

Contaminantes químicos en agua y aire en Venezuela (2006-2013)

Maritza Rojas¹, Carlos Espinosa²

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue documentar estudios realizados en Venezuela sobre contaminantes químicos del aire y del agua (2006-2013), mediante una revisión sistemática. Fue una investigación descriptiva, de corte transversal, tipo revisión documental. Se revisaron bases de datos de las principales Universidades del país, instituciones gubernamentales y Organizaciones No-Gubernamentales. De los 27 artículos seleccionados, 8 (29,6%), investigaron sobre contaminación en Aire, 12 (44,4%) en Agua, y 7 (25,9%), realizaron sus estudios en ambos medios ambientales. El 90,9% de los trabajos se realizaron en la región Norte. Los objetos de estudio más frecuentemente investigados fueron: Calidad del agua (20,5%); metales minerales y fenómenos ambientales incluyendo cambio climático (17,9% c/u) y contaminación general (12,8%). El acceso limitado a la información ambiental pública, las escasas campañas de concientización ambiental y el desinterés de la ciudadanía, ubican las investigaciones en esta materia en un plano secundario. Se sugiere a los investigadores, solicitar mayor apoyo institucional y financiero para estudiar los problemas existentes en el país, de forma tal que sus resultados contribuyan a incentivar la "educación ambiental" en todos los niveles y el cumplimiento del marco legal vigente. Se concluye que los trabajos de investigación sobre contaminantes químicos en medios ambientales en Venezuela, es escasa. La situación ambiental del país requiere de una investigación más profunda en las áreas más afectadas, incluyendo el Sur del país, sede de empresas básicas generadoras de importante contaminación..

Palabras clave: Contaminación, agentes químicos, investigación, Venezuela.

ABSTRACT

Review on scientific studies about chemical contaminants in water and air in Venezuela (2006-2013)

The purpose of the study was to document studies in Venezuela about chemical pollutants in air and water (2006 to 2013) through a systematic review. It was a descriptive, cross-sectional documental review. Databases of the major universities in the country, government institutions and Non-Governmental Organizations were reviewed. From the twenty-seven articles selected, eight (29.6%) investigated air pollution, 12 (44.4%) water pollution and 7 (25.9%), studied environmental media. 90.9% of the research was conducted in the North area of the country. Main objects of the study were water quality (20.5%), metals/minerals and environmental phenomena including climate change (17.9% each) and overall contamination (12.8%). The limited access to public environmental information, few environmental awareness campaigns and the lack of citizenship, put investigations in this area in a secondary level. Researchers must be stimulated with increased funding to study the environmental problems in the country, so that their results contribute to fostering "environmental education" at all levels and compliance with the existing legal framework. It is concluded that research on chemical contaminants in environmental media in Venezuela is scarce. The environmental situation in the country requires further research in the most affected areas, including the South area of the country where many polluting basic industries are located.

Key words: Contamination, chemical agents, research, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico, la industrialización, la producción de energía a partir de fuentes fósiles y de biomasa y el crecimiento acelerado de la población urbana en los países de América Latina y el Caribe, son factores que contribuyen a que ingresen al ambiente cantidades cada vez mayores de sustancias químicas. Estos son importantes elementos de contaminación química en todas sus fases, desde los procesos productivos hasta la disposición de sus desechos y residuos peligrosos. A su vez, la presencia de efectos adversos, humanos y ambientales debidos a la interacción de las mismas, se conocen poco. Por ello, el consumo de bienes y servicios representa un gran desafío a la Gestión Ambiental (GA), en términos del control de riesgos y de la promoción de salud (1).

Uno de los contaminantes del aire de mayor interés es el monóxido de carbono (CO), derivado de las emisiones de automóviles, fuentes industriales estacionarias y domésticas. Además, son relevantes los productos fotoquímicos de la oxidación como ozono y compuestos oxidados a partir de

¹Calle 130A. Edif. Lugano, Apto 6B. La Trigaleña. Valencia, Edo Carabobo.

²Centro de Investigaciones Toxicológicas de la Universidad de Carabobo. Valencia, Edo Carabobo.

Autor de correspondencia: Maritza Rojas.

E-mail: rojasmartini@gmail.com

Recibido: 10/10/2014 **Aprobado:** 30/06/2015

azufre y nitrógeno, el plomo y sus derivados y en general, todas las industrias relacionadas con metales, aldehídos e hidrocarburos y el uso del asbesto (a pesar de la normativa restrictiva). La descarga de desechos industriales y domésticos en ríos, lagos y mares; el uso de agroquímicos, los derrames de petróleo, el uso del agua como refrigerante de turbinas termoeléctricas, son causa de contaminación del agua (2).

Los riesgos para la salud de las sustancias químicas dependen principalmente de la toxicidad inherente de cada una y de las características de exposición a la misma (3). A pesar de estos peligros, la capacitación e investigación en aspectos ambientales son poco estudiadas y publicadas en la región, lo cual conlleva a que muchas interrogantes en la materia queden sin respuesta.

En Venezuela, objeto de este artículo, la Constitución, en su artículo 127 establece que: "Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley" (4). Este principio es reafirmado a su vez por la Ley Orgánica del Ambiente, al establecer como principios fundamentales de la GA en Venezuela, a la corresponsabilidad, participación y tutela efectiva de la sociedad (Art. 4) (5). Es necesario fortalecer la capacidad de organismos rectores como los Ministerios del Poder Popular para el Ambiente y para la Salud y reforzar los proyectos de capacitación en temas de GA para un adecuado programa de prevención y control de los efectos de la contaminación (6).

A pesar de los problemas que existen en Venezuela con contaminantes del aire hay muy poca información sobre los niveles existentes de los mismos. Los pocos datos publicados muestran material particulado en las grandes ciudades y emisiones de dióxido de Carbono (CO₂), a nivel nacional (7). Asimismo, no existen datos disponibles sobre niveles de contaminación por zonas y períodos de tiempo. Adicionalmente, es difícil encontrar datos públicos accesibles sobre la calidad del aire y los riesgos a la salud en áreas cercanas a empresas, en espacios cercanos a vertederos de basura y en áreas sometidas a fumigación permanente y otras situaciones similares. Igualmente, hasta donde alcanza la información obtenida, no se realizan muestreos periódicos sobre la calidad de aire de las ciudades.

En referencia al agua, se han descrito como principales fuentes de contaminación la degradación de diversas cuencas de los ríos Guaire y Tuy, lago de Valencia y sus tributarios, valles de los ríos Tocuyo y Aroa, ríos Unare, Neverí, Manzanares, Guarapiche, Lago de Maracaibo, aguas costeras del Sur-Este del golfo de Venezuela, todo debido a derrames de petróleo y/o disposición de desechos industriales y petroquímicos (6,8,9).

En el año 2001, el Gobierno nacional reconoció el serio problema del agua por lo que declaró al "sistema hídrico nacional como una emergencia de atención fundamental" y exhortó al Ejecutivo Nacional a diseñar "un plan estratégico nacional para el saneamiento de acueductos de todo el país", "en un plazo no mayor de diez años" (GORBV) (10). Esto evidentemente, no se ha cumplido. De igual manera, han afectado las expropiaciones de tierras privadas y el crecimiento anárquico de la "economía informal", donde es ausente el manejo adecuado de sus residuos (9).

Hasta donde alcanza la revisión de la literatura, las investigaciones ambientales realizadas muestran importantes problemas que están afectando la salud, seguridad y potencial de desarrollo de los venezolanos.

Sería imposible lograr el bienestar de la población sin garantizar un suministro seguro de agua limpia, en un país donde aumenta la acumulación de basura, con serios problemas de contaminación del aire y suelos, aunado a una disminución de la biodiversidad (6). Por las razones anteriormente expuestas, se considera necesario realizar un diagnóstico de la situación nacional, documentando estudios recientes, específicamente sobre contaminantes químicos del aire y del agua (comprendidos entre los años 2006 y 2013), mediante una revisión amplia y sistemática que permita definir el estado actual en esta materia.

MATERIALES Y METODOS

Se llevó a cabo una investigación descriptiva, de corte transversal, de tipo revisión documental. Se ubicaron documentos electrónicos de fuentes educativas (Universidades) e institucionales gubernamentales y No-Gubernamentales (ONG's), con pertinencia en ambiente. Se investigaron bases de datos (PubMed-Medline, Scielo, Lilacs, Bireme), bibliotecas online de las principales Universidades del país (Central de Venezuela, del Zulia, de los Andes, de Carabobo, Nacional Experimental de Guayana, de Oriente); del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) y del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT), durante un periodo de 8 años (2006-2013). Igualmente se realizó una aproximación geo-referencial a los nichos de investigación científica en el ámbito de estudio, con especial énfasis en los medios ambientales agua y aire. Los resultados fueron debidamente analizados. Las tablas se estructuraron de acuerdo al "medio ambiental estudiado" y los correspondientes "objetos de estudio" en cada medio ambiental.

RESULTADOS

Al segmentar la distribución político-territorial de la República Bolivariana de Venezuela, en 4 zonas y ubicar espacialmente las investigaciones citadas, los resultados se describen en la Tabla 1.

TABLA 1. Distribución de investigaciones realizadas según zona político-territorial y medio ambiental.

Zonas	Aire		Agua		Aire - Agua		Total	
	n	%*	n	%*	n	%*	n	%**
Nor - Central	4	36,36	7	53,85	4	44,44	15	45,45
Nor - Occidental	5	45,45	6	46,15	1	11,11	12	36,36
Nor - Oriental	1	9,09	0	0	2	22,22	3	9,09
Total Norte	10	90,91	13	100	7	77,78	30	90,91
En toda Venezuela	1	9,09	0	0	2	22,22	3	9,09
Total	11	100	13	100	9	100	33**	100

*: Porcentaje calculado con base al total general de cada objeto de estudio, según zona geográfica.

** : Total de medios ambientales estudiados por los 27 autores citados en las 4 zonas geográficas.

Tanto para los contaminantes químicos en aire (Tabla 2) (1, 11-17), en agua (Tabla 3) (18-29) y los estudiados en ambos medios ambientales aire y agua (Tabla 4) (6, 30-35), se muestran los objetos de estudio abordados y sus respectivos autores. De los 27 artículos citados, 8 (29,6%), correspondieron a autores con investigaciones realizadas en el medio ambiental Aire (Tabla 2), 12 (44,9%) fueron trabajos asociados con el Agua (Tabla 3) y 7 (25,9%), pertenecen a autores que investigaron ambos medios ambientales (Tabla 4).

TABLA 2. Investigaciones realizadas sobre contaminación en aire, según autor y objeto de estudio (2006-2013).

Autor (es)	Ref	Tabaco	Metales/minerales	Contaminación	Fenómenos ambientales incluyendo Cambio Climático	Efectos sobre la salud	Otros
Machado et al (2007)	1		•				
Córcega y Martelo (2007)	11				•		
Duran y Guenni (2010)	12				•		Métodos de evaluación
Herrera et al (2010)	13	•					
Herrera-Martínez y Rodríguez (2010)	14				•	•	
Hulett et al (2013)	15			•		•	
Machado et al (2008)	16		•				
Perdomo (2009)	17		•			•	Metodología
Total objetos de estudio (%) *	8	1 (7,7)	3 (23,1)	1 (7,7)	3 (23,1)	3 (23,1)	2 (15,4)

* Porcentaje calculado sobre el total objetos de estudio (n=13).

TABLA 3. Investigaciones realizadas sobre contaminación del agua, según autor y objeto de estudio (2006-2013).

Autor (es)	Ref	Calidad del Agua	Metales / minerales	Fenómenos Ambientales incluyendo Cambio Climático	Contaminación	Otros
Alfonso et al (2013)	18		•			
Avellaneda y Esteller (2009)	19	•				
Chejade y Mascolo (2009)	20	•				
Colmenares et al (2008)	21	•				
Jaimes et al (2007)	22					Métodos de evaluación
López (2011)	23			•		
Lozada y Barbosa (2007)	24					Tendencia precipitación
Mesa et al (2007)	25	•	•			
Ramos et al (2009)	26		•			
Rivas et al (2009)	27	•			•	
Sánchez et al (2009)	28			•	•	
Velazco et al (2009)	29	•				
Total objetos de estudio (%) *	12	6 (40)	3 (20)	2 (13,3)	2 (13,3)	2 (13,3)

(*): Porcentaje calculado sobre el total objetos de estudio (n=15).

TABLA 4. Investigaciones realizadas en los medios ambientales (aire y agua) y sus objetos de estudio (2006-2013).

Autor (es)	Ref	Calidad del Agua	Desechos/Residuos	Metales/minerales	Fenómenos Ambientales incluyendo Cambio Climático	Contaminación	Efectos a la salud	Otros
Red ARA (2011)	6							Gestión ambiental
Buroz et al (2012)	30		•					
Cáceres et al (2007)	31	•				•		
Centeno (2008)	32			•			•	
Delgado-Petrocelli et al (2012)	33				•			
Díaz et al (2013)	34	•				•		
Ovalles et al (2008)	35				•			Precipitación
Total objetos de estudio (%)*		2 (18,2)	1 (9,1)	1 (9,1)	2 (18,2)	2 (18,2)	1 (9,1)	2 (18,2)

*: Porcentaje calculado sobre el total objetos de estudio (n=11).

TABLA 5. Total de investigaciones según medio ambiental y objeto de estudio.

Objeto de Estudio	Aire		Agua		Aire - Agua		Total	
	n	%*	n	%*	n	%*	n	%
Calidad del agua	0	0	6	40	2	18,2	8	20,5
Metales/minerales	3	23,1	3	20	1	9,1	7	17,9
Fenómenos Ambientales/ Cambio Climático	3	23,1	2	13,3	2	18,2	7	17,9
Otros	2	15,4	2	13,3	2	18,2	6	15,4
Contaminación en general	1	7,7	2	13,3	2	18,2	5	12,8
Efectos a la salud	3	23,1	0	0	1	9,1	4	10,3
Desechos/residuos	0	0	0	0	1	9,1	1	2,6
Tabaco	1	23,1	0	0	0	0	1	2,6
Total autores/investigaciones	8	29,6 *	12	44,4 *	7	25,9 *	27	100*

*: Porcentaje calculado con base en el total de autores/investigaciones (n=27).

En cuanto a los resultados obtenidos por los investigadores en referencia al aire y agua, los resultados se muestran en las Tablas 2 y 3, respectivamente. La Tabla 4 muestra las investigaciones donde los autores estudiaron ambos medios ambientales (Aire-Agua) y la Tabla 5 muestra la totalización de trabajos según Objetos de Estudio y Medio Ambiental.

DISCUSION

La Tabla 5 muestra que la Calidad del Agua fue el tema más estudiado (20,5%) (19-21, 25, 27, 29) (Tabla 3); (31, 34) (Tabla 4), y los autores describen las alteraciones, tanto físico-químicas de este medio ambiental, como las bacteriológicas y la incompatibilidad para su uso, especialmente para el consumo humano. Entre las investigaciones en esta materia se encuentra el del Lago de Valencia que publican Avellaneda y Esteller (19). Este lago ha sido objeto de muchos estudios pues su nivel de contaminación es severo y como ellos lo expresan, su calidad es incompatible para casi cualquier uso. El trabajo de Rivas et al (27), describe el aumento de la eutrofización lo cual acarrea importante

contaminación y produce un aumento de nutrientes. Se conoce que el crecimiento incontrolado de la especie vegetal Lenteja Acuática (*Lemna sp.*) en dicho lago es reflejo de los procesos de eutrofización que confronta este ecosistema y que han evidenciado que dicha proliferación es sólo la "punta del iceberg" de la problemática lacustre (9).

En el presente diagnóstico solo se abordaron los contaminantes químicos, sin embargo, es justo referir que existen publicados variados trabajos de calidad del agua en referencia a agentes patógenos, entendiendo que las zonas más afectadas van de la mano con las enfermedades infecciosas, las cuales en ocasiones llevan a la muerte a niños, grupo particularmente vulnerable. No solo son los productos químicos sino los patógenos, residuos industriales y de otros tipos o aguas residuales, que deterioran su calidad y la hacen inadecuada para su uso humano (36). En Venezuela, la gestión de los recursos hídricos se realiza a través del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPPA), a quien le corresponde el ejercicio de la autoridad nacional de las aguas (37).

La Tabla 5 muestra además que los metales/minerales (1, 16-18, 25-26, 32), junto con los fenómenos ambientales incluyendo cambio climático (11-12, 14, 23, 28, 33, 35), fueron el segundo tema más abordado (17,9%). El trabajo de Alfonso et al (18), describe que en escala global, las concentraciones acuáticas de Cd, Cu, Ni y Mn, en *C. rhizophorae* son elevadas en el agua. Es importante resaltar que dentro de esos elementos se conoce que el Cd y el Ni son cancerígenos (38-40), de allí la importancia de estudiar estos moluscos como fuente de alimentación y sus posibles consecuencias, sobre todo, en habitantes de las zonas costeras. Machado et al (1,16), encontraron que el Pb y Ni, sobrepasaron el límite permisible de la OMS en ambas zonas estudiadas. Aparte de lo ya mencionado para el Ni, el Pb es un metal que afecta variados sistemas del organismo. En el caso de Mesa et al (25), se demostró la presencia de metales tan tóxicos como el Cd y el V, en concentraciones superiores a las permisibles. El primero cancerígeno y el segundo, es conocido como tóxico de los sistemas cardiovascular, pulmonar y del sistema nervioso central, entre otros (41). Además, en cuanto a su carcinogenicidad, aunque el V como tal no se ha clasificado aún como cancerígeno humano, el pentóxido de Vanadio ha sido categorizado como "posiblemente carcinogénico", basado en la evidencia de cáncer del pulmón en ratones expuestos. Por otra parte, la investigación publicada por Ramos et al (26), revela la disponibilidad mayor de Hg en la región estudiada, a raíz del famoso caso de la industria petroquímica ubicada en Morón que producía cloro-soda y utilizaba en su proceso el Hg.

Los "Fenómenos Ambientales incluyendo Cambio Climático" es un tema frecuentemente abordado en las investigaciones acá citadas (11-12, 14, 23, 28, 33, 35). Los resultados de Córcega et al (11), demuestran condiciones de régimen térmico inadecuadas para humanos y animales. Igualmente, Delgado-Petrocelli et al (33), determinaron una asociación entre variaciones climáticas y la incidencia de Malaria en las zonas que estudiaron. De la misma manera, Herrera et al (14), encontraron una asociación entre variabilidad del clima e incidencia de Dengue. López (23), publica un trabajo sobre el desastre ocurrido en el Estado Vargas (1999). La evaluación socioeconómica realizada por la CEPAL en el año 2000, estimó daños a los servicios de agua, saneamiento y drenaje pluvial equivalentes a US\$ 243 millones. López concluye que con la reocupación de zonas afectadas en 1999 y luego del 2005, los efectos del cambio climático y la rapidez con que se están sedimentando las represas de Vargas, un nuevo desastre podría producirse en esa región. El trabajo de Ovalles et al (35), describe las predicciones del aumento de temperatura en 3,5 °C para el 2060, según los modelos que estudiaron, con las afectaciones en la agricultura que de este fenómeno se derivarían. El estudio de las consecuencias del cambio climático es tema prioritario en las agendas de Organismos internacionales y regionales. La mayoría de los científicos coinciden en que las actividades humanas están afectando el clima y que es imperativo desarrollar condiciones para regular el impacto

futuro, con métodos de producción más amigables con el ambiente que los combustibles fósiles (41). En Venezuela el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), asiste en el fortalecimiento institucional de la GA y del uso de energías alternativas a las provenientes de fuentes fósiles. Se brinda también soporte a políticas relacionadas con los Acuerdos Ambientales Multilaterales, tanto de Cambio Climático (CMNUCC) como de Diversidad Biológica (CDB) y de la contra la Desertificación y la Sequía (CCD) (42).

Lo que se denominó como "Otros objetos de estudio", según la Tabla 5, sigue en frecuencia con 15,4% (6, 12, 17, 22, 24, 35). Entre estos temas se abordaron métodos de evaluación, tendencia a las precipitaciones y avances en GA.

En la actualidad, los métodos de evaluación indirectos, son rápidos, sencillos y a bajo costo, siendo de gran utilidad para diagnosticar una situación ambiental. Modelos como el utilizado por Duran et al (12), de circulación general de la atmósfera (MCG), son la principal herramienta para estudiar los cambios climáticos, soporte que fue inclusive utilizado por el otro Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN). De igual forma, Jaimes et al (22), utilizó los Diagramas de Flujo de Datos (DFD), como una propuesta metodológica estructurada con la finalidad de evaluar el deterioro agroecológico y ambiental de una región dada, utilizando una metodología multifuncional y participativa, basada en el conocimiento local que poseen las comunidades que habitan en ella. Otro método de evaluación indirecto económico y funcional es el utilizado por Perdomo D (17), quien evaluó las alteraciones en la vegetación y los cambios climáticos.

De igual manera, el estudio de las tendencias ambientales constituye una herramienta poderosa para conocer la variabilidad térmica. Trabajos como el de Lozada et al (24), permitieron identificar estas tendencias en los datos que obtuvieron de Precipitación Total Anual (PTA). El 94,3% de la agricultura venezolana se desarrolla bajo condiciones de sequía, lo que la hace vulnerable al cambio climático. El trabajo de Ovalles F et al (35), logra ubicar reducciones hasta en un 25% en los valores de precipitación, debidos al incremento de temperatura arriba descrito. Es importante reconocer los trabajos que vienen desarrollando las redes ambientalistas, como ONG, siendo un ejemplo los trabajos realizados por la Red Ara (6). Esta red juega un papel en la necesaria educación ambiental.

Según la Tabla 5, la contaminación en general, es el tema estudiado que sigue en frecuencia, (12,8%) (15, 27, 28, 31, 34). La contaminación ambiental en Venezuela y en particular en las grandes urbes, tiene, aparte de las causas mencionadas en la introducción, el poco mantenimiento de los vehículos de transporte y la deficiente supervisión para que se cumplan normas dirigidas a la preservación de atmósferas limpias (9). Existen estados particularmente vulnerables a los contaminantes químicos, por ejemplo

Anzoátegui y Zulia, esencialmente petroleros, y donde es común el venteo y quema de gas excedente en la industria petrolera (9). En este aspecto, el análisis que hacen Díaz et al (34), refleja una situación preocupante que además tiene muchos años así. La contaminación se observa alrededor de Complejos Petroquímicos muy grandes como El Tablazo en el Estado Zulia y José en el Estado Anzoátegui. Se sabe que una de las empresas más contaminantes que existe es la de petróleo-petroquímica, no solo desde el punto de vista de la exposición laboral sino del ambiente general. Sus emisiones de hidrocarburos, metales, gases tóxicos, son conocidas. Estos autores estudiaron la contaminación de zonas costeras, fuentes de agua marina y lacustre, observando el fenómeno de eutrofización anteriormente descrito por Rivas Z et al (27). Igualmente fue estudiada la acidificación de los cuerpos de agua, siendo los precursores inmediatos de los ácidos los gases Dióxido de Azufre (SO₂) y de Nitrógeno (NO₂), de origen natural o antropogénico. El pH natural de la lluvia no contaminada, controlada por la disociación del CO₂ atmosférico disuelto, tiene un valor de 5,6. Los contaminantes emitidos a la atmósfera pueden variar de alguna forma este pH (43-45). Dado que la ciudad de Maracaibo se encuentra viento debajo de industrias altamente contaminantes como el Complejo Petroquímico El Tablazo, las refinerías de Amuay y Cardón y las canteras de la Isla de Toas, es particularmente vulnerable en lo que a probabilidad de acidificación se refiere. Se encuentran además, otras fuentes de emisión (industrias y un gran parque automotor), que aportan gases y partículas tóxicas que generan una influencia ambiental importante en la región, entre las que se pueden distinguir la Termoeléctrica Ramón Laguna y la Planta de Cemento Vencemos Mara. De allí que los autores Sánchez et al (28), estudiaron el pH atmosférico, obteniendo que el pH-PPV en la lluvia de la mencionada ciudad es 4,8, indicativo de una atmósfera ligeramente ácida. Sin embargo, debido a la capacidad neutralizante de iones igualmente presentes (NH₃, Ca y Mg), se dedujo que sólo una pequeña fracción de los iones ácidos contribuye a la acidez libre de las lluvias.

Se identifica además, en la Tabla 5, que el Objeto de estudio que sigue en frecuencia (10,3%), es el aspecto de Efectos a la salud (14, 15, 17, 32). Ya se mencionó el trabajo de Herrera et al (14). Además, Perdomo (17), estudió pacientes alérgicos y la influencia de contaminantes atmosféricos en esta patología. Otro estudio como el de Hulett et al (15), realizado sobre la prevalencia de asma en una comunidad vulnerable de Caracas, a pesar de todas las variables que investigaron, no encontraron una asociación significativa entre factores ambientales/domésticos y los reportes de asma de las familias estudiados. Este resultado no deja de sorprender pues aunque el asma es una patología multifactorial, se ha asociado a factores que prevalecen en esas zonas. Es conocido que los contaminantes más habituales presentes en el aire de las grandes ciudades agravan enfermedades respiratorias, además de alergias y cáncer, y umbrales peligrosos de contaminantes como el ozono, las partículas en suspensión o el monóxido de carbono, están asociados

al aumento de hospitalizaciones y globalmente hablando, supone miles de muertes al año (45). El trabajo de Cáceres (31), reporta que las cifras de categorías “moderada” y “alta” en algunas variables como: contaminación atmosférica, contaminación sonora y amenaza a la flora y la fauna, hacen necesario un tratamiento para consolidar una mejor calidad de vida (31).

Otro aspecto desarrollado se centra en el tema de los Desechos (tóxicos/peligrosos) (2,6%) (30). Estos trabajos demuestran que en el país se carece de programas adecuados para el manejo y disposición de los mismos, problemática que ha sido reportada ante el Gobierno Nacional por diferentes grupos interesados, no solo en la ciudad Capital, como lo aborda Buroz et al (30), sino en todos los estados y en particular en las ciudades más pobladas. A pesar de que en la bibliografía consultada solo se encontró la publicación mencionada de Buroz et al (30), se considera que este es un problema nacional y como estos autores concluyen, es muy complejo por cuanto se carece de un plan nacional y local que dicte la política a seguir a corto, mediano y largo plazo. Otros trabajos realizados (fuera del período seleccionado para el presente diagnóstico), también abordan esta problemática en zonas urbanas, por ejemplo en el Municipio Libertador del Distrito Capital (9).

La altísima generación de desechos tóxicos/peligrosos en el país es un hecho, no solo de las industrias, sino de la “economía informal”, de centros de salud y de origen doméstico, sin control ni clasificación alguna, donde el problema cultural juega un gran papel ya que refleja la teoría del estado paternalista que “debe” recoger y disponer toda clase de basura emitida por particulares. La contaminación de los ríos, de las zonas costeras del Mar Caribe, de los lagos de Maracaibo y Valencia, y en general de los cuerpos de agua en el país, se produce en gran medida por el traslado de las aguas negras desde las zonas urbanas, del derrame de petróleo, los desperdicios/basura y de residuos industriales. La incineración de basura ya sea de origen doméstico, industrial o municipal, genera elementos contaminantes como cenizas, hidrocarburos, ácidos orgánicos y gases tóxicos entre otros. Es importante mencionar que las empresas operadoras de recolección de basura en muchas ocasiones, no poseen la infraestructura necesaria y las autoridades ambientales no realizan la debida supervisión. Muchos residuos como baterías de celulares y de vehículos, los bombillos y lámparas fluorescentes y su cantidad de Hg presente en ellos, por citar solo algunos, son tratados como residuos domésticos (9).

Hay un solo trabajo (2,6%), que aborda los niveles de contaminación ambiental producidos por el humo de tabaco y realizado por Herrera et al (13), quienes estudiaron este hábito en ciudadanos laboralmente expuestos. Los efectos del consumo de cigarrillo/tabaco, directo y/o pasivo, es un tema relevante pues se sabe la asociación que existe entre este hábito y el cáncer, y la necesidad de la implementación de políticas que garanticen a la población un ambiente

limpio y carente de contaminantes. Está demostrado que de las muchas sustancias químicas presentes en el humo de tabaco, aproximadamente 250 son dañinas para la salud. Ejemplos de dichas sustancias son el Cianuro de hidrógeno, el Monóxido de Carbono y el amoníaco (38).

La Tabla 1 describe la distribución de los estudios según área político-territorial. Es importante tomar en cuenta que cada autor pudo estudiar varias de dichas áreas simultáneamente en sus trabajos, independientemente del objeto de estudio. De allí que el total de áreas estudiadas en dicha tabla suman 35. La Zona Norte correspondió al 91,4 % de los estudios. Hasta donde alcanzó la bibliografía consultada, no se encontraron publicaciones de estudios realizados en la zona Sur del país, dentro de los años establecidos como objeto de esta investigación. Como se observa, esta distribución geoespacial coincide con la mayor densidad poblacional del país y en especial con la ciudad Capital y estados aledaños, que conforma la zona Nor-Central.

Existen varias razones que permiten justificar esta tendencia geoespacial. Por un lado, el hecho de que estas áreas sean las más ocupadas, hace que la mayoría de las instituciones académicas y de investigación se encuentren ubicadas allí. Una buena parte de las mejores Universidades del país tienen sus sedes en las zonas Norte (Central, Occidental y Oriental). Igualmente, instituciones de investigación como el IVIC y el Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo (INTEVEP), se ubican en la Zona Nor-Central, muy cercanos a la capital. Por lo tanto, independientemente del Objeto de Estudio, la ubicación de la investigación va a estar principalmente en las mencionadas zonas.

Así mismo, esa densidad poblacional genera mayor potencial de contaminación en las mismas, con repercusiones muy visibles sobre dichas zonas, lo cual podría estimular el desarrollo de investigaciones a nivel local. Ejemplo de esta tendencia es el trabajo de Coria E (46), donde se encontró que la dinámica poblacional de las regiones en continuo crecimiento demográfico, genera fuertes presiones en requerimientos de alimentos, agua potable y recursos naturales, siendo numerosas sus consecuencias negativas en el medio ambiente natural. Jaimes et al (22), estudia el comportamiento de las migraciones poblacionales a zonas urbanas, con poco retorno a su sitio de origen, situación que condiciona su calidad de vida y por ende, su salud. Esta afirmación es además confirmada por Guevara (47), en su trabajo sobre: "Diagnóstico de la situación ambiental y ecológica del estado Carabobo", en el que describe que la situación ambiental venezolana está marcada por la densidad poblacional, pero por otra parte, por el poco o ningún apego de la ciudadanía a las leyes y reglamentos de la nación.

Es conocido que Venezuela figura entre los países que poseen más decretos sobre protección ambiental. Más de la mitad del territorio está bajo 15 figuras jurídicas de áreas protegidas, entre éstas, 43 Parques Nacionales

(130.335,31 Km²), 41 Monumentos Naturales (4.993,63 Km²) y 2 Reservas de Biosfera, que suman cerca del 10% de los 1.480.124 Km² de superficie nacional. No obstante, al carecerse de mecanismos que hagan cumplir dichas normativas, más del 95% de las aguas residuales que se producen en viviendas, oficinas, servicios públicos, comercios e industrias, son vertidas a quebradas, ríos, lagunas y al mar, sin tratamiento, y provocando efectos muy graves en la vida acuática, afectando embalses destinados al consumo de comunidades. Entre éstos: Embalse "La Mariposa" y "La Pereza" (Caracas), "Turimiquire" (Oriente), "Cumaripa" (Yaracuy), "Dos Carritos" (Lara), "Calabozo" (Guárico), "El Isidro" (Coro), "Burro Negro" (Zulia), Pao Cachinche y Canoabo en Carabobo (47). Todos ellos se encuentran ubicados al Norte del país.

Otra razón que igualmente se deriva de la mayor densidad poblacional y de la ubicación de los estudios aquí referidos, es que en estas zonas están las mayores fuentes de trabajo, tanto de la industria y comercio formal, como de la economía informal, fuente bien importante de contaminación en el país. La Oficina Panamericana de la Salud (PAHO por sus siglas en inglés) (48), afirma que el crecimiento acelerado y desordenado del sector industrial causa directamente la contaminación biológica, química y física, provoca aumentos en el transporte y el consumo de energía, genera más desechos y hace inadecuada su disposición.

CONCLUSIONES

La revisión llevada a cabo demuestra el déficit de estudios publicados, existentes en el país, que evalúen la situación ambiental en Venezuela y en particular, sobre algunas zonas muy importantes desde el punto de vista de su potencial generación de contaminantes por el desarrollo industrial de las mismas. El deterioro del planeta exige que las autoridades de nuestro país conjuntamente con todas las organizaciones de interés (ONG por ejemplo), comunidades, medios de comunicación, investigadores, académicos, trabajen en una sinergia dirigida a promover el tema ambiental como fundamental dentro de las responsabilidades educativas, de investigación, socio-económicas, políticas, etc., previniendo y controlando el deterioro de un medio natural que se extingue y afectando en última instancia la calidad de vida del ser humano.

En términos de investigación propiamente dicha, se debe reconocer que aún falta mucho por hacer. Se observa la ausencia de trabajos en la Zona Sur, pasando desapercibidas realidades de 2 importantes zonas de Venezuela, como son los estados Amazonas y Bolívar, en frontera con Brasil. Allí, por una parte, están asentadas múltiples industrias básicas del país que por sus procesos productivos generan importantes contaminantes ambientales. Por otra parte, se ubica la mayor explotación minera (principalmente extracción del oro), en gran medida de carácter "informal", que devasta kilómetros de selva declarada patrimonio de la humanidad y que genera contaminación de fuentes de

agua y enfermedades ocupacionales por los desechos y la exposición laboral al mercurio.

En los últimos años en casi todos los países de la región se han emprendido reformas de legislaciones en materia ambiental (49). En Venezuela, esta legislación no es escasa ya que más de la mitad del territorio está protegido por distintas figuras jurídicas (47). No obstante, la carencia de mecanismos que hagan cumplir dichas normativas, aunado a la falta de educación ambiental, dificulta una política coherente de protección y de investigaciones que generen formas de mejoras ambientales. El acceso limitado y restringido a la ciudadanía, de diagnósticos y patrones de "calidad ambiental", trae como consecuencia la ignorancia de la normativa ambiental vigente que fortalece la apatía de la ciudadanía.

Se sugiere incentivar el desarrollo de investigaciones ambientales en los muchos problemas que nos aquejan, extensivos a la zona Sur del país, a fin de crear un panorama que señale los riesgos "críticos", donde se deben priorizar los estudios con identificación y pronta intervención de zonas vulnerables.

REFERENCIAS

- Machado A, García N, García C Acosta L, Córdova A, Linares M. Metales en pm₁₀ y su dispersión en una zona de alto tráfico vehicular. *Interciencia*. 2007; 32(5):312-317.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPAa), Venezuela. Sistema de Indicadores y Estadísticas Nacionales para la Gestión del Ambiente (SIEANAGA). Indicadores ambientales. Índice de calidad del aire en base a partículas □ IC Aire (P). Gobierno Bolivariano de Venezuela [Consulta el 15 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.minamb.gob.ve/files/planificacion-y-presupuesto/IndicadoresAmbientales.htm>
- WHO/IARC. Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. Press release 221. 17-10-2013 [Consulta el 20 de agosto del 2013]. Disponible en: http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, Capítulo IX - De los Derechos Ambientales, Artículos 127 a 129; 1999.
- Ley Orgánica del Ambiente, Venezuela, Año CXXXIVMES III, No. 5833, Extraordinario; 2006. [Consulta el 20 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.minamb.gob.ve/files/Ley%20Organica%20del%20Ambiente/Ley-Organica-del-Ambiente-2007.pdf>
- Red Ara. Aportes para un diagnóstico de la problemática ambiental de Venezuela [Consulta el 18 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.vitalis.net/AportesDiagnosticoAmbientaVenezuelaRedARA2011.pdf>
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPAb), Venezuela. Sistema de Indicadores y Estadísticas Nacionales para la Gestión del Ambiente (SIEANAGA). Indicadores ambientales. Emisiones de dióxido de carbono [Consulta el 30 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.minamb.gob.ve/files/planificacion-y-presupuesto/IndicadoresAmbientales.htm>
- Pérez AS, Pérez S y Rosa G. Problemas ambientales en Venezuela. Contaminación del agua y del aire. 2011 [Consulta el 18 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos13/trabamb/trabamb.shtml#CONTAM>
- Principales Problemas Ambientales de Venezuela. España. 2007 [Consulta el 15 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080210203140AAI6LRU>
- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela (GORBV). Acuerdo mediante el cual se declara al sistema hídrico nacional como una emergencia de atención fundamental. Gaceta Oficial N° 37.216,11 de junio de 2001 [Consulta el 15 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.tsj.gov.ve/gaceta/junio/110601/110601-37216-01.html>
- Córcega E, Martelo M. Consecuencias agrícolas y ambientales del cambio climático en las condiciones de confort humano y animal, de las estaciones experimentales de la Facultad de Agronomía, UCV. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*. 2007; 30 (Especial): 1-10.
- Durán A, Guenni, L. Estimación probabilística del cambio climático en Venezuela mediante un enfoque bayesiano. *Rev. Colomb. Estad.* 2010 33(2): 191-218. Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/estad/article/view/29816/36476>
- Herrera N, Dmytrejchuk A, Rada M, Melkon M, Adrianza M. Comparación de los niveles de contaminación por humo de tabaco ambiental en lugares de trabajo en 4 ciudades de Venezuela. *INHRR*. 2010; 41(2):7-15. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/inhrr/v41n2/art02.pdf>
- Herrera-Martínez AD, Rodríguez-Morales AJ. Potential influence of climate variability on dengue incidence registered in a western pediatric Hospital of Venezuela. *Trop. Biomed.* 2010; 27(2):280-286.
- Hulett AC, Yibirin MG, Brandt RB, García A, Hurtado D, Puigbó AP. Home/social environment and asthma profiles in a vulnerable community from Caracas: lessons for urban Venezuela? *J Asthma*. 2013; 50(1):14-24.
- Machado A, García N, García C, Acosta L, Córdova A, Linares M et al. Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 2008; 24(4):171-182.
- Perdomo D. Contaminantes aéreos y sus efectos en pacientes alérgicos del Valle de Caracas. *Gac. Méd. Caracas*. 2009; 117(4): 274-313.
- Alfonso JA, Handt H, Mora A, Vasquez Y, Azocar J, Marcano E. Temporal distribution of heavy metal concentrations in oysters *Crassostrea zophorae* from the central Venezuelan coast. *Mar Pollut. Bull.* 2013; 73(1):394-398.
- Avellaneda M, Esteller W. Cartografía de la Calidad del agua del lago de Valencia [Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Civil]. Venezuela: Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo; 2009.
- Chejade M, Mascolo G. Optimización del sistema de abastecimiento de agua en las zonas rurales del municipio Carlos Arvelo, Estado Carabobo [Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Civil]. Venezuela: Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo; 2009.
- Colmenares MC, Correia A, De Sousa C. Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica en piscinas del estado Carabobo, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.* 2008; 48(1): 73-82.
- Jaimes EJ, Mendoza JG, Pineda NM, Ramos YT. Sistematización de procesos para el análisis del deterioro agroecológico y ambiental en cuencas hidrográficas. *Interciencia*. 2007; 32(7):437-444.
- López, JL. Una visión crítica sobre el desastre de Vargas: ¿Qué se ha hecho? ¿Qué falta por hacer?. *Rev. Fac. Ing. UCV*. 2011; 26(3):63-81.

24. Lozada BI, Barboza, C. Tendencia de la precipitación pluvial en Bramón, estado Táchira, Venezuela. *Agronomía Trop.* 2007; 57(2): 89-98.
25. Mesa A, Morales J, Sánchez L, Valle P, Gutiérrez E, Ledo H. Contenido de metales trazas en aguas subterráneas de la región occidental del Lago de Maracaibo, Venezuela. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia.* 2007; 30 (Especial):20-28.
26. Ramos R, Cipriani R, Guzman HM, Garcia E. Chronology of mercury enrichment factors in reef corals from western Venezuela. *Mar Pollut. Bull.* 2009; 58(2):222-229.
27. Rivas Z, Sánchez J, Troncone F, Márquez R, Ledo H, Colina M, Gutiérrez E. Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al sistema lago de Maracaibo, Venezuela. *INCI.* 2009; 34(5):308-314.
28. Sánchez L, Morales J, Velásquez H, Portillo D, Cano Y, Montilla B et al. Composición iónica y niveles de acidez de las lluvias en Maracaibo, Venezuela, entre 1989 y 2001. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 2009; 25(3):169-179.
29. Velazco K, Noguera N, Jiménez L, Larreal M, Ettiene G. Evaluación de nitratos y nitritos lixiviados en un sistema de pastoreo intensivo usando fertilizantes nitrogenados. *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 2009; 26(1): 23-38.
30. Buroz E, Rodríguez V, Sánchez M, Zambrano N. Principales problemas ambientales del Municipio Sucre, 2012 [Consulta el 30 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://victor9743viridise.blogspot.com/2012/04/principales-problemas-ambientales.html>
31. Cáceres JL, Khilzi K, Estanga I, Cortez Y, Durán J, Fuentes P et al. Evaluación ambiental rápida como procedimiento de vigilancia ambiental en Sorocaima II Municipio Mariño, Estado Aragua, Venezuela. *Bol. Malariol. Salud Ambient.* 2007; 47(1):139-148.
32. Centeno J. Geología médica, impactos del ambiente natural en la salud humana. *Interciencia.* 2008. 33(3):169-171.
33. Delgado-Petrocelli L, Córdova K, Camardiel A, Aguilar VH, Hernández D, Ramos S. Analysis of the El Niño/La Niña Southern Oscillation variability and malaria in the Estado Sucre, Venezuela. *Geospat. Health.* 2012; 6(3):S51-57.
34. Díaz D, Frontado Y, Da Silva M, Lizaraz A, Lameda I, Valera V et al. Situación Ambiental de Venezuela 2012. Análisis de Percepción del Sector. *VITALIS;* 2013 [Consulta el 30 de agosto del 2013]. Disponible en: www.vitalis.net
35. Ovalles F, Cortés A, Rodríguez M, Rey J, Cabrera-Bisbal E. Variación geográfica en el impacto del cambio climático en el sector agrícola en Venezuela. *Agronomía Trop.* 2008; 58(1):37-40.
36. Los Problemas Ambientales en Venezuela: Geografía Nacional de Venezuela; [Consulta el 30 de agosto del 2013] (s/f). Disponible en: <http://nationalgeographpic.blogspot.com/p/destruccion-del-ozono.html>
37. Cañizález A et al. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Venezuela – VITALIS, 2006. [Consulta el 15 de julio del 2013]. Disponible en: <http://www.vitalis.net/GIRH%20Final%20Marzo%202006.pdf>
38. Instituto Nacional de Cáncer. Estados Unidos. Perjuicios por fumar tabaco y beneficios para la salud al dejar el hábito. Enero 2011. [Consulta el 15 de julio del 2013]. Disponible en: <http://www.cancer.gov/espanol/recursos/hojas-informativas/tabaco/dejar-de-fumar>
39. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Cadmio. Septiembre 2012 [Consulta el 19 de septiembre del 2013]. Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.html
40. ATSDR. Níquel. Agosto 2005 [Consulta el 19 de septiembre del 2013]. Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts15.html
41. ATSDR. Vanadio. Sept. 2012 [Consulta el 19 de septiembre del 2013]. Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts58.html
42. El ambiente: Los 10 principales problemas ambientales que enfrenta nuestro planeta [Consulta el 15 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://elambienteron.wordpress.com/2012/10/02/los-10-principales-problemas-ambientales-que-enfrenta-nuestro-planeta/>
43. Buenas Tareas. Desarrollo ambiente en Venezuela dentro del contexto Latinoamericano 2010 [Consulta el 30 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Desarrollo-Ambiente-En-Venezuela-Dentro-Del/935275.html>
44. Charlson RJ y Rodhe H. Factors controlling the acidity of natural rainwater. *Nature* 1982; 295:683-685.
45. Ravichandran C y Padmanabhamurty B. Acid precipitation in Delhi, India. *Atmos. Environ.* 1994; 28:2219-2297.
46. Coria E. Problemas ambientales y su incidencia sobre la mujer en Latinoamérica. 2005 [Consulta el 18 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.enduc.org.ar/enduc4/trabajos/t024-c35.pdf>
47. Guevara E. Diagnóstico de la situación ambiental y ecológica del estado Carabobo. Venezuela, 2000. Universidad de Carabobo [Consulta el 20 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/a7n1/7-1-3.pdf>
48. PAHO. Desarrollo sostenible y salud ambiental. Capítulo 3. PAHO: Salud de las Américas; 2007 [Consulta el 20 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www1.paho.org/hia/archivosvol1/volregionalesp/SEA07%20Regional%20SPA%20Cap%203.pdf>
49. Jouravlev A. Administración del agua en América Latina y el Caribe en el umbral del siglo XXI (LC/L.1564 P, Serie Recursos Naturales e Infraestructura No 27). 2001 [Consulta el 30 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/0/7560/Lcl1564-P-E.pdf>

Salus online