandra León (UNA); “Situación del tratamiento de las aguas residuales en el tramo alto-oriental de la cuenca del río Grande de Tárcoles”, de Marco Vinicio Chinchilla (DIGECA-MINAE); “Emisiones atmosféricas”, de Ana Rita Chacón (IMN); “Estado de la calidad del aire: el balance de una década (1993-2003)”, de Susana Rodríguez y Jorge

Herrera (PECAire-UNA) y “Los plaguicidas de uso agropecuario y problemas asociados” de Elba de la Cruz (IRET-UNA). José María Alpízar (ICAFE) elaboró el recuadro sobre reducción de la contaminación en la actividad cafetalera. El mapa sobre presencia de coliformes en las playas de Costa Rica fue diseñado por Arcelio Chávez, del Laboratorio Nacional de Aguas (ICAA).

**Colaboró como asistente de investigación** Carolina Salas.

**Un agradecimiento especial por sus comentarios** a Clemens Ruepert, Pascal Giroty y María Guzmán y Elba de la Cruz.

**El taller de consulta** se efectuó el 10 de junio de 2004 y contó con la asistencia de Walter Araya, Luis Roberto Chacón, Marco Vinicio Chinchilla, Elba de la Cruz, Sandra León, Clemens Ruepert, Carolina Salas, Jihad Sasa y Silvia Soto.

**La edición técnica** estuvo a cargo de Jorge Vargas Cullell, Isabel Román y Leonardo Merino.

**La revisión y corrección de cifras** la realizó Elisa Sánchez.

## Notas

**1** Existen otras unidades académicas en las universidades públicas involucradas con el tema de la contaminación y cuyos aportes se espera incorporar en el futuro. Algunas de estas son los laboratorios del CICA y del CIMAR, así como las escuelas de Química, Geología y Biología, todas estas en la UCR.

**2** Esta sección se basa en la ponencia elaborada por Marco Vinicio Chinchilla, de la Dirección de Gestión de Calidad del MINAE.

**3** El área de estudio contempla el área de influencia del río Virilla y, más específicamente, las microcuencas formadas por los ríos Macho, Pará, Tibás, Torres, María Aguilar, Tiribí, Virilla, Uruca, Bermúdez, Segundo y Ciruelas. Se incluyen además las microcuencas de los ríos Alajuela, Tizate y Poás, las cuales confluyen en el Grande de San Ramón, para un área total de 109.142,5 hectáreas. Esta área se caracteriza por concentrar la mayor densidad de actividades industriales del país (CEGESTI, 1999), aglomerar el 38,7% de la población nacional y presentar la mayor problemática en cuanto a contaminación de cuerpos de agua superficiales.

**4** De este sector se consideran las actividades que poseen una descarga específica identificable.

**5** El análisis incluye las fuentes puntuales de contaminación hídrica de los tres sectores mencionados; no considera fuentes difusas, entre ellas el drenaje pluvial urbano, ni el aporte de los desechos sólidos. Además, solo toma en cuenta la carga contaminante orgánica, sin contemplar los contaminantes químicos agrícolas o industriales, tales como metales pesados, hidrocarburos, agroquímicos, solventes, etc., sobre los cuales no existe información publicada. Las estimaciones para el sector

doméstico se realizaron a partir de las proyecciones poblacionales de la Dirección Actuarial de la CCSS -elaboradas a su vez con datos del Censo 2000 (CCSS, 2003)-. Para los sectores agroindustrial e industrial el análisis partió de la lista de entes generadores de contaminación de la DIGECA.

**6** Esto indica algún grado de tratamiento, incluyendo aquellos casos en las que se mantiene únicamente el tratamiento primario. Este comentario aplica también a los resultados que se muestran más adelante para los sectores agroindustrial e industrial.

**7** Esta sección se basa en la ponencia elaborada por Sandra León, del Laboratorio de Química Marina, Escuela de Química de la Universidad Nacional.

**8** Esta sección se basa en la ponencia elaborada por María Luisa Fournier, del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional.

**9** Esta sección se basa en la ponencia preparada por Ana Rita Chacón, del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) del MINAE.

**10** Swisscontact: organismo suizo sin fines de lucro que co-auspició el Programa de Monitoreo de la Calidad del Aire en Centroamérica.

**11** Este elemento es considerado uno de los principales precursores de la precipitación ácida en las zonas urbanas e industrializadas. Las emisiones provenientes de vehículos y otras fuentes producen efectos adversos en la salud y el ambiente. La OMS recomienda 40 microgramos por metro cúbico como media aritmética anual.

**12** Oxidos reactivos de nitrógeno (NOx= NO+NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) y partículas suspendidas (SPM).

**13** PCB es la sigla en inglés para bifenilos policromados, uno de los doce compuestos incluidos en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

**14** El estudio seleccionó las sustancias que se importaron en cantidades iguales o mayores a 500 toneladas y las que tenían valores superiores o iguales a 3 en la sumatoria de los riesgos definidos por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios de Estados Unidos (NFPA, por sus siglas en inglés). El "Sistema de Normas para la Identificación de Riesgo de Incendio de Materiales Peligrosos" (NFPA 704) utiliza información sobre inflamabilidad, afectación a la salud y reactividad. El valor máximo para cada categoría es de 4 y el valor máximo integrado para la mercancía sería de 12 (OIT, 1998).

**15** El Código IMDG es el instrumento adoptado por la Organización Marítima Internacional (OMI) para la clasificación de las mercancías peligrosas, con base en las Recomendaciones del Comité de Expertos de las Naciones Unidas para el Transporte de Mercancías Peligrosas. Así, las mercancías peligrosas se dividen en las siguientes clases: Clase 1: Explosivos; Clase 2: Gases; Clase 3: Líquidos inflamables; Clase 4: Sustancias no clasificadas como explosivas que, en las condiciones de transporte, entran con facilidad en combustión o pueden provocar o activar incendios; Clase 5: Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos; Clase 6: Sustancias venenosas (tóxicas) y sustancias infecciosas; Clase 7: Materiales radiactivos; Clase 8: Sustancias corrosivas; Clase 9: Sustancias y artículos peligrosos.