

---

**Amenazas químico-tecnológicas en la Gran Área Metropolitana de  
Costa Rica**

**Chemical and technological hazards of the Great Metropolitan Area of  
Costa Rica**

**Ricardo Sánchez-Murillo**

rsanc@una.ac.cr

**Gilberto Piedra-Marín**

**Sandra León-Coto**

Escuela de Química, Universidad Nacional,  
Apartado postal: 86-3000,  
Heredia, Costa Rica

**Alexander Solís-Delgado**

Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología  
Apartado postal: 10235,  
San José 1000, Costa Rica

Recibido el 1 de junio de 2012. Corregido el 10 de octubre de 2012. Aceptado el 25 de octubre de 2012.

**Resumen:** Los accidentes químico-tecnológicos son eventos inesperados que conllevan la liberación no controlada de una o más sustancias químicas con graves repercusiones en la salud humana y, en ocasiones, impactos irreversibles en el ambiente. El presente estudio consistió en la elaboración del primer Atlas de Amenazas Químico-Tecnológicas para las principales industrias de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica (GAM). La amenaza sobre los asentamientos humanos, en las provincias de Alajuela y Heredia, se concentró en las industrias que manipulan gas cloro, ácido nítrico y clorhídrico. En Cartago, la principal amenaza se centralizó en las empresas que utilizan gas cloro. El cantón central de San José presentó la mayor amenaza respecto a centros de atención médica, debido a la conjugación de dos factores: alta concentración de industrias y la presencia de los

centros hospitalarios de mayor importancia en el país. El análisis espacial reveló que un 87 % de las industrias en San José se encuentran sobre aguas subterráneas: 33 % en Alajuela, 83 % en Heredia y 88 % en Cartago. Los principales cuerpos de agua que pueden ser afectados ante eventuales incidentes en el área de estudio son los ríos: Ciruelas, Virilla, Turales, Bermúdez, Torres, Tíribí, Chiquito y Taras.

**Palabras claves:** Atlas; amenaza químico-tecnológica; industria; Gran Área Metropolitana; sustancias químicas.

**Abstract:** The chemical and technological accidents are unexpected events where non-controlled release of one or more chemical substances can affect the security and health of the community involved with negative impacts to the environment. This study presents the first atlas of chemical and technological threats of the greater industries in the Great Metropolitan Area of Costa Rica. In the residential areas of Alajuela and Heredia, the companies that use chloride gas, nitric and hydrochloric acid represented the greatest threat. In Cartago, the most important threat relied on the industries that use chloride gas. In San Jose, hospitals and health centers are under a high pressure due to the conjugation of two factors: high industry density and presence of the most important hospitals in the country. Likewise, the atlas also show the strategic position of many industries which are located on rich aquifers zones; indeed 87 % of the industries in San José are located above aquifers, 33 % in Alajuela, 83 % in Heredia, and 88 % in Cartago. The most affected rivers were found to be Ciruelas, Virilla, Turales, Bermúdez, Torres, Tíribí, Chiquito y Taras.

**Keywords:** atlas; chemical and technological threat; industry; Great Metropolitan Area; chemical substances.

## Introducción

En las últimas tres décadas, el creciente desarrollo de la actividad industrial, agroindustrial y comercial en Costa Rica ha fomentado la implementación de procesos productivos complejos que, en la mayoría de los casos, implican el uso de equipos sofisticados y materiales altamente peligrosos. Una amplia gama de estos procesos involucra el uso o la formulación de sustancias inflamables, tóxicas, corrosivas, oxidantes, y radioactivas, entre otras, tanto como materia prima, producto final, y desechos que comprometen la calidad de vida de la población y del entorno donde se desarrollen estas

actividades (Solís y Campos, 2000). Los accidentes químicos-tecnológicos se diferencian de otros tipos de desastres por su alto potencial de riesgo de contaminación secundaria, el efecto tóxico sobre un gran número de personas o el desarrollo del proceso tóxico en los afectados (CEPIS/OPS, 2002).

Los accidentes químico-tecnológicos ocurren con alta frecuencia en complejos industriales, almacenes de depósito, bodegas de plaguicidas y centros de estudios universitarios. La movilización de sustancias peligrosas por carretera o el trasiego a través de tuberías pueden generar una emergencia químico-tecnológica (Solís, 2002). Sánchez (2010) realizó un análisis de los accidentes presentados en la GAM en el periodo 1998-2005. De acuerdo con Sánchez (2010), la Unidad de Materiales Peligrosos (MATPEL) atiende en promedio 2.7 eventos por mes en la GAM, donde los accidentes con gas amoníaco y gas licuado de petróleo (LPG) presentaron la mayor incidencia.

En la GAM, el desarrollo de la industria no ha sido paralelo al establecimiento de programas de prevención, preparación y respuesta ante las emergencias producidas por accidentes que involucran sustancias químicas, incluida la preparación del sector salud para enfrentar los efectos de este tipo de eventos. Debido a su alta densidad poblacional e industrial, la GAM necesita de una herramienta que permita visualizar el tipo, el uso, el almacenamiento, la localización, el consumo y el manejo de sustancias químicas, con el objetivo de mejorar la capacidad de respuesta ante eventuales accidentes químicos-tecnológicos.

La Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) integró, desde 1992, un grupo de trabajo interinstitucional denominado Comité Asesor Técnico de Emergencias Tecnológicas. Este comité cuenta con la colaboración de varias instituciones: el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica (Unidad de Materiales Peligrosos, *MATPEL*), el Ministerio de Salud Pública, el Colegio Federado de Químicos e Ingenieros Químicos de Costa Rica, la Caja Costarricense de Seguro Social, la Organización Panamericana de la Salud (OPS), entre otras. La CNE ha iniciado un proceso de capacitación y preparación, ante emergencias químico-tecnológicas, para los comités locales y el personal de las instituciones de respuesta.

La preparación de la comunidad para enfrentar una situación de emergencia constituye un elemento vital para reducir las pérdidas humanas, ambientales y materiales. Al respecto, la Organización Internacional de Trabajo (OIT) señala que “(...) sin un plan para

---

una eventualidad de emergencia para la empresa y la comunidad, se disminuye la capacidad de controlar cualquier crisis en forma eficaz” (Solís, 2002).

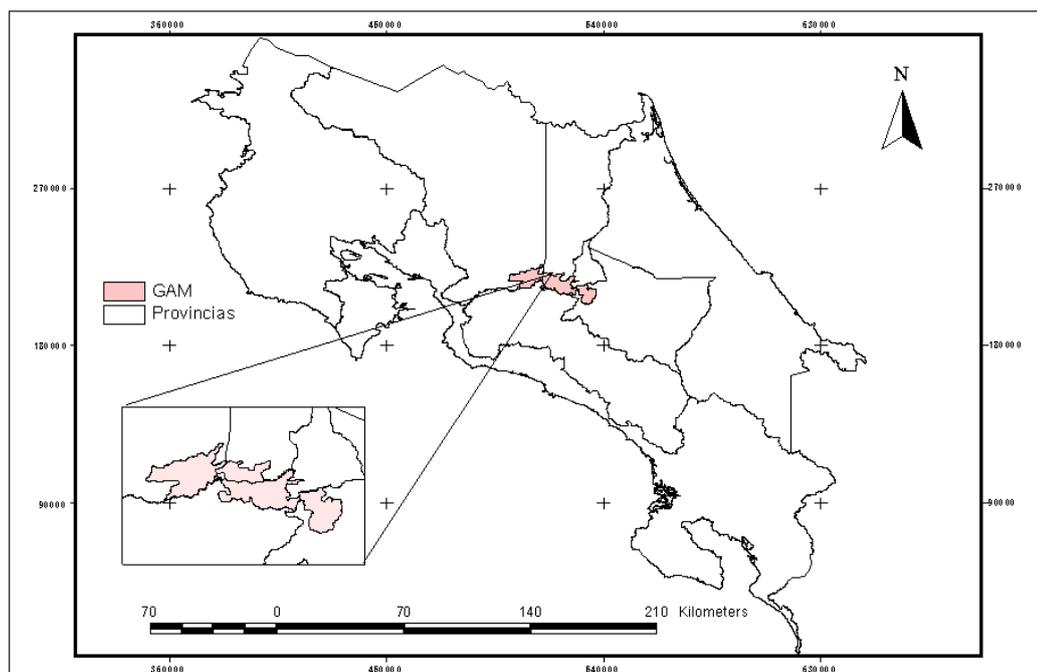
Un atlas de amenazas químico-tecnológicas es una herramienta esencial para la gestión y el mejoramiento de la atención de accidentes químicos-tecnológicos. Este instrumento consiste en un conjunto de mapas temáticos que, mediante la utilización del Sistemas de información geográfico (SIG), permite caracterizar y ubicar las empresas que presentan, por su tipo de actividad productiva e insumo de materia prima peligrosa, una potencial amenaza químico-tecnológica para la salud humana y ambiental, y que constituyen un alto riesgo económico tanto para el Estado como para la empresa privada.

El objetivo primordial de este estudio fue la elaboración del primer *Atlas de amenazas químico-tecnológicas en la GAM*. Esta innovadora herramienta permite determinar la ubicación de las empresas de alto riesgo, al considerar como criterios principales la distancia de las empresas a centros de población (zonas residenciales, núcleos comerciales, escuelas, clínicas, hospitales), a otras industrias de alto riesgo, y a recursos naturales, como mantos acuíferos, ríos y quebradas.

## **Metodología**

### ***Definición del área de estudio***

El área de estudio se delimitó en función de la zona que históricamente ha presentado mayor incidencia de accidentes químico-tecnológicos (Sánchez, 2010). El atlas incluyó 36 distritos con un área aproximada de 1 300 km<sup>2</sup>, lo que equivale a un 2,5 % de la superficie del país (Figura 1).



**Figura 1:** Área de estudio del Atlas de Amenazas Químico-Tecnológicas

La población total que contempló el atlas fue de 1 377 454 habitantes (Tabla 1). En Alajuela, las industrias se ubican en los distritos de San Rafael, La Guácima, Río Segundo, San Antonio del Tejar, Barrio San José y Central. En la provincia de Heredia, las industrias están ubicadas entre las zonas francas de Barreal y Santa Rosa. En la zona de Cartago, los distritos estudiados corresponden a San Ramón, Dulce Nombre, San Rafael, San Nicolás y Guadalupe.

**Tabla 1**

Población, área y densidad de población del área de estudio

Cantón	Población*	Área (km <sup>2</sup> )	Densidad Población
			(Hab/km <sup>2</sup> )
San José	309 672	44.10	7 022
Escazú	52 372	34.39	1 523
Goicoechea	117 532	31.5	3 731
Santa Ana	34 507	61.42	562
Tibás	72 094	8.15	8 843

---

Moravia	50 419	28.62	1 762
Montes de Oca	50 433	15.16	3 327
Curridabat	60 889	15.95	3 817
<b>Alajuela</b>	222 853	391.20	570
<b>Cartago</b>	132 057	287.80	459
La Unión	80 279	44.83	1 791
<b>Heredia</b>	103 894	282.60	368
Santo Domingo	34 788	26.60	1 308
Belén	19 834	11.81	1 679
Flores	15 038	6.70	2 244
San Pablo	20 813	8.30	2 508
<b>Total</b>	<b>1 377 454</b>	<b>1 299</b>	

---

Nota: \*Elaboración propia con base en datos del Censo 2000, Instituto Nacional de Estadística y Censos

### *Selección de las industrias que representan la mayor amenaza química en la GAM*

Con base en el análisis de accidentes químico-tecnológicos elaborado por Sánchez (2010), se seleccionaron las industrias que importan y utilizan las sustancias químicas involucradas en los accidentes más frecuentes. La información, respecto a la importación de materias primas, fue proporcionada por el Departamento de Estadística de la Oficina de Aduanas.

Se elaboró un indicador para evaluar la amenaza asociada a cada sustancia. El indicador consiste en la multiplicación del código de peligrosidad de la sustancia, establecido por la National Fire Protection Association (NFPA), por la cantidad en kg importada de la sustancia. Se agruparon las industrias seleccionadas en categorías por producto importado. Las categorías para propano, butano, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico, ácido nítrico, tolueno, alcohol isopropílico, gas cloro, gas amoníaco, xilenos, hidrógeno, son las siguientes:

- [0-1000 ]
- [1001-10000 ]
- [10001-50000 ]
- [50001-100000 ]
- Mayor a 100000

En el caso de la acetona las categorías son:

- [0-500 ]
- [501-10000 ]
- [10001-100000 ]
- [100001-500000 ]
- Mayor a 500001.

Para el acetileno las categorías establecidas son:

- [0-100 ]
- [101-500 ]
- [501-10000 ]
- [10001-50000 ]
- Mayor a 50001.

Para el ácido clorhídrico los rangos se establecieron en:

- [0-1000 ]
- [1001-10000 ]
- [10001-50000 ]
- [50001-200000 ]
- Mayor a 200001.

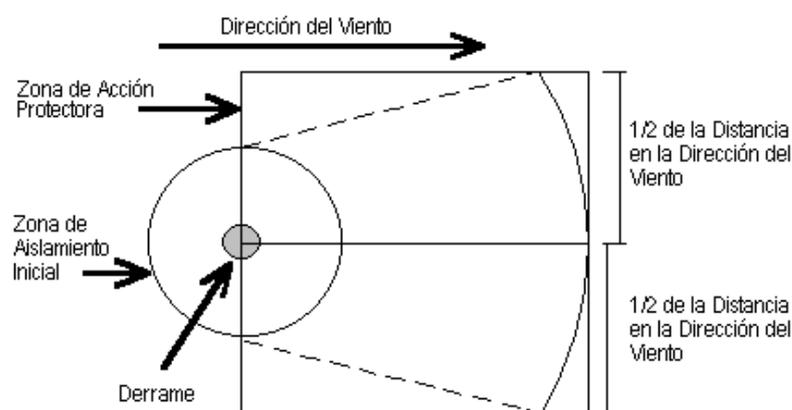
Con el fin de observar el comportamiento de las industrias respecto al volumen de producto importado en el período de 1998-2004, a cada una de las categorías se le asignó un valor. A la primera categoría se le otorgó un valor de 1, a la siguiente 2 y así sucesivamente hasta llegar a 5, en el último rango. El promedio de estos valores permitió clasificar las empresas de mayor amenaza por producto.

#### ***Determinación de los radios de amenazas***

La *Guía de respuestas en caso de emergencia* (GRE) es un documento elaborado por el personal de Transporte de Canadá, el Departamento de Transportes de los Estados Unidos de América y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México. La GRE (2004) establece radios de aislamiento inicial y distancias de acción protectora para cada sustancia. La guía concibe, como emisión, la liberación de vapor resultante de la evaporación desde un derrame líquido, la emisión directa de vapores de un envase hacia la atmósfera o la combinación de ambos (tal como ocurre en los gases licuados que pueden liberarse tanto de una mezcla aerosol/vapor o evaporarse de un derrame). También se toman en cuenta la emisión de vapores tóxicos generados por derrames de sustancias reactivas con el agua. Los

derrames cuyos volúmenes son de aproximadamente 200 litros o menos son considerados derrames pequeños, mientras que derrames mayores a 200 litros son considerados derrames grandes (GRE, 2004).

Los radios de acción protectora están establecidos de acuerdo con la dimensión del derrame o fuga y la hora en que se presente el incidente. Se escogieron los radios correspondientes a derrames grandes y las horas nocturnas, debido a que el proceso de mezcla atmosférica es menos efectivo para dispersar vapores durante la noche. La forma del área en la cual se deben tomar las acciones de protección se muestra en la Figura 2.



**Figura 2:** Área de aislamiento inicial y acción protectora. Fuente: GRE (2004)

La dirección y velocidad del viento son factores que deben ser considerados en fugas de gases, así como en los casos en que la sustancia derramada reaccione con agua y, al hacerlo, produzca vapores tóxicos. Para la zona de estudio se solicitaron datos de velocidad (km/h) y dirección del viento, en forma mensual durante el año 2004, con la finalidad de conocer el comportamiento del campo de vientos en la GAM. Las estaciones meteorológicas empleadas por el Instituto Meteorológico Nacional se ubican en el ITCR (Cartago), el Barrio Aranjuez (San José), el Aeropuerto Juan Santamaría (Alajuela) y el Aeropuerto Tobías Bolaños (Pavas).

Una vez establecidas las características del viento en las zonas de estudio, se procedió a determinar los radios de amenaza para cada una de las 14 sustancias escogidas. Para aquellas industrias que, dentro de su proceso productivo, utilizan más de una sustancia química en el marco de las 14 seleccionadas, se escogió el radio de mayor distancia (Tabla 2). En la zona central del cantón de San José, debido a la variabilidad en la dirección del

viento, se realizaron mediciones en las trayectorias Suroeste y Oeste, con lo cual el vector resultante es representativo de ambas componentes.

**Tabla 2**

Radios de amenaza para las sustancias químicas en el Atlas de amenazas químico-tecnológicas

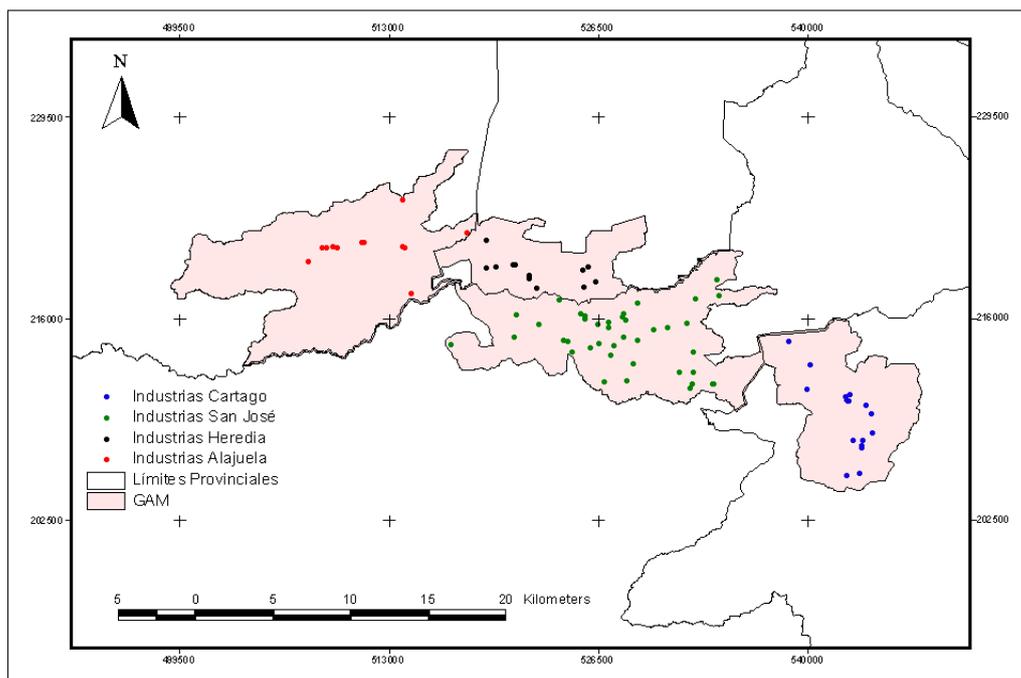
<b>Sustancia</b>	<b>Radio Nocturno (km)</b>	<b>Sustancia</b>	<b>Radio Nocturno (km)</b>
Gas Amoníaco	1.1	Ácido clorhídrico	4.3
Gas Cloro	6.8	Ácido sulfúrico	5.6
Gas Butano	0.8	Ácido Nítrico	3.5
Gas Propano	0.8	Alcohol Isopropílico	0.3
Hidrógeno	0.8	Xilenos	0.3
Acetileno	0.8	Tolueno	0.3
Acetona	0.3	Hidróxido de sodio	0.8

Fuente: Guía de respuestas en caso de emergencia, 2004

## **Resultados y discusión**

### ***Análisis espacial***

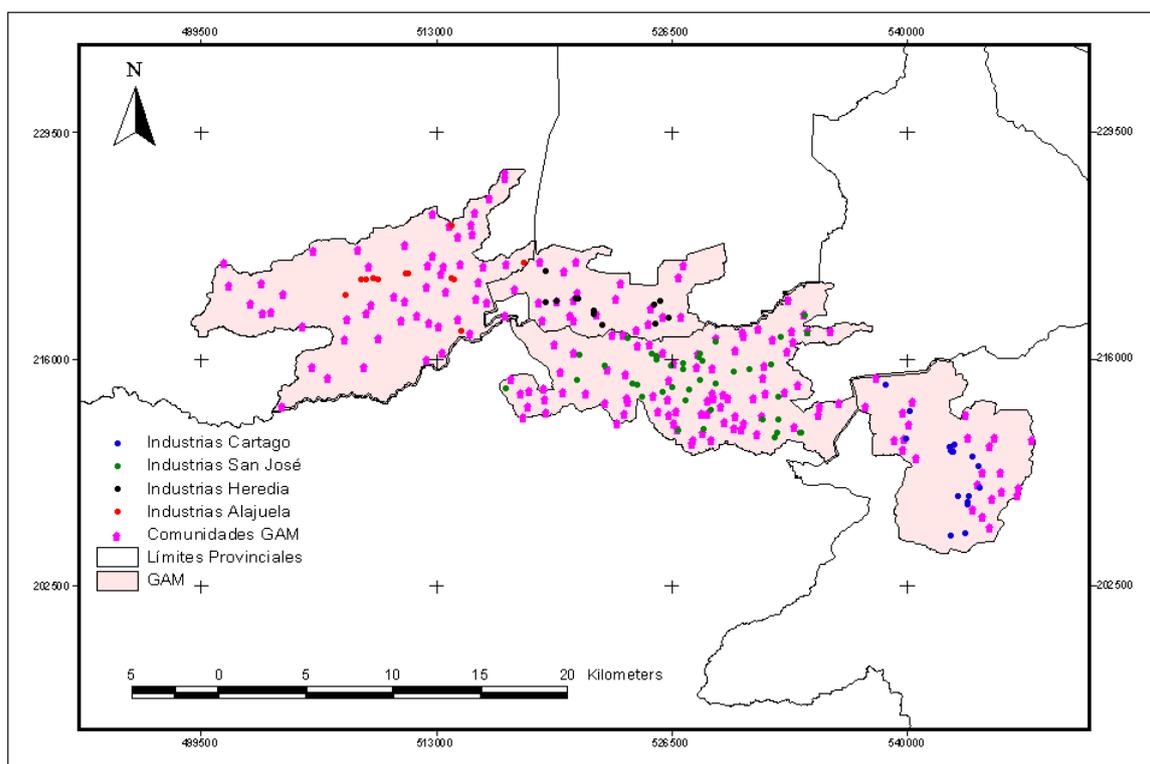
El atlas incluyó 78 empresas, 12 en la provincia de Alajuela, 16 en Cartago, 11 en Heredia y 39 en la zona capitalina (Figura 3). La distribución promedio de industrias fue de 2,16 industrias por distrito. La zona capitalina presentó la mayor concentración de industrias (2,05 por distrito), destacan en esta, por su número de industrias, los cantones de Curridabat (5) y Tibás (4). Los distritos del cantón central de San José con mayor cantidad de industrias contempladas en el atlas son: La Uruca (7), Pavas (4), Hospital (3) y Mata Redonda (3).



**Figura 3:** Distribución de las industrias en el Atlas de amenazas químico-tecnológicas

#### *Distribución de las industrias respecto a asentamientos humanos*

En la GAM, el crecimiento demográfico en las últimas décadas presenta como característica principal la construcción de zonas residenciales dentro o cercanas a zonas industriales; así como también el establecimiento de nuevas industrias químicas en regiones de alta densidad de población (Figura 4). En el cantón central de Alajuela, la principal amenaza la constituyó la empresa Vapor y Enfriamiento S.A. Ante un eventual escape de gas cloro en condiciones de viento normales (dirección este, velocidad promedio de 16.1 km/h), el área de impacto afectaría cerca de 54 207 habitantes en las comunidades de El Coyol, Barrio San José, Ciruelas, El Roble, El Coco y San Rafael de Ojo de Agua.



**Figura 3:** Ubicación de las industrias respecto a los asentamientos humanos en la GAM

En segundo lugar se encuentra la empresa Proquimia S.A. Esta industria, al manipular ácido clorhídrico, presentó un radio de amenaza de 4.3 km, que incluye los poblados de San Antonio del Tejar, Barrio San José, El Roble y El Coco; estas comunidades cuentan con una población cercana a los 57 139 habitantes.

En el caso de la empresa Holcim, ubicada en San Rafael de Alajuela, las personas posiblemente afectadas serían 19 162, correspondientes al distrito de San Rafael. Asimismo, la industria ECOLAB S.A., al manipular ácido nítrico, presenta un radio de amenaza de 3.5 km, que incluye los poblados de El Coyol y Ciruelas, con una población aproximada de 5 986.

En la provincia de Heredia, la principal amenaza la constituyen las empresas Productos Químicos Varius y Químicos Holanda. Ambas empresas manipulan gas cloro, por lo que sus radios de amenaza se extienden hasta 6.8 km. El radio de amenaza para la industria Productos Químicos Varius abarca 9 comunidades, entre ellas, Asunción, San Joaquín, Santa Elena, Llorente, Las Animas y Los Ángeles. En conjunto, estos poblados cuentan con 18 929 habitantes. Por su parte, el radio de amenaza de la industria Químicos Holanda se extiende a

lo largo de 14 pueblos cuya población es de aproximadamente 28 526 habitantes. Entre ellos destacan San Antonio, Asunción, San Vicente, Labores, Ojo de Agua, Llorente, Los Ángeles, La Ribera, entre otras.

En las provincias de Alajuela y Heredia, la principal problemática en cuanto a efectos directos sobre la población está concentrada en 5 industrias, las cuales manipulan gas cloro, ácido nítrico y clorhídrico. En la provincia de Cartago las industrias con mayor amenaza para las comunidades cercanas a sus instalaciones son aquellas que manipulan gas cloro. No obstante, existe una importante amenaza debida a empresas que manejan ácido clorhídrico, nítrico y sulfúrico.

Las empresas Gerber Ingredients S.A., Importadora Química del Norte S.A., y Transmequin de Costa Rica S.A., muestran radios de amenazas que abarcan las comunidades de San Josecito, Tres Ríos, Concepción, Dulce Nombre, San Rafael, Carpintera, San Juan, San Diego, Fierro, Kerkua, entre otros. En el caso de la empresa IREX de Costa Rica S.A., el radio de amenaza de 6.8 km comprende los poblados de Dulce Nombre, San Rafael, Tres Ríos, Santiago del Monte, San Juan, Concepción, San Diego, entre otros; con una población aproximada de 133 604 habitantes. Sin embargo, el accidente presentado en esta empresa el 13 de junio de 2002, afectó aproximadamente a 1 200 personas en un radio superior (10 km) al establecido en la *Guía de respuesta en caso de emergencia*.

Respecto a la empresa CELCO de Costa Rica, el radio de amenaza de 5.6 km correspondiente al ácido nítrico, incluye las comunidades de San Josecito, Tres Ríos, Concepción, Dulce Nombre, San Rafael, San Juan y San Diego, cuya población es de aproximadamente 65 212. En menor escala se encuentran las empresas Central de Servicios Químicos S.A. (20 970 habitantes), Laboratorios Stein S.A. (11 139 habitantes).

La provincia de San José presenta los cantones dentro del atlas con mayor densidad de población, entre ellos: San José (7 022 hab/km<sup>2</sup>), Goicoechea (3 731 hab/km<sup>2</sup>), Tibás (8 843 hab/km<sup>2</sup>) y Curridabat (3 817 hab/km<sup>2</sup>). A diferencia del comportamiento presentado en Alajuela, Heredia y Cartago, en San José la mayor amenaza reside en las empresas que utilizan ácido sulfúrico y clorhídrico. En orden decreciente de amenaza por ácido sulfúrico respecto a población eventualmente afectada están: NCH de Costa Rica S.A. (232 379 habitantes), INCESA (110 414 habitantes), Electrónica Centroamericana S.A. (106 243), Equipos y Accesorios Recreativos S.A. (53 705 habitantes), CEFA Central Farmacéutica (52 372 habitantes) y Productos Gutis S.A. (47 968 habitantes).

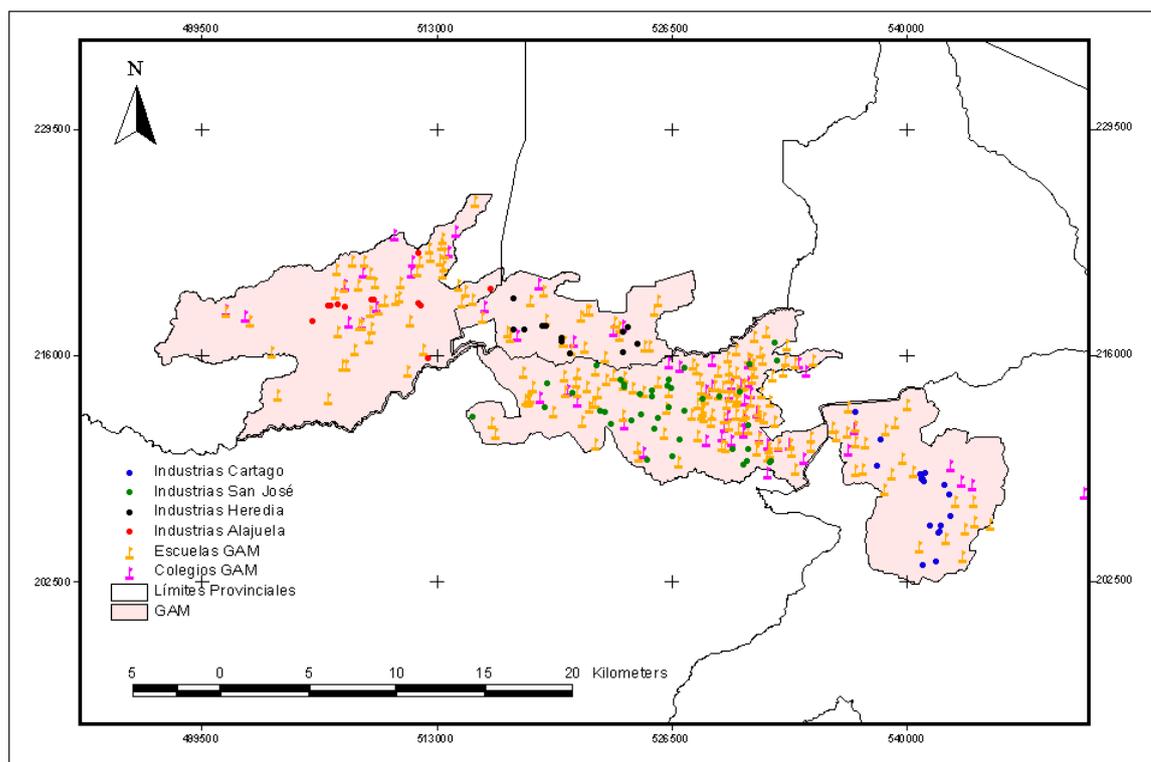
En cuanto al ácido clorhídrico el número de habitantes varía entre un mínimo de 52 372 habitantes (LACOFSA S.A) hasta un máximo de 90 417 habitantes (Grabados en Acero S.A.). Otras empresas relacionadas con la amenaza debida al ácido clorhídrico son: Biocentífica Internacional, Corporación FONT S.A, Distribuidora Goyca S.A e Importadora Muñoz y Nanne S.A.

Es importante señalar que existe una significativa amenaza de gas cloro por la empresa Aqua Lux S.A., en donde el radio de amenaza de 6.8 km en dirección suroeste-oeste, incluye 18 comunidades con una población aproximada de 64 258 habitantes. Asimismo, existen amenazas de menor intensidad relacionadas con sustancias como: gas amoníaco, LPG, hidróxido de sodio y disolventes.

#### ***Distribución de las industrias respecto a centros educativos***

En la GAM existe una amenaza derivada de la ubicación de comunidades o poblados, a los que se asocian los centros educativos (Figura 4). En los últimos años estudiantes escolares y colegiales se han visto afectados por liberaciones de LPG, gas cloro, amoníaco o por la utilización de plaguicidas en zonas aledañas a sus instalaciones.

En el cantón central de Alajuela, la principal amenaza la constituyen las empresas Proquimia y Vapor y Enfriamiento S.A, debido a que sus radios de amenaza se extienden 4.3 km y 6.8 km en dirección oeste (dirección predominante del viento), respectivamente. En el caso de la empresa Proquimia, entre las escuelas dentro del radio de amenaza se encuentran: Juan Rafael Meño, Mauricio Soto Alfaro, Modelo Adventista, Pacto de Jocote, Pueblo Nuevo, Caminantes, León Cortés Castro, entre otras. Igualmente, coexiste una amenaza debida a la manipulación de ácido nítrico (ECOLAB S.A.) y amoniaco (Holcim, LANCO). La empresa Vapor y Enfriamiento S.A, presenta un radio de amenaza que incluye 27 escuelas y 8 centros de educación secundaria; estos últimos con una población de 8 256 estudiantes.



**Figura 4:** Ubicación de las industrias respecto a los centros educativos en la GAM

En la zona central de Heredia, la problemática se concentra en las empresas Productos Químicos Varius S.A. y Químicos Holanda. En la primera, en número de escuelas y colegios perjudicados ante un escape de gas cloro sería de 41 y 24, respectivamente. En el caso de la compañía Químicos Holanda, los centros educativos involucrados serían 22 en total, con una población colegial de 2 275.

En la provincia de Cartago la amenaza hacia instituciones educativas se encuentra más diversificada. Así, por ejemplo la empresa Celco de Costa Rica contempla en su radio de influencia 18 escuelas y 9 centros de educación secundaria (3 257 estudiantes). La empresa Central de Servicios Químicos S.A., con un radio de acción protectora de de 4.3 km en dirección noroeste (dirección predominante del viento), presenta una zona de amenaza que comprende las siguientes escuelas: Quebrada del Fierro, Carolina Belleni, Hierbabuena, Hogar Luz SOS, Calle Mesén, Central de Tres Ríos y Saint Clare.

La estación de AYA ubicada en Tres Ríos, incluye en su radio de afectación 14 escuelas y 14 colegios. Entre los centros de educación secundaria se ubican: Alejandro Quesada, Campestre, Cedros, Metodista, Granadilla, entre otros. Para la compañía

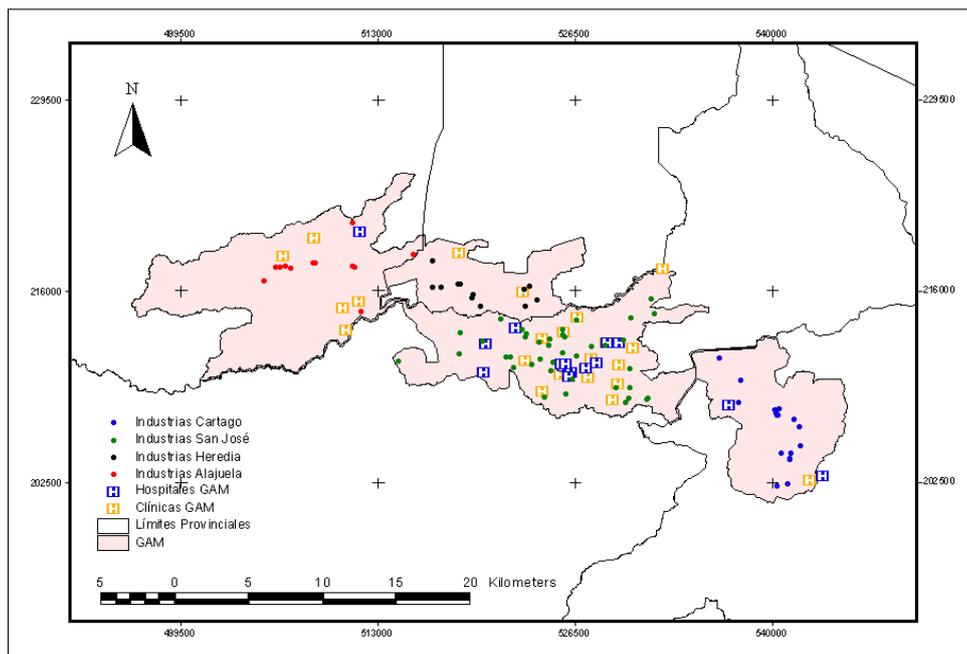
Laboratorios Químicos ARVI Ltda., que manipula ácido sulfúrico, su radio de amenaza abarca 19 escuelas y 3 colegios (1 120 estudiantes).

En el cantón central de Cartago, la amenaza debida a los escapes de gas cloro se concentra en las empresas Gerber Ingredients S.A., Importadora Química del Norte S.A., y Transmequin de Costa Rica S.A. Mientras que en el cantón de La Unión, la principal problemática recae en IREX de Costa Rica S.A., y la estación de servicio del Instituto de Acueductos y Alcantarillados.

Para analizar la amenaza químico-tecnológica respecto a las instituciones educativas en la provincia de San José, se agruparon las empresas de acuerdo con el número de escuelas y colegios dentro de los radios establecidos. En orden descendente, las empresas que sobrepasan los 20 centros educativos en conjunto (escuelas, liceos y colegios) son: Importadora Muñoz y Nanne (67), NCH de Costa Rica S.A. (54), Distribuidora Goyca S.A. (41), Productos Gutis S.A. (39), Electrónica Centroamericana (39), INCESA (36), Grabados en Acero S.A. (33), Corporación FONT S.A. (22), Biocentífica Internacional (21). Las industrias que incluyen en sus radios de amenaza menos de 20 centros educativos son: Aqua Lux S.A (17), CEFA (15), LACOFSA S.A. (12), Equipos y Accesorios Recreativos S.A (10), Role t Muñoneras (9), SC JOHNSON S.A (6), Metalco S.A (2), Atai de Tibás (1) y CEK de Centroamérica (1).

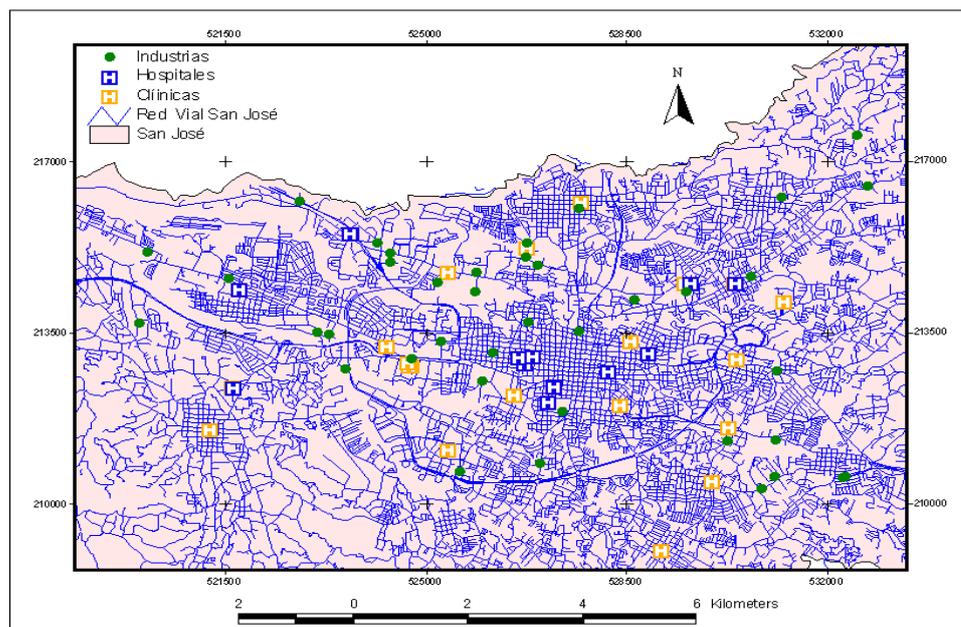
### ***Distribución de las industrias respecto a centros de atención médica***

Los centros de atención médica en las comunidades en estudio (i.e., hospitales, clínicas y Ebais) son los puntos más susceptibles ante una emergencia química-tecnológica. La zona del cantón central de San José presenta la mayor amenaza químico-tecnológica, respecto a los centros de salud, debido a la conjugación de dos factores: alta concentración de industrias y la presencia de los centros hospitalarios de mayor importancia en el país (Figuras 5 y 6).



**Figura 5:** Ubicación de las industrias respecto a los centros de atención médica en la GAM

Los hospitales CIMA, México y Nacional de Rehabilitación, se encuentran dentro de los radios de amenaza de varias empresas entre ellas: Aqua Lux S.A., CEFA Central Farmacéutica S.A., Corporación FONT S.A., INCESA y Productos Gutis S.A. Estas empresas manipulan gas cloro, ácido sulfúrico y ácido clorhídrico.



**Figura 6:** Ubicación de las industrias respecto a los centros de atención médica en San José

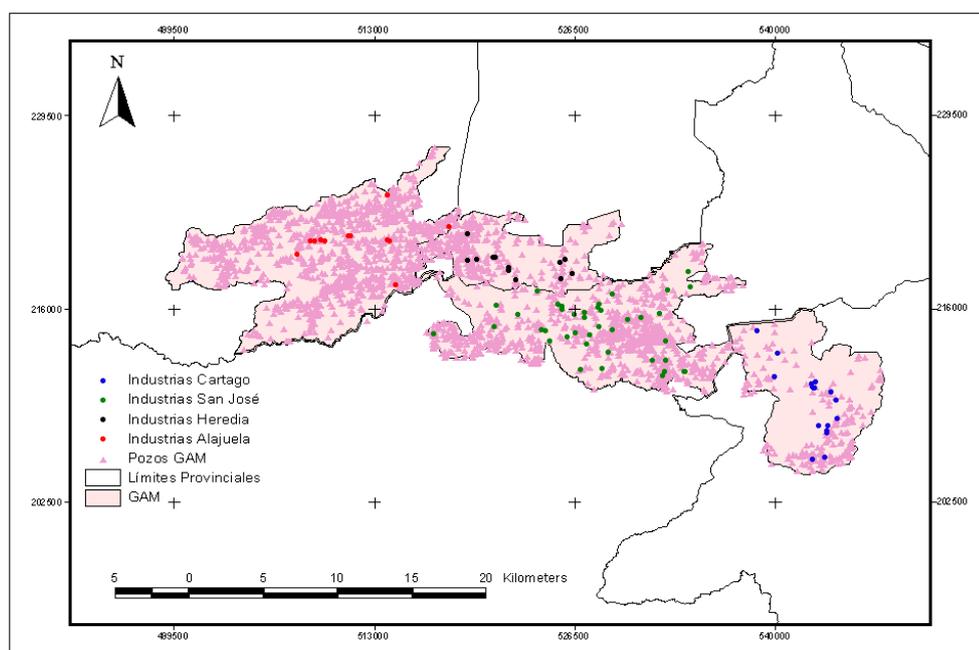
En San José, las empresas que incluyen en sus radios de amenazas cinco o más centros de salud son: Importadora Muños y Nanne (15), Productos Gutis (8), NHC de Costa Rica S.A (6), INCESA S.A (6) y Corporación FONT S.A (5). Las empresas que en su radio de amenaza incluyen menos de cinco centros de atención médica son: Biocientífica Internacional (4), Grabados en Acero (4), CEFA (3), Aqua Lux (3), LACOFA S.A (3), Electrónica Centroamericana (3), Metalco (2) y Distribuidora Goyca (1).

En Alajuela, dentro del radio de amenaza de la empresa Vapor y Enfriamiento S.A (gas cloro), se incluyen las clínicas de San Rafael de Alajuela y Barrio San José. En la provincia de Heredia la amenaza se concentra en la industria Productos Químicos Varius S.A., la cual presenta en su radio de afectación tres hospitales, a saber, San Vicente de Paúl, México y Nacional de Rehabilitación. Además, contempla las clínicas de Los Lagos, Santo Domingo, Francisco Bolaños, Jorge Volio Jiménez, Médica La Herediana y Médico Quirúrgica La Inmaculada; y los ebais de Heredia y de San Joaquín.

En la ciudad de Cartago, el hospital Dr. Roberto Chacón Paut se encuentra dentro de los radios de amenazas de las empresas Laboratorios Químicos Arvi LTDA, Celco de Costa Rica, Central de Servicios Químicos, Gerber Ingredients S.A., Importadora Química del Norte y Transmerquin S.A. Asimismo, dentro del radio de estas empresas, se incluyen las clínicas Los Sauces y Tres Ríos.

### *Distribución de las industrias respecto a cuerpos de agua superficiales y subterráneos*

Una de las principales características del establecimiento de industrias en la GAM es la ubicación de las instalaciones cerca de cuerpos de agua superficiales, así como en zonas de alto potencial de extracción de agua a través de pozos (Figura 7, Tabla 3).



**Figura 7:** Ubicación de las industrias respecto a perforaciones (pozos) registradas en la GAM

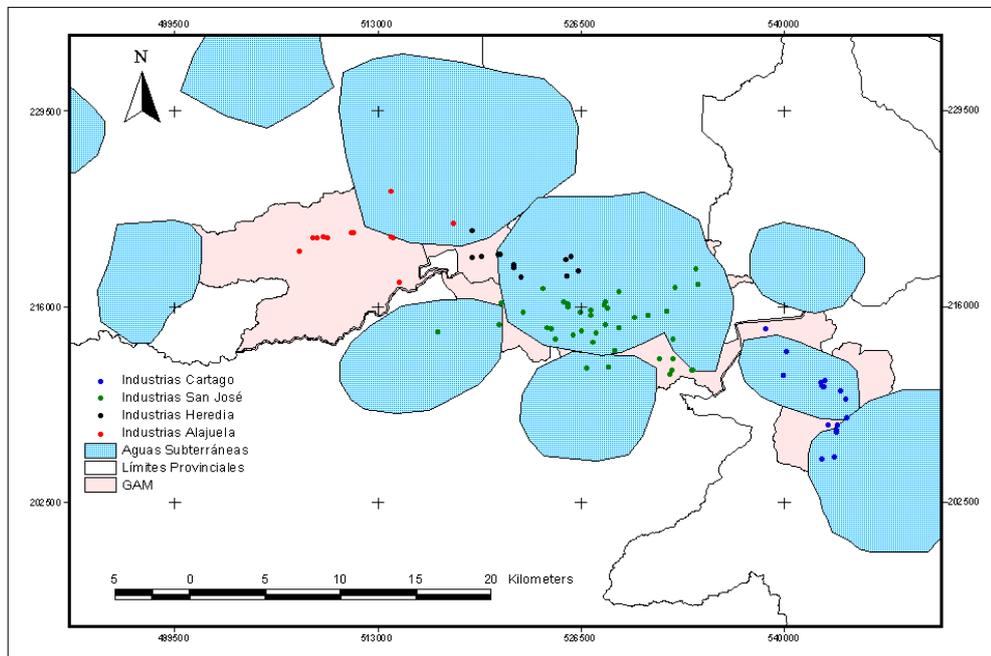
El aprovechamiento de las aguas subterráneas se ha incrementado considerablemente en los últimos años, esto posiblemente debido a la reducción en los caudales de los cuerpos de agua superficial y a la pérdida de calidad de estas fuentes (Segura et al., 2004). En el Valle Central actualmente se registran unas 5 000 perforaciones (Figura 7). Para el año 2002, en Costa Rica la extracción anual per cápita para la actividad industrial fue de 86.20 m<sup>3</sup>/p/año (Segura et al., 2004).

**Tabla 3**

Número de industrias en áreas de mantos acuíferos en la GAM

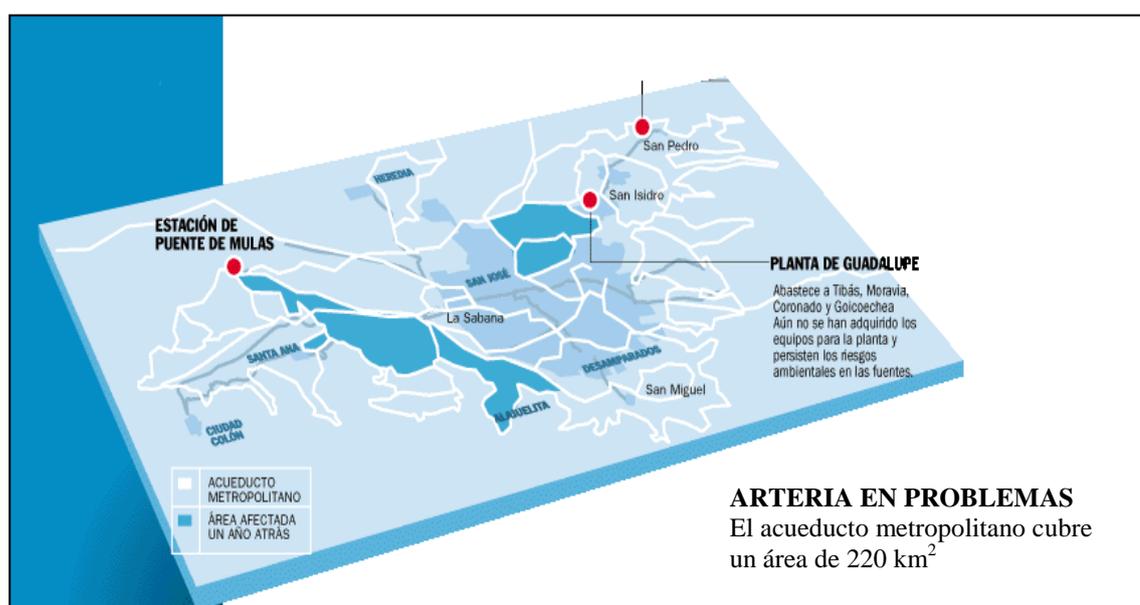
Indicador	San José	Alajuela	Heredia	Cartago
<b>N° de industrias/ aguas subterráneas</b>	34	4	10	14
<b>Porcentaje %</b>	87	33	83	88

El atlas (Figura 8) refleja claramente la posición estratégica de las industrias respecto a mantos acuíferos, en donde un 87% de las industrias en estudio en San José se encuentran sobre aguas subterráneas, un 33 % en Alajuela, 83 % en Heredia y un 88 % en Cartago (Tabla 3). Eventuales derrames de sustancias químicas en estas áreas podrían afectar los mantos acuíferos, los cuales en algunos casos proveen de agua potable a las comunidades.



**Figura 8:** Ubicación de las industrias respecto a cuerpos de agua subterráneos en la GAM

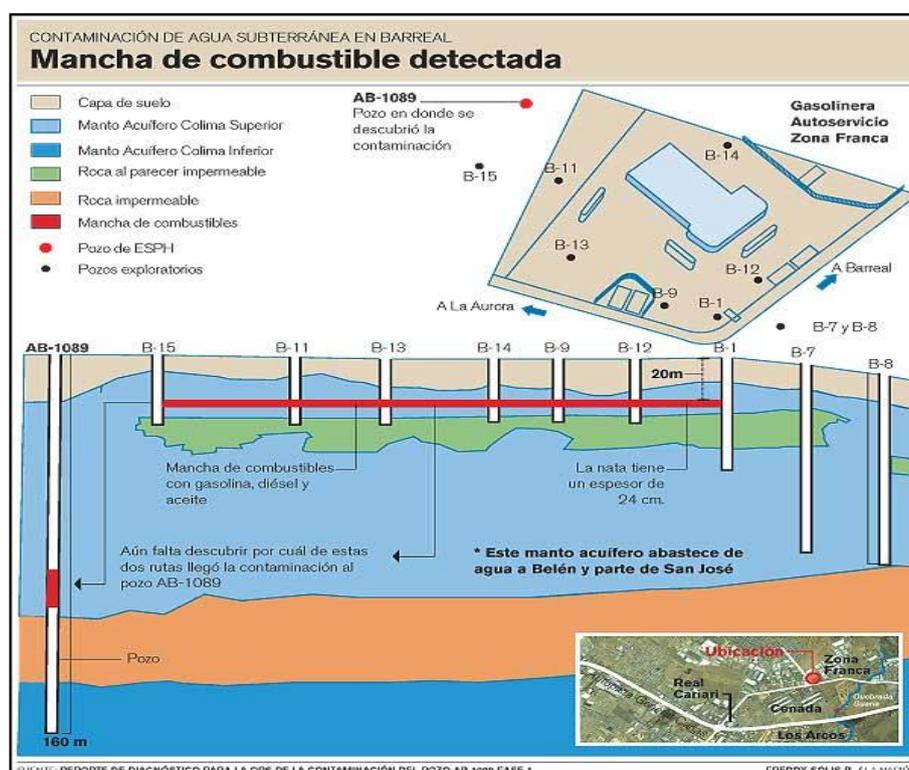
Es importante señalar la situación presentada en julio del 2001, cuando gran parte del acuífero que suple la planta de Puente de Mulas, en San Antonio de Belén, Heredia, quedó expuesto a la contaminación que pueda provocarle cualquier crecida del río Virilla. Esto significa que si el río se rebalsa, las aguas podrían afectar directamente al acuífero que abastece la estación de Puente de Mulas, contaminándolo de la misma forma como sucedió en julio del 2001 (La Nación, 2001). Este acuífero abastece a cerca de 250 000 personas del área metropolitana (Figura 9). Precisamente, entre el 13 y el 25 de julio de 2001, 7 710 personas sufrieron disentería, porque, entre otras cosas, el agua de Puente de Mulas apareció contaminada con materia fecal, según las autoridades de AYA (La Nación, 2001).



**Figura 9:** Acueducto metropolitano. Fuente: Periódico La Nación, 2 de agosto de 2001

La investigación realizada por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AYA) eximió a la empresa Pedregal de la contaminación de la fuente de agua Zamora, ubicada en San Antonio de Belén, Heredia. Sin embargo, aclaró que el acuífero es vulnerable, debido a las actividades del tajo que Pedregal explota, en la zona, desde el año 1983 (La Nación, 2001). Otra situación importante de señalar fue la presentada en septiembre del 2004, cuando se detectó una contaminación por hidrocarburos (diesel, gasolina y aceites) en el pozo AB-1089 de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), ubicado en

Barreal de Heredia. Dicha contaminación proviene de una estación de servicio (gasolinera) cercana al pozo (Figura 10).



**Figura 10:** Esquema de la contaminación por hidrocarburos en el pozo AB-1089 de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH). Fuente: Periódico La Nación, 6 Noviembre de 2005

Otro caso fue reportado el 11 de noviembre de 2005. La Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) halló hidrocarburos en los dos pozos de agua subterránea que utiliza para producir el 80% del suero de los hospitales públicos, en Belén de Heredia. Los exámenes preliminares indicaron que el agua tenía entre cuatro y cinco partes de hidrocarburos por billón, informó la doctora Ginette Castro de Servicios Farmacéuticos de la CCSS (La Nación, 2005). En países desarrollados, el agua no se considera potable cuando tiene más de diez partes por billón. Pero aunque en este caso el nivel hallado es menor, la entidad decidió no correr ningún riesgo, pues se trata de agua para uso terapéutico (La Nación, 2005). Los pozos están ubicados en el Laboratorio de Soluciones Parenterales de la CCSS, ubicado al norte del centro comercial Plaza Real Cariari. Dichas fuentes están a 1.4 kilómetros al oeste de la contaminación con combustibles detectada en otro pozo de Barreal, Heredia (Figura 11), que afectó el acuífero subterráneo que abastece a 320 000 personas en Belén y el suroeste de San

José. Sobre ese caso, el Gobierno preparó un decreto de emergencia para extraer la gasolina y el diésel, a fin de evitar su expansión a través de las rocas que conforman el manto (La Nación, 2005).



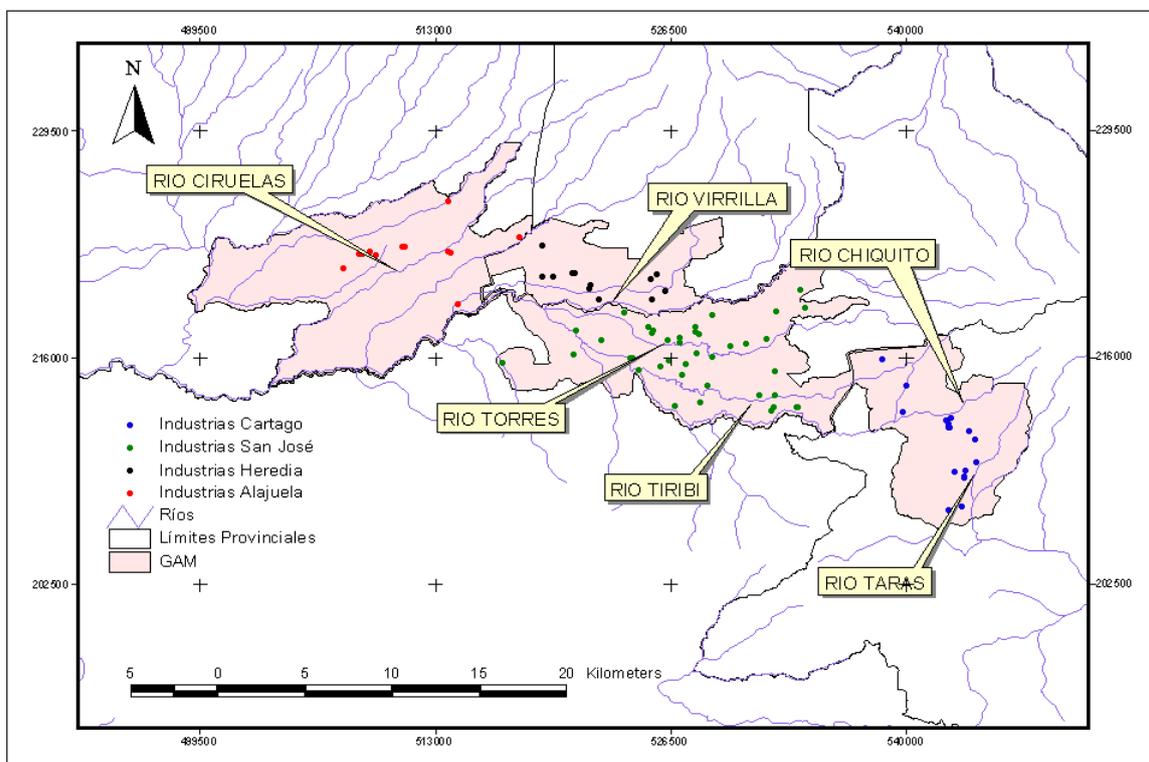
**Figura 11:** Esquema de la contaminación por hidrocarburos en los pozos del Laboratorio de Soluciones Parentales de la CCSS. Fuente: Periódico La Nación, 23 Noviembre de 2005.

Generalmente, las acciones de atención de emergencias químicas o limpieza luego de fugas, derrames o explosiones generan residuos líquidos, los cuales, muchas veces, son vertidos a cuerpos de agua superficial. Los principales ríos afectados en el área de estudio son: Ciruelas, Virilla, Turales, Bermúdez, Torres, Tíribí, Chiquito y Taras (Figura 12). La CNE cuenta con una serie de lineamientos para la fase de limpieza y disposición final de los residuos, con el fin de evitar la contaminación de cuerpos de agua tanto subterráneos como superficiales. Esta fase es de vital importancia sobre todo en accidentes que involucren sustancias tóxicas y peligrosas (Solís, 2002). Las acciones establecidas son:

- Determinar quién será el responsable de la limpieza.
- Determinar la disponibilidad de sitios adecuados para la disposición final de los desechos. En el caso de desechos tóxicos o peligrosos, Costa Rica no cuenta con

lugares destinados para su tratamiento, por ello deberá contratarse la asesoría de un profesional en la materia.

- Almacenar los desechos temporalmente en lugares que cumplan con las medidas de seguridad, mientras se establece la metodología para su disposición final.



**Figura 12:** Ubicación de las industrias respecto a cuerpos de agua superficiales en la GAM.

### *Distribución de las industrias respecto al tipo de suelo*

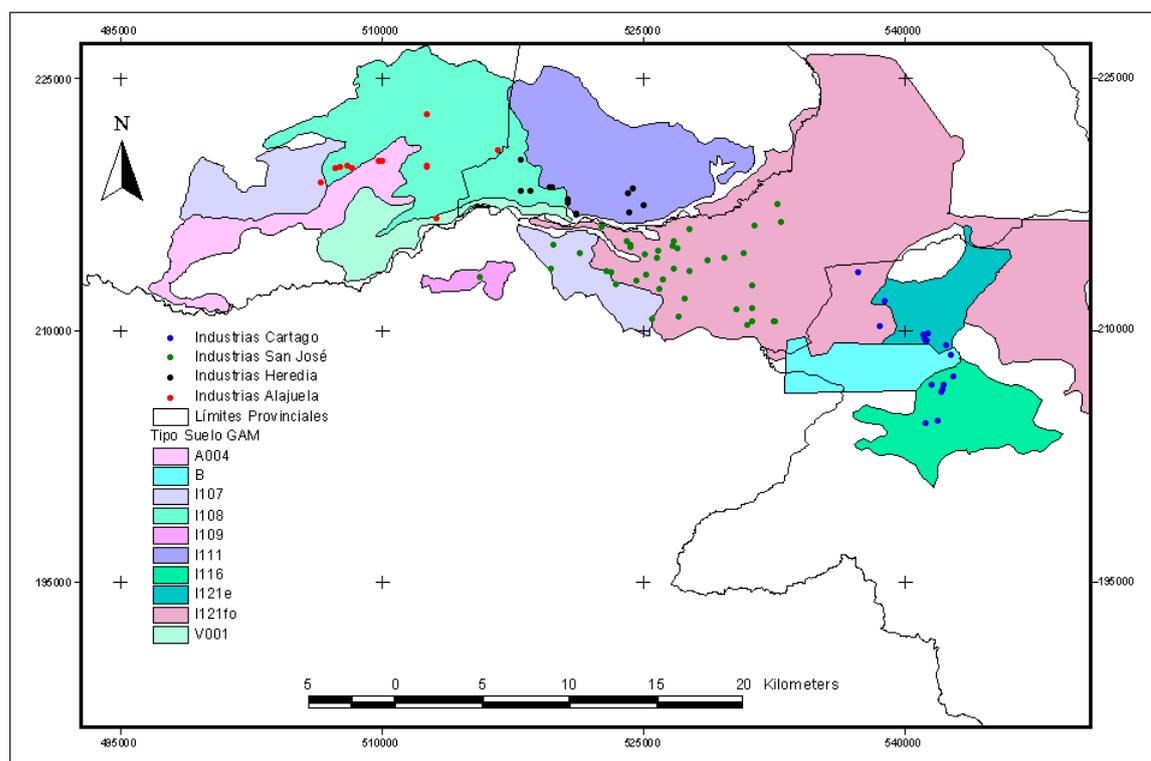
La distribución de las industrias respecto al tipo de suelo es un factor importante. Esta permite determinar el grado de retención de las sustancias en el suelo y la potencial amenaza de contaminación de cuerpos de agua subterráneos y superficiales (Figura 13). El 96% de las industrias están establecidas en suelos denominados inceptisoles (Tabla 4).

**Tabla 4**

Número de empresas por tipos generales de suelos en las provincias de San José, Alajuela, Heredia y Cartago

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Inceptisoles</b>	<b>Alfisoles</b>	<b>Vertisoles</b>
San José	39		
Alajuela	9	2	1
Heredia	11		
Cartago	16		

Los inceptisoles, dependiendo de sus características físicas y químicas, pueden subdividirse en varias categorías. Los tipos de inceptisoles encontrados en el área de estudio son: I 107, I 108, I 109, I 111, I 116, I 121e y I 212 fo (Tabla 5). En general, los inceptisoles presentan permeabilidades de moderadas a buenas, por lo tanto, en caso de un derrame en este tipo de suelos, existe una amenaza potencial de contaminar mantos acuíferos, especialmente en el I 116, donde el nivel freático es muy alto (Tabla 5).



**Figura 13:** Relación entre la ubicación de las industrias respecto a tipos de suelos en la GAM

En la provincia de Alajuela, las empresas Gas Tonza y Suministros Industriales S.A. están ubicadas sobre un alfisol A4, el cual presenta una permeabilidad moderada y textura fina. Asimismo, en la unidad cartográfica de la Guácima, la industria Holcim de Costa Rica está ubicada sobre un Vertisol V1 (Figura 13). La mayoría de los vertisoles tiene menos de un metro de profundidad y presenta poca diferenciación de horizontes y textura arcillosa. Al inicio de las lluvias, cuando los suelos están agrietados, el movimiento vertical del agua ocurre a través de las aperturas, con lo que las arcillas del subsuelo se expanden rápidamente sellando el sistema. En estas circunstancias, los suelos resultan prácticamente impermeables y, por lo tanto, se inundan. Además, al secarse lo hacen en forma extrema, formando bloques masivos que se fracturan en grandes grietas que afectan obras de infraestructura como canales de riego, cercas, postes de alumbrado, entre otros (MAG, 2006).

**Tabla 5**

Descripción de los tipos de suelos presentes en el Atlas de amenazas químico-tecnológicas

Categoría	Unidad cartográfica	Características principales
I 107	Sáenz	Son de relieve ondulado, moderadamente profundos, texturas moderadamente finas a finas, colores pardo amarillento oscuro, bien drenados, moderadamente permeables. Fertilidad moderada.
I 108	Alajuela	Son de relieve ondulado a fuertemente ondulado, profundos, texturas medias a moderadamente finas, colores pardo grisáceo muy oscuro a pardo oscuro, drenaje bueno a moderado, permeables, fertilidad media.
I 111	Heredia	Son de relieve ondulado a fuertemente ondulado, profundos, texturas medias, colores pardo muy oscuro a pardo amarillento oscuro, bien drenados, permeables, fertilidad media a baja.
I 112	Las Palomas	Son de relieve fuertemente ondulado moderadamente profundos, texturas días, color pardo oscuro, bien drenados, permeables, de fertilidad baja.
I 116	Guarco	Presenta un relieve plano con pendiente menos del 1%. Presentan suelos de poco a moderadamente profundos por <b>el alto nivel friático</b> . Son de texturas moderadamente finas a finas con la profundidad. Son de color pardo grisáceo oscuro en la superficie y con la profundidad pardo amarillento oscuro a pardo con moteas pardo grisáceo a grisáceo y pardo fuerte en el subsuelo. Son de drenaje imperfecto a moderadamente bueno, la permeabilidad es moderada. La fertilidad es baja.
I 121(fo)	Irazú, fuertemente ondulado	Son suelos localizados en un relieve fuertemente ondulado.
I 121 (e)	Irazú, escarpado	Son suelos con relieve escarpado.
V 1	La Guácima	Son de relieve ligeramente ondulado, moderadamente profundo, texturas finas, colores pardos muy oscuros, de drenaje imperfecto, lentamente permeable, fertilidad buena.
A 4	Cebadilla	Son de relieve ondulado profundos, de textura moderadamente finas a finas, colores pardo oscuro a pardo amarillento, de drenaje moderado, su fertilidad media, permeabilidad moderada, con piedras parcialmente y efectos erosivos moderados.

---

## Conclusiones

Es necesario que el país ratifique el Convenio 174 de la OIT para mejorar los procesos de prevención de accidentes químicos en Costa Rica. Asimismo, los planes reguladores de las municipalidades, vigentes o por formularse, deben contener como parte de su componente ambiental, regulaciones para la instalación de industrias en su comunidad. En este sentido, el establecimiento de zonas específicas para ubicar industrias peligrosas, urbanizaciones, centros de atención médica, actividades comerciales, actividades agrícolas, entre otras, garantizará seguridad para la población.

*El Atlas de amenazas químico-tecnológicas*, a futuro, debe incluir otros puntos importantes como: estaciones de servicio (gasolineras) y las rutas del oleoducto Moín-Ochomogo, Ochomogo-La Garita y La Garita-Barranca. En cuanto al transporte de sustancias químicas, deben identificarse aquellas rutas ubicadas en zonas de alta densidad de población, mayor tránsito vehicular o que presentan mayores índices de accidentes.

Las personas encargadas del trasiego, embarque y desembarque de sustancias químicas deben conocer las características físico-químicas de estas: en muchas ocasiones el desconocimiento del material que se transporta es la principal causa de los accidentes químicos.

*La Guía de respuesta en caso de emergencia* no establece a qué velocidades fue realizada la modelación de los radios de acción protectora, por lo tanto, es indispensable realizar estimaciones para situaciones en donde las ráfagas de viento superen los valores estaciones; principalmente, durante la época seca.

Este estudio es una herramienta que debe servir como base para la elaboración de un atlas para el territorio nacional. Si se consideran los constantes cambios en los procesos productivos en las industrias, es indispensable la creación de un instrumento que permita la continua actualización de la información, por ejemplo: reportes bimensuales del tipo y cantidad de sustancias utilizadas en los procesos productivos.

## Nota aclaratoria

El análisis presentado en este artículo corresponde a la importación de materias primas hasta 2005. Dicha información de acceso público fue suministrada por el Departamento de Estadística de la Dirección Nacional de Aduanas. Cualquier cambio posterior al año indicado en el proceso productivo o en el mejoramiento de las condiciones de

riesgo en cada empresa podría cambiar sustancialmente la amenaza químico-tecnológica expuesta en esta comunicación.

### **Agradecimientos**

Agradecemos a la Oficina de Estadística de la Dirección de Aduanas, en especial a Sandra Mena Ulate, por facilitarnos la información de dominio público acerca de la importación de sustancias químicas tanto para empresas distribuidoras como formuladoras. El apoyo logístico y técnico de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) fue fundamental para la culminación de la primera caracterización del estado de los estudios en cuanto a las amenazas químico-tecnológicas en la Gran Área Metropolitana (GAM) de Costa Rica; en particular agradecemos la colaboración brindada por José Minor Monge y Sheily Vallejos Vázquez. La cooperación de la Unidad de Materiales Peligrosos (MATPEL) del Benemérito Cuerpo de Bomberos fue esencial para recopilar la información sobre los accidentes químico-tecnológicos presentados en la GAM, durante el periodo de 1998-2005.

### **Referencias**

- Centro Panamericano de la Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). (2002). *Curso de auto-instrucción en prevención, preparación y respuesta: Desastres producidos por productos químicos*. Versión digital.
- Departamento de Transportes de los Estados Unidos de América y Canadá y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México. (2004). *Guía de respuesta en caso de emergencia*.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2005). *Dirección predominante y velocidad media mensual en (km/h) periodo 2004*. Gestión de Información y Comercialización. San José, Costa Rica.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2000). *Censo de población*. San José, Costa Rica.
- Organización Internacional del Trabajo. (1990). *Convenio No. 174 Sobre la Prevención de Accidentes Industriales Mayores*. Oficina Internacional del Trabajo. Ginebra.
- Periódico La Nación. (8 de Agosto de 2001). Peligran fuentes de agua. *La Nación*. San José, Costa Rica.

- 
- Periódico La Nación. 22 de Septiembre de 2001. AYA exculpa a Pedregal. *La Nación*. San José, Costa Rica.
- Periódico La Nación. 21 de Julio de 2002. IREX obligada a reforzar su plan de seguridad. *La Nación*. San José, Costa Rica.
- Periódico La Nación. 6 de Noviembre de 2005. Contaminación de agua subterránea en Barreal de Heredia. *La Nación*. San José, Costa Rica.
- Periódico La Nación. 23 de Noviembre de 2005. CCSS halla hidrocarburos en pozos usados para hacer suero. *La Nación*, San José. Costa Rica.
- Panamerican Health Organization (PAHO)/Organización Panamericana de la Salud (OPS). (1998). *Accidentes químicos: Aspectos relativos a la salud. Guía para la preparación y respuesta*. Organización y Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Centro Europeo para el Medio Ambiente (OMS-ECEH).
- Sánchez, R. (2010). Análisis de los accidentes químico-tecnológicos presentados en la Gran Área Metropolitana durante el período de 1998-2005. *UNICIENCIA*, 24, 25-33.
- Segura O., Miranda M., Astorga Y., Solano E., Salas F., Gutiérrez M., Dierckxsens M., Céspedes M. (2004). *Agenda ambiental del agua en Costa Rica*. Fundación CRUSA. EFUNA. Heredia.
- Solís, A., Campos N. (2000). *Proyecto diagnóstico focalizado en la GAM de materiales peligrosos*. CNE. San José, Costa Rica.
- Solís, A. (2002). *Desastres y emergencias tecnológicas*. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Emergencias. Dirección de Gestión de Desastres. Pavas, Costa Rica.