

Contaminación: la necesidad de crear sistemas de monitoreo

Almira Hoogesteijn / Susana Pérez Medina / José Luis Febles Patrón
Víctor Ceja Moreno / Gerardo Gold-Bouchot

Nadie puede negar que algunos compuestos químicos han producido beneficios para la humanidad, sin embargo, se ha generado una dependencia extrema hacia ellos sin entender cabalmente cómo pueden afectar la salud. En Estados Unidos se han encontrado de 116 a 300 compuestos químicos de manufactura humana en la población (Pirkle y otros, 2005). Muchos de estos productos se han relacionado a enfermedades como el cáncer, trastornos reproductivos, neurológicos y alergias. La protección ante exposiciones ambientales, que se sabe o se sospecha producen enfermedades, requiere cuatro

pasos: la detección de una exposición, la evaluación del riesgo para la salud, la implementación de una intervención para disminuir ese riesgo y la confirmación de que dicha intervención sea efectiva. Los datos de exposición de la población son cruciales en cada uno de estos pasos. En México existe una normatividad que responde a las exigencias para la disminución del riesgo por exposición a productos químicos (Cuadro 1). Este documento tiene la intención de relacionar la información existente sobre los niveles de contaminación reportados en la literatura sobre el estado de Yucatán con la normatividad establecida por la ley.

Cuadro 1. Listado de Normas Oficiales Mexicanas revisadas para obtener los valores de tolerancia (límite máximo de residuo permitido) para alimentos, agua de consumo humano, suelos, agua de riego, agua post-cosecha de vegetales y aire.

Identificación de la norma	Título y objetivo de la norma
NOM-001-ECOL-1996	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas de bienes nacionales.
NOM-004-ZOO-1994 y Modificación 2001	Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos.
NOM-020-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al ozono (O ₃). Valor normado para la concentración de ozono (O ₃) en el aire ambiente, como medida de protección de la salud de la población.
NOM-021-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección de la salud de la población.
NOM-022-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de azufre (SO ₂). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO ₂) en el aire ambiente, como medida de protección de la salud de la población.
NOM-023-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO ₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO ₂) en el aire ambiente, como medida de protección de la salud de la población.
NOM-024-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a las partículas suspendidas totales (PST). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales (PST) en el aire ambiente, como medida de protección de la salud de la población.

Cuadro 1. Listado de Normas Oficiales Mexicanas. (Continuación)

Identificación de la norma	Título y objetivo de la norma
NOM-025-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a las partículas menores de 10 micras (Pm10). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (Pm10) en el aire ambiente, como medida de protección de la salud de la población.
NOM-026-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al plomo (Pb). Valor normado para la concentración de plomo (Pb) en el aire ambiente, como medida de protección de la salud de la población.
NOM-EM-034-FITO-2000	Requisitos y especificaciones para la aplicación y certificación de buenas prácticas agrícolas en los procesos de producción de frutas y hortalizas frescas.
NOM-041-SSA1-1993	Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Características, el procedimiento de identificación, la clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
NOM-127-SSA1-2000	Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
NOM-159-SSA1-1996	Bienes y servicios. Huevo, sus productos y derivados. Disposiciones y especificaciones sanitarias.
NOM-179-SSA1-1998	Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público.
NOM-184-SSA1-2002	Productos y servicios. Leche, fórmula láctea y productos lácteos combinados. Especificaciones sanitarias.
NOM-201-SSA1-2002	Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasado y a granel. Especificaciones sanitarias.



Quema de basura y contaminación en el atracadero de Yucalpetén. (Fotos: A. Hoogesteijn, A. Munguía)

Como ejemplo, en este trabajo presentaremos cuadros con los valores máximos permisibles para los químicos más comunes en algunos alimentos, el agua y el aire (Cuadros 2 al 4) y valores reportados para el estado en la literatura. Dentro del grupo de los constituyentes inorgánicos, se escogieron: el plomo, el mercurio y el arsénico, por su impacto sobre la salud humana, especialmente a nivel del sistema nervioso, y por lo ubicuo de su distribución. Estos elementos han sido clasificados como residuos peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.

Dentro de los compuestos orgánicos, escogimos: 1,1,1-Tricloro-2, 2-bis(4-clorofenil) etano (DDT), bifenilos policlorados y dioxinas y el plaguicida lindano. Estos compuestos fueron escogidos por su conocida persistencia en el ambiente, su acumulación en la red trófica, sus efectos sobre la salud humana y animal y su reconocido uso en México. Dentro de los compuestos orgánicos seleccionados, sólo el lindano es considerado un residuo peligroso según la NOM-052-SEMARNAT-2005.

Cuadro 2. Tolerancia (límite máximo de residuo permitido) en ppm (mg/kg) para algunos alimentos, según las Normas Oficiales Mexicanas, o cuando la norma así lo indique el Codex Alimentarius.

Alimento	Plomo	Mercurio	Arsénico	DDT	PCB y dioxinas	Lindano
Bovinos carne o grasa	0.5 (1.6) ¹	0.7 (0) ¹	0.7 (0) ¹	5 (0) ¹	3	7
Porcinos carne o grasa	0.5	0.5	0.5	5	3	4
Aves carne o grasa	0.5	0.5	0.5	5	3	4
Camarón	1	1	n/e	0.000*	n/e	0.000*
Pescado	0.3*	0.5*	n/e	n/e	n/e	n/e
Leche, productos lácteos	0.1	0.05	0.2	0.000*	0.000*	0.000*
Huevos	0.1	0.03	n/e	0.000*	n/e	0.000*

Fuente: NOM-004-ZOO-1994 y Modificación 2001, NOM-184-SSA1-2002, NOM-159-SSA1-1996.

* Valores no indicados en las normas mexicanas (Referencia de Codex Alimentarius). Las concentraciones reportadas para el estado de Yucatán se encuentran en paréntesis e itálicas.

n/e: no establecido. ¹: Alcocer y otros, 2007.



Cuadro 3. Tolerancia (límite máximo de residuo permitido) en ppm (mg/L) para el agua embotellada y de consumo humano, según las Normas Oficiales Mexicanas.

Agua	Plomo	Mercurio	Arsénico	DDT	PCB y dioxinas	Lindano
Embotellada	0.01	0.001	0.025	1	n/e	2
Consumo humano	0.01	0.001	0.05	1	n/e	2
Riego agrícola	5	0.005	0.2	n/e	n/e	n/e

n/e: no establecido.

Fuente: NOM-201-SSA1-2002, NOM-179-SSA1-1998, NOM-127-SSA1-2000, NOM-001-ECOL-1996, NOM-041-SSA1-1993.

Cuadro 4. Tolerancia (límite máximo de residuo permitido) para suelos, agua de riego y uso de agua post-cosecha de vegetales, según las Normas Oficiales Mexicanas.

Categoría	Suelo kg/ha	Agua de riego mg/L	Agua post-cosecha mg/L
Arsénico	41	0.2	0.025
Plomo	39	5	0.01
Mercurio	17	0.005	0.001
Coliforme	<1000 ^a	2000 ^b	Ausencia
Helmintos	<10	1- 5	n/e
DDT mg/L	n/e	n/e	1

^a: número más probable/kg suelo seco. ^b: número más probable/100 ml. n/e: no establecido.

Fuente: NOM-EM-034-FITO-2000.

Cuadro 5. Tolerancia (límite máximo de residuo permitido) para los contaminantes del aire en México según las Normas Oficiales Mexicanas.

Contaminante	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	Exposición crónica
Monóxido de carbono	11 ppm (8 horas) 12 595 µg/m ³	1 vez al año	
Bióxido de azufre	0.13 ppm (24 horas) 341 µg/m ³	1 vez al año	0.03 ppm ^(c)
Bióxido de nitrógeno	0.21 ppm (1 hora) 395 µg/m ³	1 vez al año	
Ozono	0.11 ppm (1 hora) 216 µg/m ³	No se permite	
	0.08 ppm (8 horas)	4 veces por año	
Partículas suspendidas totales	210 µg/m ³ (24 horas)	2% de mediciones al año	
Partículas menores de 10 micrómetros	120 µg/m ³ (24 horas)	2% de mediciones al año	50 µg/m ³ ^(c)
Partículas menores de 2.5 micrómetros	65 µg/m ³ (24 horas)	2% de mediciones al año	1.5 mg/m ³ ^(d)
Plomo			1.5 mg/m ³ ^(d)

^(c): Promedio aritmético anual. ^(d): Promedio aritmético en 3 meses.

Fuente: NOM-020-SSA1-1993, NOM-021-SSA1-1993, NOM-022-SSA1-1993, NOM-023-SSA1-1993, NOM-024-SSA1-1993, NOM-025-SSA1-1993, NOM-026-SSA1-1993.

Para encontrar los valores de concentración de estos compuestos en los diferentes sustratos propuestos (alimentos, agua y aire) en el estado, se hizo una revisión exhaustiva de la literatura en las bases de datos de publicaciones científicas (PubMed, TOXNET, Biosis, ISI Web of Science, Current Content), en la base de datos de Google Scholar y en las páginas web de las siguientes entidades: Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas (CONAPROF), Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), utilizando palabras claves en español e inglés y sus combinaciones en la lógica booleana. No obstante, se encontró información limitada sobre el tema. Los valores establecidos en la normatividad mexicana, así como los valores reportados en la literatura son reproducidos en los cuadros que se presentan.

Como se puede observar, la información en la literatura disponible para el estado de Yucatán es inexistente (Cuadros 3, 4, 5), con excepción de los estudios de Alcocer y otros (2007) que encontraron que los niveles de plomo en la carne de bovino están por el orden de 1.6 mg/kg (Cuadro 2); un valor muy por encima del valor permitido de 0.5 mg/kg por la Norma Mexicana (NOM-004-ZOO-1994 y Modificación 2001).

Sin embargo, se han hecho algunos estudios sobre contaminación. Toledo y otros (2006) reportan que la carne en Mérida presenta cuentas elevadas de coliformes totales, por encima de la Norma Mexicana. En materia de agua, Pacheco y otros (2004) reportan que hubo contaminación bacteriana en diferente grado para el 55% de las fuentes examinadas. Cabe destacar que las muestras fueron tomadas después del huracán Isidoro (2004). De manera general, los autores estiman que la calidad química del agua subterránea con fines de abastecimiento en los sistemas municipales es aceptable para los sistemas estudiados, aunque algunos compuestos no se pudieron medir debido a limitaciones de naturaleza técnica. No se encontró información referente a la calidad del aire en el estado.

En materia ambiental sobre el impacto de los compuestos químicos en las comunidades costeras encontramos más estudios. Camacho-Muñoz (2003) detectó una serie de contaminantes orgánicos persistentes en la yema de los huevos de la tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*), así como hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs por sus siglas en inglés). El patrón de contaminación varió geográficamente, pero lo más preocupante es que se encontraron regresiones negativas, estadísticamente significativas. Mientras mayor era la concentración de algunos insecticidas organoclorados, menor era el número de huevos por nido o el porcentaje de eclosión.



Pelicanos nadan en aguas contaminadas de San Felipe / Basurero en matorral de duna costera. (Fotos: M. Castilla, A. Dorantes)

Zapata y otros (2007) encontraron aumentada expresión de vitellogenina en una especie de bagre (*Ariopsis felis*), que es una respuesta característica a la exposición a contaminantes persistentes orgánicos (bifenilos policlorados, DDT, Hexaclo-ciclohexano, Clordano) que interfieren con el sistema endocrino. Otro ejemplo preocupante es el análisis de muestras de sedimentos que se realizó como parte de la etapa de caracterización para el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero de Yucatán (POETCY), donde se encontró que en promedio 35% de las muestras excedía el criterio de calidad de sedimentos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, organismo regulador) y la Agencia Nacional de Océanos y Atmósfera (NOAA). Casi 20% excedieron el del Clordano (insecticida clorado altamente tóxico) (Gold-Bouchot y otros, 2005). La presencia de estos contaminantes se ha reportado en el ser humano, como lo evidencian las concentraciones relativamente altas de insecticidas organoclorados, como el DDT y sus metabolitos, el

lindano y otros compuestos considerados en el Convenio de Estocolmo, como los bifenilos policlorados (PCB) en leche materna de mujeres que viven en la costa del estado (Gold-Bouchot, comunicación personal).

Cabe aclarar que la falta de reportes sobre los valores para Yucatán no significa que éstos no existan, sino más bien se debe a la dificultad de acceder al medio de publicación respectivo. No obstante, la intención de este capítulo no es hacer una descripción exhaustiva y a fondo de todos los contaminantes en el ambiente del estado de Yucatán, ni cuantificar dicha exposición, sino sólo llamar la atención de la comunidad científica, las autoridades ambientales y el público en general sobre las necesidades de monitoreo, regulación y elaboración de políticas públicas a las que se deben someter el agua, el aire, el suelo, los sedimentos, los alimentos etc., para garantizar que la población no corra riesgos innecesarios por exposiciones descontroladas a sustancias químicas con alto potencial tóxico.