

Bajo peso al nacer y defectos congénitos en relación con sitios mineros y campos agrícolas en Sonora, México. Prevalencia 2008-2012

Low birth weight and congenital defects
in connection with mine sites and agricultural fields
in Sonora, Mexico. 2008-2012 prevalence

Javier Valdés Hernández^{*}
Aldelmo Eloy Reyes Pablo^{**}
Eduardo Navarrete Hernández^{***}
Sonia Canún Serrano^{****}

Resumen: existen evidencias de contaminación ambiental debido a minas y campos agrícolas en Sonora, México. El objetivo de este trabajo es estudiar espacialmente la prevalencia de los defectos al nacimiento, los del tubo neural y el bajo peso al nacer en los municipios donde hay minas de metales y

* Médico adscrito a la Dirección de Investigación Operativa Epidemiológica. Dirección General de Epidemiología. Secretaría de Salud. Francisco de P. Miranda #177, colonia Unidad Lomas de Plateros, delegación Álvaro Obregón, Ciudad de México, C. P. 01480. Teléfono: (55) 1236 7741. Correo electrónico: javiervahe@yahoo.com.mx

** Médico adscrito a la División de Gineco-Obstetricia. Hospital General "Dr. Manuel Gea González". Calzada de Tlalpan 4800, delegación Tlalpan, sección XVI, Ciudad de México, C. P. 14080. Teléfono: (55) 4000 3000. Correo electrónico: raldelmoeloy@yahoo.com.mx

*** Técnico en estadística en salud pública, jubilado de la División Epidemiológica Hospitalaria. Coordinación de Vigilancia Epidemiológica y Apoyo en Contingencias. Instituto Mexicano del Seguro Social. Avenida Central 175, Niza 601, colonia San Pedro de los Pinos, delegación Álvaro Obregón, Ciudad de México, C. P. 01180. Teléfono: (55) 1912 7492. Correo electrónico: neduardo142@yahoo.com

**** Médica jubilada de la División de Genética Médica. Hospital General "Dr. Manuel Gea González". Calzada de Tlalpan 4800, delegación Tlalpan, sección XVI, Ciudad de México, C. P. 14080. Teléfono: (55) 4000 3000. Correo electrónico: scanuns@hotmail.com

en los distritos de riego. Para ello se emplearon las bases de datos de nacimiento y muerte fetal de 2008 a 2012. Se estimaron tasas de prevalencia nacional, estatal, municipal y por localidad. Se utilizó información georreferenciada del país y los estados, de localidades, ríos, distritos de riego, minas de metales y subcuencas hidrológicas de Sonora. Se encontró que las prevalencias están asociadas con los lugares donde se concentran las actividades económicas y los problemas de contaminación ambiental. Los resultados hacen suponer la probable influencia de estos últimos en la prevalencia de los defectos mencionados y el bajo peso al nacer en todo el estado.

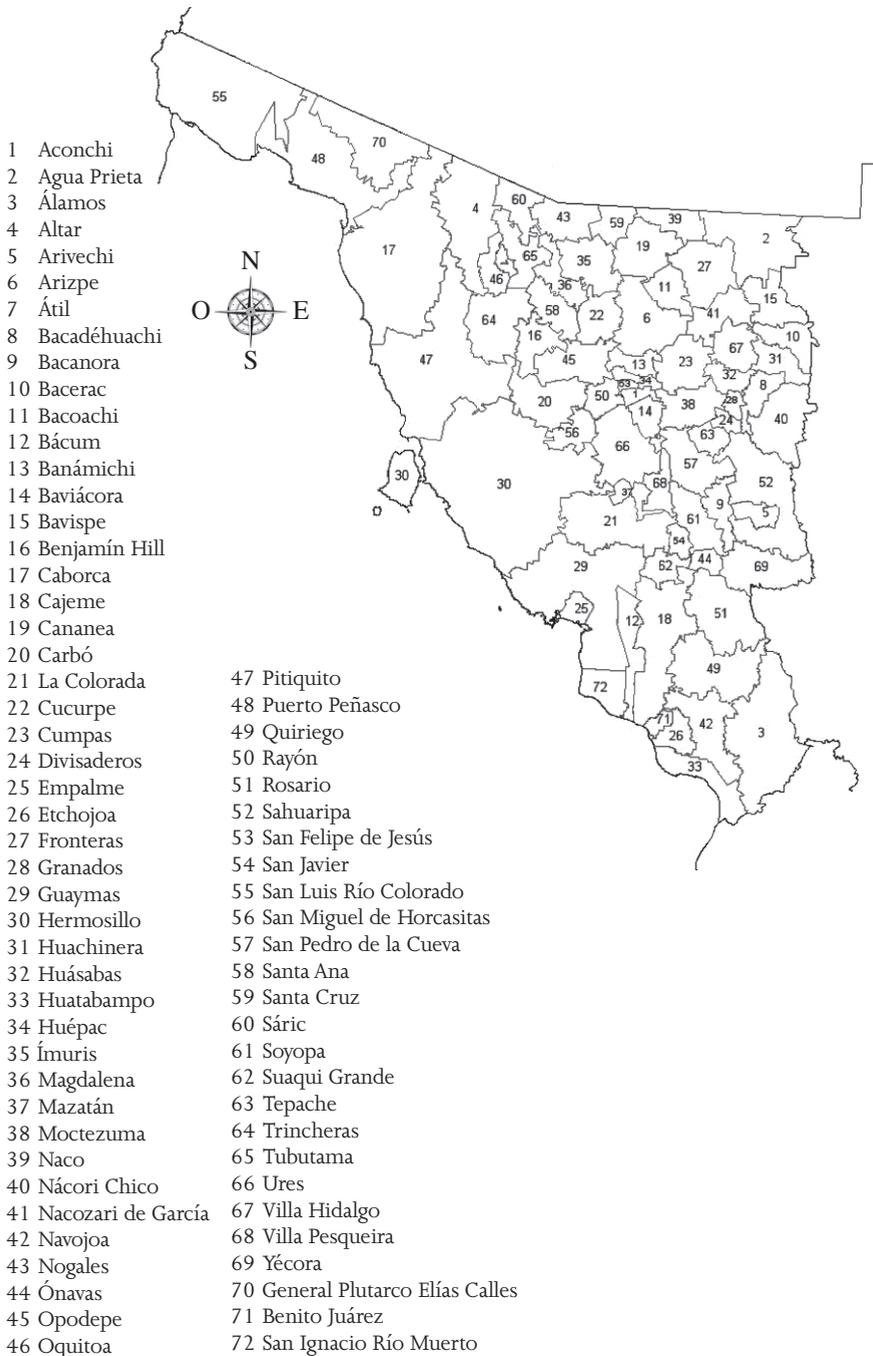
Palabras clave: defectos congénitos; defectos del tubo neural; bajo peso al nacer; contaminación ambiental; subcuencas hidrológicas de Sonora; Río Sonora; distritos de riego sonorenses.

Abstract: there is evidence of environmental contamination due to mines and agricultural fields in Sonora, Mexico. Objective: to spatially study the prevalence of birth defects (BD), neural tube defects (NTD) and low birth weight (LBW) in municipalities in connection with metal mining sites and irrigation districts. Material and methods: databases of birth and stillbirth from 2008 to 2012 were used. Rates of national, state, municipal and local prevalence were estimated. Georeferenced information of the country and, in addition, states cities, rivers, irrigation districts, metal mines and hydrological sub-basins of Sonora was used. Results: prevalences are associated spatially with places where economic activities and environmental pollution problems are concentrated. Conclusions: results suggest the likely influence of environmental pollution in the prevalence of BD, NTD and LBW across the state.

Key words: congenital defects; neural tube defects; low birth weight; environmental pollution; Sonora's hydrological sub-basins; Sonora River; sonoran irrigation districts.

Figura 1

Municipios del estado de Sonora, México



Introducción

El estado de Sonora se localiza al noroeste de México, limita al Norte con Estados Unidos, y tiene 72 municipios (véase figura 1); en 2010 contaba con 2 662 480 habitantes, y ocupaba el sitio 17 en tamaño poblacional entre las 32 entidades federativas. Su economía, vinculada al país vecino, dispone de una infraestructura productiva próspera en los sectores agropecuario, industrial y comercial; su desarrollo socioeconómico es alto, y su población vive con estándares de bienestar satisfactorios.

Según Cotler-Ávalos (2004), del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Sonora se divide en 33 subcuencas hidrológicas regionalizadas (véase figura 2a), pertenecientes a los ríos Yaqui (09B07), Sonora (09A01) y Asunción (08B01), que son las más relevantes por su extensión territorial y la presión antropogénica que reciben por la alta concentración poblacional y de actividades económicas (véase figura 2b). Las divisiones del territorio están delimitadas por un parteaguas,¹ en donde el agua fluye en formas distintas y se almacena hasta un punto de salida, que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red de cauces que convergen en uno principal conformando un área territorial mayor denominada cuenca hidrológica.

Las partes bajas de las subcuencas y las márgenes de los ríos de Sonora se abrieron al cultivo de irrigación (véase figura 2c), y en la actualidad suman 748 975 hectáreas para riego agrícola, 4 por ciento de la superficie total del estado y 60 de la destinada a la agricultura (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI 2007). Cuenta con 31 presas de almacenamiento, de las cuales 7 (23 por ciento) se localizan en la subcuenca del río Sonora (SRS) (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA 2012; 2011).

Durante el siglo pasado, el sector agrícola y el agroindustrial fueron la base económica del estado; a partir de 1980, el industrial y el de

¹ Es la línea imaginaria que une los puntos de mayor elevación del terreno y a su vez divide la escorrentía en direcciones contrarias; toma en cuenta la parte superior de las elevaciones del terreno, para así considerar hacia dónde escurrirá el agua. <https://sites.google.com/site/hidrologia013/parteaguas>

servicios contribuyen en un porcentaje mayor al producto interno bruto estatal (Lara et al. 2007). Sin embargo, las secuelas de la tecnificación agrícola son la erosión y la infertilidad de la tierra, debido a la sobreexplotación de mantos acuíferos y al número excesivo de presas, que impiden que los ríos corran con naturalidad y enriquezcan los suelos de las riberas, a lo que se añade la contaminación de suelos y mantos freáticos por el uso incontrolado de agroquímicos (Castellanos-Villegas et al. 2010).

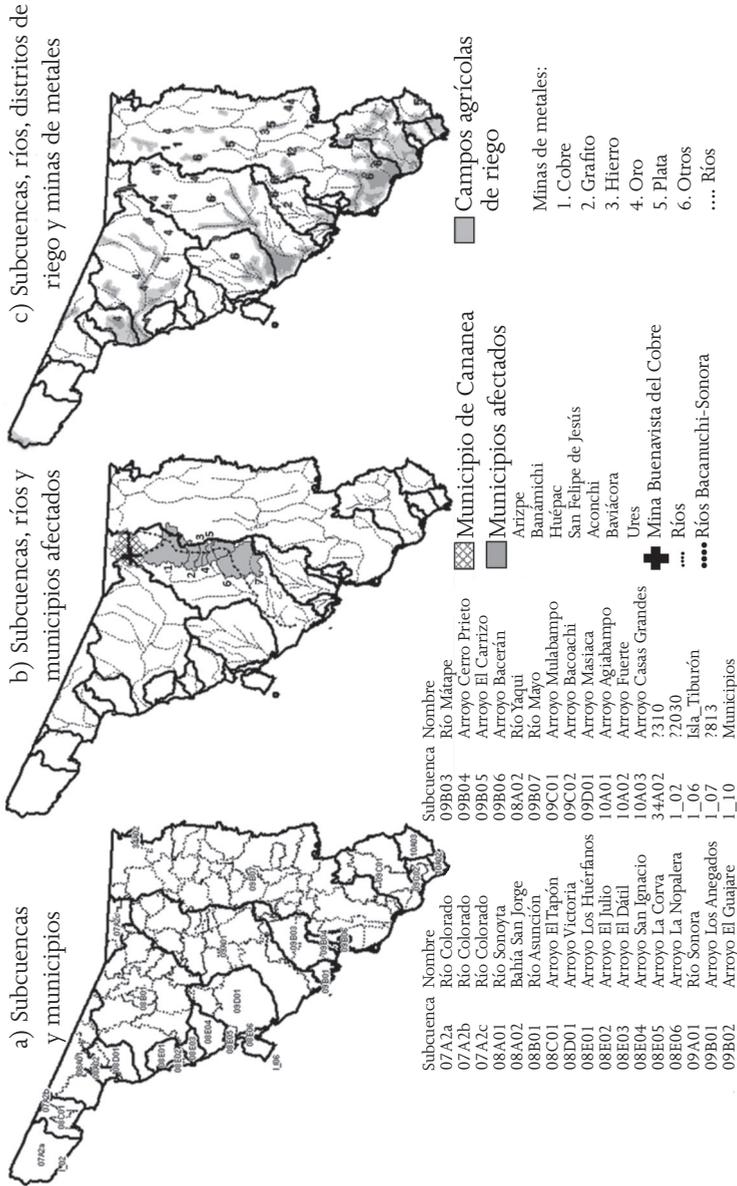
Históricamente, la minería ha constituido uno de los ejes rectores de la economía de Sonora. Existen 19 centros mineros principales, productores de metales, la mayoría ubicados en las partes altas de las tres subcuencas hidrológicas regionalizadas más grandes (véase figura 2c). Además, el estado es el primer productor de cobre, de 28.5 por ciento del oro de México, el único de donde se extrae molibdeno, y también es importante su producción de plata, fierro, grafito, wollastonita, carbón antracítico y de minerales no metálicos (Secretaría de Economía del estado de Sonora 2010).

El 6 de agosto de 2014, la minera Buenavista del Cobre, ubicada en Cananea (véase figura 2b), derramó al cauce de los ríos Bacanuchi y Sonora 40 mil m³ de lixiviados de cobre (sulfato de cobre [CuSO₄] acidulado), acompañados de metales pesados y químicos como cianuro, arsénico, plomo, cadmio, zinc y mercurio, entre otros, que son los residuos de los procesos de extracción de los minerales. Esta empresa es la más grande productora de cobre de México y una de las más importantes del mundo (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT y Secretaría de Salud, SSA 2014).

El derrame afectó a siete municipios de los nueve que baña, en su parte alta y media, la región hidrológica de la SRS, que son: Arizpe, Banámichi, Huépac, San Felipe de Jesús, Aconchi, Baviácora y Ures (véase figura 2b), situados en un tramo de 276 kilómetros, desde el lugar del accidente a las presas Rodolfo Félix Valdez “El Molinito”, y Abelardo L. Rodríguez, de Hermosillo (SEMARNAT y SSA 2014). El grado de marginación de seis de los municipios es bajo, en Huépac es muy bajo, al igual que en Cananea (Consejo Nacional de Población, CONAPO 2010). Las determinaciones de metales pesados (cobre, arsénico, aluminio, cadmio, cromo, fierro, manganeso y plomo) en el río Sonora después del derrame arrojaron concentraciones fuera de

Figura 2

Regionalización del estado de Sonora, México



Fuente: elaboración propia.

la norma (SEMARNAT y CONAGUA 2015). En las muestras obtenidas en El Molinito, además de los anteriores, se evaluaron zinc, cadmio, antimonio, mercurio, bario y níquel; ninguno de ellos rebasaron los límites de los valores guía establecidos en los criterios ecológicos de la calidad del agua (SSA 2014).

El cauce del río Sonora, al igual que el de los otros, es el depósito de los escurrimientos periódicos de las presas de jales construidas por las minas, para confinar sus residuos tóxicos, así como el destino final de los desechos poblacionales, agrícolas e industriales, que contaminan a los arroyos, los ríos y los depósitos de agua; también al suelo, a los mantos freáticos profundos y al aire.

En Sonora, el problema principal de contaminación es la salinización por intrusión marina a las aguas superficiales y subterráneas en las cuencas bajas, y por metales pesados derivados de la minería en las altas y medias (González-Enríquez y Castillo-Acosta 2006). Aunque también es severa la contaminación que provocan los agroquímicos en el suelo, el agua y el aire de los distritos de riego. Además, la alteración ecohidrológica de la SRS es muy alta, debido a la fragmentación y la regulación del flujo hídrico causadas por la construcción de grandes presas, y también es muy elevado el riesgo de afectar su integridad, reflejada en una disminución, desviación, represamiento o agotamiento total del caudal, ocasionado por la construcción, el diseño y la operación inadecuados de obras hidráulicas como presas, bordos, canales, acueductos y otros embalses artificiales (Cotler-Ávalos 2004, 120).

También, se considera que la SRS tiene un grado moderado de contaminación difusa, definida como “la introducción de contaminantes a un curso de agua superficial o sistema de agua subterráneo, a través de vías indirectas, como el lavado de contaminantes a través del suelo, o desde fuentes que no es posible establecer con exactitud en un lugar o sitio específico”. Además, el riesgo potencial de la SRS se evalúa como alto para la diversidad de ecosistemas y la salud humana, derivado de las actividades económicas (Cotler-Ávalos 2004).

Desde 2005 se alertó sobre la contaminación con metales pesados de la parte alta y media de la SRS (González-Enríquez y Castillo Acosta 2006). Esto debido a que en un estudio para evaluar el impacto ambiental, mediante la determinación de metales pesados en flora, fauna y sedimentos, se encontró que los niveles de concentración de éstos fueron elevados en todas las muestras (Villa-Ibarra 2006).

Por otra parte, no existe un diagnóstico oficial publicado antes del derrame, sobre la situación de salud de la población de la zona, que pudiera servir como referencia para la vigilancia epidemiológica ulterior, y así evaluar el impacto a largo plazo del derrame sobre la salud de los habitantes. En los comunicados de prensa sólo se alude a las personas perjudicadas durante la fase aguda, y los padecimientos reportados fueron dermatológicos, gastrointestinales y conjuntivales, con cuadros clínicos de leves a moderados, posteriores al contacto fortuito con el agua del río Sonora (SSA y Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios 2014). En marzo de 2015 se instaló la Unidad de Vigilancia Epidemiológica y Ambiental en el Río Sonora, sin embargo, no ha emitido algún diagnóstico de salud de los municipios afectados (SSA 2015 y SEMARNAT 2014).

En la literatura médica existe controversia en cuanto al impacto de la contaminación del ambiente por metales pesados y la incidencia de anomalías congénitas en recién nacidos, las evidencias hasta hoy se estiman débiles o inadecuadas. No obstante, hay consensos en torno al tema, por ejemplo la proximidad a las fuentes de contaminación del aire, agua, suelo, flora y fauna dará lugar también a una alta exposición de los niños que habitan en esas zonas: en las mineras, a metales pesados; en las agrícolas, a los pesticidas que se aplican a los cultivos y en las industriales a las sustancias químicas de los desechos fabriles (World Health Organization, WHO 2015).

También se acepta que el sistema nervioso central en desarrollo es un blanco para los metales pesados. De acuerdo con la WHO (Organización Mundial de la Salud), dichos metales y los contaminantes orgánicos persistentes interfieren con el crecimiento y el desarrollo de los niños desde la gestación, por lo que pueden presentar prematuridad, bajo peso al nacer (BPN) y retraso psicomotor durante la niñez y la adolescencia. También señala que la exposición al arsénico durante la etapa embrionaria puede producir defectos del tubo neural (DTN), y la exposición al metilmercurio durante la etapa fetal puede provocar parálisis cerebral o retraso mental con microcefalia, que se manifiesta en los primeros años de vida (WHO 2006; 2003).

Además, el Manual de procedimientos estandarizados para la vigilancia epidemiológica de los defectos del tubo neural de México establece que los metales pesados y la ocupación agrícola son factores de riesgo (SSA 2012).

De 15 a 25 por ciento de todos los defectos al nacimiento (DAN) se pueden atribuir a un fondo genético: 4 a condiciones maternas, 3 a infecciones maternas, 1.2 a las deformaciones posturales, menos de 1 a los productos químicos y otras influencias ambientales y de 55 a 65 son de etiología desconocida. Sin embargo, como el desarrollo embrionario es resultado de la interacción entre factores genéticos y la influencia del medio ambiente durante la gestación, es probable que la etiología de la mayoría de los DAN sea consecuencia de la combinación de ambos, que influyen de manera independiente y al azar en el proceso de crecimiento y desarrollo intrauterino del producto (WHO 2010).

El propósito del presente estudio es generar información sobre la situación epidemiológica de las patologías DAN, DTN y BPN en recién nacidos con vínculos presuntivos de causalidad con la contaminación ambiental en una etapa previa al derrame, a escala nacional, estatal, municipal y por localidad en Sonora. Además, analizar la correlación espacial entre el comportamiento epidemiológico de estas patologías en el ámbito municipal y por localidad con las delimitaciones de las subcuencas hidrológicas, los sitios mineros de metales y los distritos de riego sonorenses como indicadores potenciales de fuentes de contaminación.

Como justificación del estudio, este diagnóstico situacional podría considerarse como una primera aproximación a la evaluación de riesgos ambientales en Sonora, en particular los de la zona afectada de la SRS, en comparación con otras del estado y del país, según los principios del análisis epidemiológico (Colimon 1990), en un momento previo al derrame masivo de tóxicos. Sus resultados podrían emplearse como referente para la vigilancia epidemiológica y evaluar, en el futuro, el impacto del derrame en la salud de la población, así como la eficacia de las acciones emprendidas para reducir los riesgos a la población en general, y en especial la infantil (WHO 2011; 2006; 2003).

Con el sustento de la WHO, de que 40 por ciento del peso de la enfermedad infantil está relacionada con el medio ambiente, los resultados de los estudios ecológicos, como el que se propone, pueden ser indicadores indirectos del efecto de la relación entre ambiente contaminado y salud infantil; y de éstos se podrían generar otros diseños de investigación con individuos, en busca de determinar las causales (WHO 2011; 2006; 2003).

En concordancia con la propuesta integrada de evaluación de riesgos, de Ilizaliturri-Hernández et al. (2009), el estudio se ubicaría en la primera etapa denominada “evaluación del sitio” donde, con base en la información disponible sobre los escenarios humanos y ecológicos y con el empleo de análisis cartográfico y conocimiento del sitio, se determinan los tóxicos que posiblemente estén presentes, las fuentes de contaminación, las vías de exposición, la población en riesgo y los daños a la salud relacionados. Una vez superada esta etapa se realizarían las demás, para llegar a un diagnóstico integrado.

Los objetivos del trabajo actual, en relación con el estudio del comportamiento epidemiológico de los DAN, DTN y el BPN en Sonora, en un punto previo al derrame, son estimar la prevalencia estandarizada por: a) entidad, y analizar la ubicación de Sonora en relación con el resto de los estados; b) por municipios, y analizar las cifras obtenidas en los sonorenses, en relación con todos los del país y dentro de los límites de las subcuencas hidrológicas del estado y c) por localidad en Sonora, y analizar su comportamiento geoespacial en correlación con los sitios mineros de metales y los distritos de riego. En el desarrollo de cada objetivo se pondrá énfasis en la zona afectada por el derrame de la mina Buenavista del Cobre.

Material y método

Para elaborar el estudio se emplearon las bases de datos de nacimiento y muerte fetal de 2008 a 2012, publicadas en la página electrónica de la Dirección General de Información en Salud (SSA 2012). No se aplicaron restricciones en cuanto a la edad gestacional y peso al nacer.

Con base en la décima revisión de la Clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud (CIE-10) (Organización Panamericana de la Salud 1995), se seleccionaron las categorías Q00-Q99: malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas, para el análisis de los DAN; Q00: anencefalia y malformaciones congénitas similares; Q01: encefalocele y Q05: espina bífida, para los DTN; P05: retardo del crecimiento fetal y desnutrición fetal y P07: trastornos relacionados con duración

corta de la gestación y con bajo peso al nacer, no clasificados en otra parte, para el BPN.

La tasa bruta se estimó a escala nacional; las tasas estatal, municipal y por localidad se estandarizaron tomando como referencia la edad materna como variable de confusión. En el ámbito estatal se empleó el método directo, en el municipal y por localidad el indirecto, por ser el más eficiente para áreas pequeñas, debido a su capacidad estabilizadora de las tasas (Elliot et al. 2000), y se tomaron en cuenta las cifras nacionales de prevalencia por edad, por lo cual a escala municipal y por localidad se emplearon las razones de prevalencia. La información se estratificó en cinco grupos, con método de cuartiles.

La pérdida de información por ausencia de consignación del ámbito nacional al estatal es de 0.57 por ciento, al municipal de 0.78 y al de localidad de 30; pese a la dimensión de la pérdida al abordar esta escala, representa un tamaño de muestra considerable y una oportunidad de emplearla para analizar el comportamiento de los datos en ella.

La información georreferenciada de los límites nacional, estatal, localidad, ríos y distritos de riego se obtuvo del INEGI (2015a; 2015b); a los distritos de riego se les añadió un sombreado tenue de cuatro kilómetros para amplificar su visualización. Los datos georreferenciados de minas de metales se consiguieron a través del Directorio estadístico nacional de unidades económicas del INEGI (2015c), y se confrontaron con la información estatal (Secretaría de Economía del estado de Sonora 2010). Las delimitaciones naturales de subcuencas hidrológicas de Sonora se tomaron del INECC (Cotler-Ávalos 2004).

Para el análisis espacial de la información georreferenciada se empleó el mapa digital de México v.6, del INEGI (2015d). En éste, además de la asociación estadística se pone en juego la posibilidad del azar, es decir, que las imágenes sobre el territorio coincidan o no en su localización geoespacial. Por otra parte, en relación con la prevalencia, si todas las áreas (localidades, municipios y estados) tienen la misma probabilidad de ocurrencia de nacimientos con DAN, DTN o BPN, se esperaría que su frecuencia fuera similar en todo el territorio sonorenses y nacional, sin mostrar un patrón geoespacial particular.

Para cumplir con los objetivos trazados, se elaboró un listado (véase figura 3) y tres gráficas, una por cada padecimiento seleccionado (véase figuras 4, 5 y 6). Con base en la información de la figura 3, se

Figura 3

Listado de patologías al nacimiento, Sonora, México, 2008-2012

Causas	N	%	Tasa cruda*
Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal (P00-P96)			
Trastornos relacionados con la duración de la gestación y el crecimiento fetal (P05-P08)	1 786	32.25	7.70
Otros trastornos originados en el periodo perinatal (P90-P96)	1 177	21.25	5.08
Feto y recién nacido afectados por factores maternos y por complicaciones del embarazo, del trabajo de parto y del parto (P00-P04)	1 127	20.35	4.86
Trastornos respiratorios y cardiovasculares específicos del periodo perinatal (P20-P29)	950	17.15	4.10
Infecciones específicas del periodo perinatal (P35-P39)	196	3.54	0.85
Traumatismo del nacimiento (P10-P15)	127	2.29	0.55
Afecciones asociadas con la regulación tegumentaria y la temperatura del feto y del recién nacido (P80-P83)	78	1.41	0.34
Trastornos endócrinos y metabólicos transitorios específicos del feto y del recién nacido (P70-P74)	62	1.12	0.27
Trastornos hemorrágicos y hematológicos del feto y del recién nacido (P50-P61)	31	0.56	0.13
Trastornos del sistema digestivo del feto y del recién nacido (P75-P78)	4	0.07	0.02
Subtotal	5 538	100.00	23.88
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas (Q00-Q99)			
Malformaciones y deformidades congénitas del sistema osteomuscular (Q65-Q79)	327	33.30	1.41
Malformaciones congénitas del sistema nervioso (Q00-Q07)	128	13.03	0.55
Otras malformaciones congénitas (Q80-Q89)	121	12.32	0.52
Fisura del paladar y labio leporino (Q35-Q37)	93	9.47	0.40
Anomalías cromosómicas, no clasificadas en otra parte (Q90-Q99)	67	6.82	0.29
Malformaciones congénitas del ojo, del oído, de la cara y del cuello (Q10-Q18)	62	6.31	0.27
Malformaciones congénitas de los órganos genitales (Q50-Q56)	59	6.01	0.25
Otras malformaciones congénitas del sistema digestivo (Q38-Q45)	53	5.40	0.23
Malformaciones congénitas del sistema circulatorio (Q20-Q28)	37	3.77	0.16
Malformaciones congénitas del sistema respiratorio (Q30-Q34)	19	1.93	0.08
Malformaciones congénitas del sistema urinario (Q60-Q64)	16	1.63	0.07
Subtotal	982	100.00	4.23
Otras patologías	22	100.00	0.09
Total	6 542		28.21

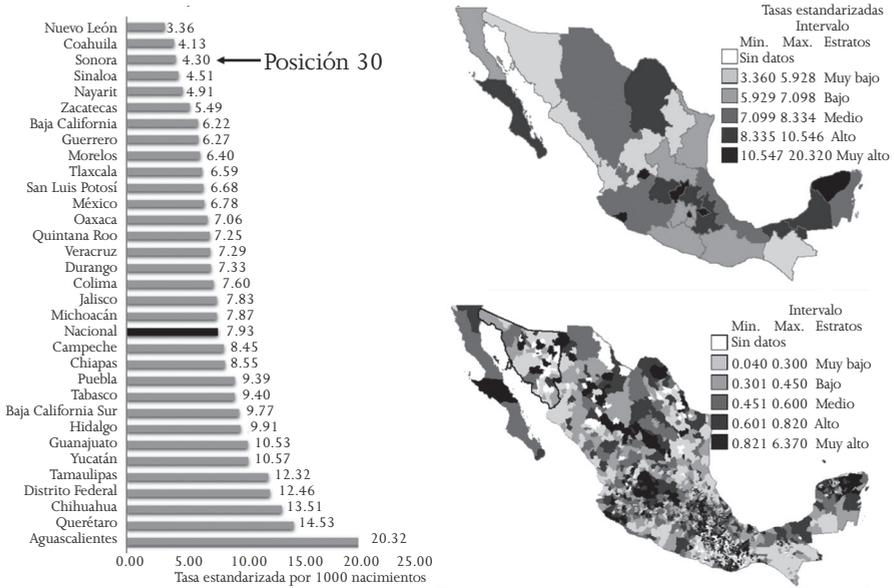
* Por 1 000 nacimientos.

Fuente: elaboración propia.

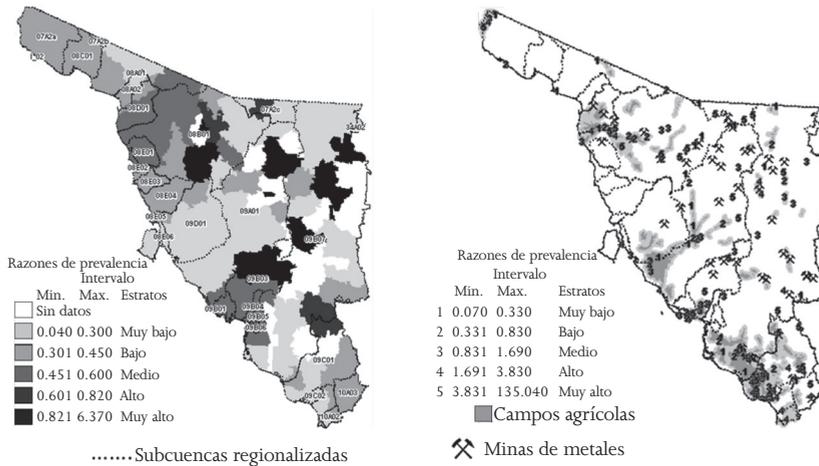
Figura 4

Defectos al nacimiento, México y Sonora, 2008-2012

a) Distribución geográfica de las tasas estandarizadas estatales y razones de prevalencia municipal de defectos al nacimiento



b) Distribución de las razones de prevalencia municipal por localidad de los defectos al nacimiento, en relación con subcuencas regionalizadas, minas de metales y campos agrícolas



Fuente: elaboración propia.

analizó la importancia de dichos padecimientos con respecto al resto de las patologías del recién nacido en Sonora.

Las figuras 4, 5 y 6 se componen de dos partes, la primera (a) es una gráfica que contiene las prevalencias estatales, para ubicar a Sonora con respecto a los demás estados, y dos mapas: uno ilustra la estratificación de las prevalencias estatales y el otro la estratificación de las razones de las prevalencias municipales, con la finalidad de comparar a Sonora y sus municipios con los del resto del país. En la segunda parte (b) se incluyen dos mapas de Sonora, en el primero se superpuso la capa de subcuencas hidrológicas regionalizadas, para subdividir las imágenes de la distribución de las razones de prevalencia municipales, para ubicar a los municipios según subcuencas hidrológicas; en el segundo, las razones de prevalencia por localidad se correlacionan con los sitios mineros de metales y campos agrícolas para ver su vecindad o asociación espacial. Como apoyo analítico, véase el anexo.

Resultados

De 2008 a 2012, en Sonora ocurrieron 231 912 nacimientos, 2.19 por ciento del total nacional: 117 881 del sexo femenino (50.83 por ciento), 113 514 del masculino (48.95) y 517 sin datos (0.22). Del total, 166 468 nacimientos (71.78) tuvieron registro de residencia habitual de la madre; 91 por ciento ocurrieron en localidades urbanas (igual o mayores de 2 500 habitantes), y 9 en rurales. De acuerdo con el INEGI (2015a), en 2010 Sonora contaba con 104 ciudades y 7 164 poblados rurales.

En 6 542 nacimientos se registró al menos una enfermedad, con una tasa bruta de 28.21 por mil (véase figura 3). De este total, 5 538 correspondieron a las afecciones originadas en el periodo perinatal (84.65 por ciento), y 982 al de malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas o DAN (15.01), con una tasa bruta de 23.88 y 4.23 por mil nacimientos respectivamente.

Entre las afecciones originadas en el periodo perinatal destaca el subgrupo de los trastornos relacionados con la duración de la gestación y el crecimiento fetal, con 32.25 por ciento, y ocupó el primer sitio, con una tasa bruta de 7.70 por mil nacimientos. Cabe señalar

que las dos subcategorías de la CIE-10, seleccionadas para este trabajo, comprenden 92.22 por ciento de este subgrupo, con 1 647 casos, la mayoría aporta a la subcategoría P07 –trastornos relacionados con duración corta de la gestación– y con BPN, no clasificados en otra parte, con 1 488 nacimientos (83.31 por ciento).

La tasa bruta de los nacimientos con BPN (P05 y P07) fue de 7.10 por cada mil. De los 1 559 casos con datos de localidad (94.7 por ciento), 91.08 aconteció en poblados urbanos, mientras que de los 857 con DAN (87.3), con registro de residencia habitual de la madre, 88 por ciento ocurrió en localidades urbanas.

Respecto al subgrupo de malformaciones congénitas del sistema nervioso, que incorpora a los DAN, ocupan el sitio dos de mayor frecuencia, con 128 casos (13.03 por ciento) y tasa de 0.55 por mil nacimientos (véase figura 3).

En Sonora se registraron 84 DAN en el periodo estudiado, 8.55 por ciento del total de los DAN en la entidad y 65.62 del subgrupo específico, con una tasa bruta de 0.36 por cada mil nacimientos. Del total de DAN, se reportaron 64 casos de anencefalia (76.19 por ciento), 16 de espina bífida (19.05) y 4 de encefalocele (4.76). De 69 con DAN (82.1 por ciento) con datos de localidad, 85.51 ocurrió en zonas urbanas. Los problemas de DAN, DTN y BPN se concentran en las ciudades.

Defectos al nacimiento

Sonora ocupa el sitio 30 en el orden de mayor a menor tasa estandarizada de prevalencia de los DAN, por debajo de la nacional; se sitúa en el estrato muy bajo de ocurrencia (véase figura 4a). La variación leve entre la tasa bruta y la estandarizada se debe al efecto de la estandarización por grupos de edad de la madre, efecto presente en las demás patologías en estudio. Al considerar el total de municipios del país (véase figura 4b), a pesar de que Sonora se ubica en el estrato de tasa baja de prevalencia estandarizada, 13 de los 72 del estado (18.1 por ciento), localizados en la parte central y sur están en los estratos de muy alta y alta razón de prevalencia de los DAN.

Los municipios de Sonora ubicados en los estratos muy alto y alto, de acuerdo con sus razones de prevalencia de los DAN, están en las

subcuencas de los arroyos Los Anegados, Cerro Prieto y Bacerán y en las de los ríos Asunción, Mátape, Sonora y Yaqui; en las dos últimas, los que tienen una alta y muy alta razón de prevalencia se encuentran dispersos a lo largo de sus límites, y es en donde existe mayor número de municipios con reporte de cero casos (véase figura 4b).

De los municipios afectados por el derrame, Arizpe y San Felipe de Jesús están en los estratos de alta y muy alta razón de prevalencia de los DAN; Baviácora y Ures en el medio y bajo, en ese orden, y hay tres sin reporte de DAN en el periodo de estudio y Cananea está en el estrato medio, y reportó diez casos.

Casi todas las localidades que registraron casos (véase figura 4b), pero principalmente las ubicadas en los estratos de muy alta y alta frecuencia de DAN en relación con la tasa nacional, se ubican en proximidad a minas de metales y dentro de las áreas de los distritos agrícolas de riego. Esta observación es más evidente en la subcuenca hidrológica del río Asunción, cuya principal actividad minera es la extracción de oro, en función de las minas georreferenciadas de la figura 2. En los campos agrícolas no hubo distinción por subcuenca. Las localidades con mayores razones de prevalencia son rurales, mientras que las urbanas registran bajas cifras en el estimador, observación que se puede generalizar para todos los padecimientos del estudio.

Defectos del tubo neural

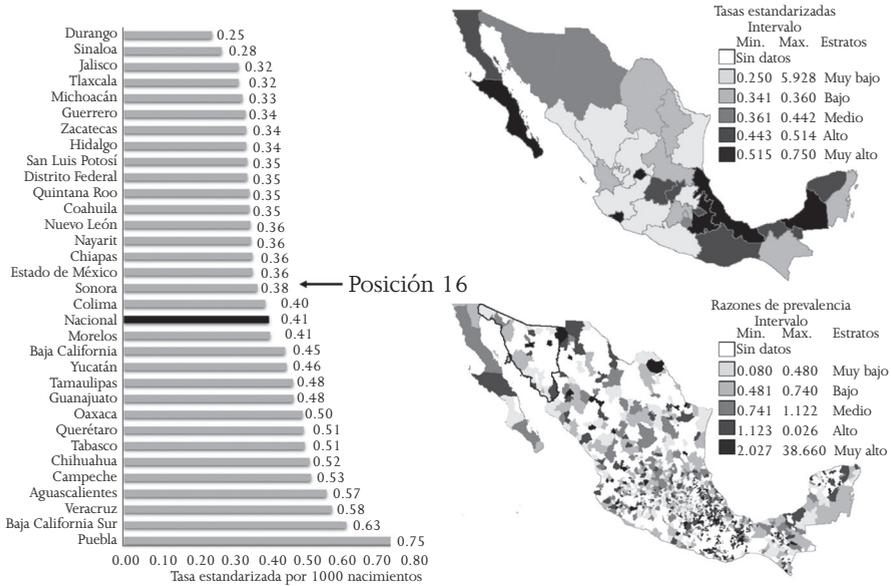
Sonora ocupa el sitio 16 en el orden de mayor a menor prevalencia estandarizada de DTN, por debajo de la tasa nacional (véase figura 5a), pero muy próximo a ella, y lo coloca en el estrato medio de ocurrencia (mapa) cuando se consideran todos los estados. Seis de los 72 municipios (8.3 por ciento) se ubican en los estratos de muy alta y alta razón de prevalencia de DTN, están en la parte central superior de la entidad; los que se sitúan en los estratos alto y muy alto se hallan dispersos en las subcuencas del río Sonoyta, la bahía San Jorge, los ríos Asunción (parte alta), Sonora (parte central), Yaqui (parte alta y baja), Mayo (parte alta sur) y Fuerte.

Ninguno de los siete municipios afectados por el derrame reportaron casos de DTN durante el periodo de estudio. Los dos ubicados en la SRS y en los estratos muy alto y alto pertenecen al cauce del río San Miguel, afluente del Sonora (véase figuras 2b y 2c) y están alejados

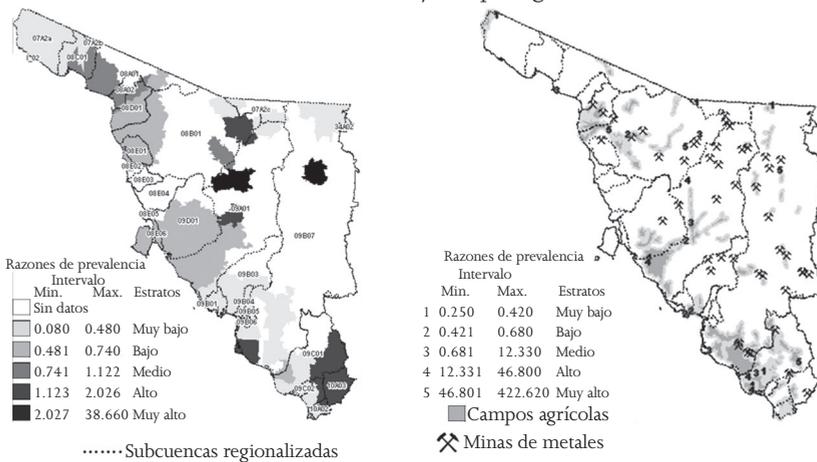
Figura 5

Defectos del tubo neural, México y Sonora, 2008-2012

a) Distribución geográfica de las tasas estandarizadas estatales y razones de prevalencia municipal de defectos del tubo neural



b) Distribución de las razones de prevalencia municipal por localidad de los defectos del tubo neural, en relación con subcuencas regionalizadas, minas de metales y campos agrícolas

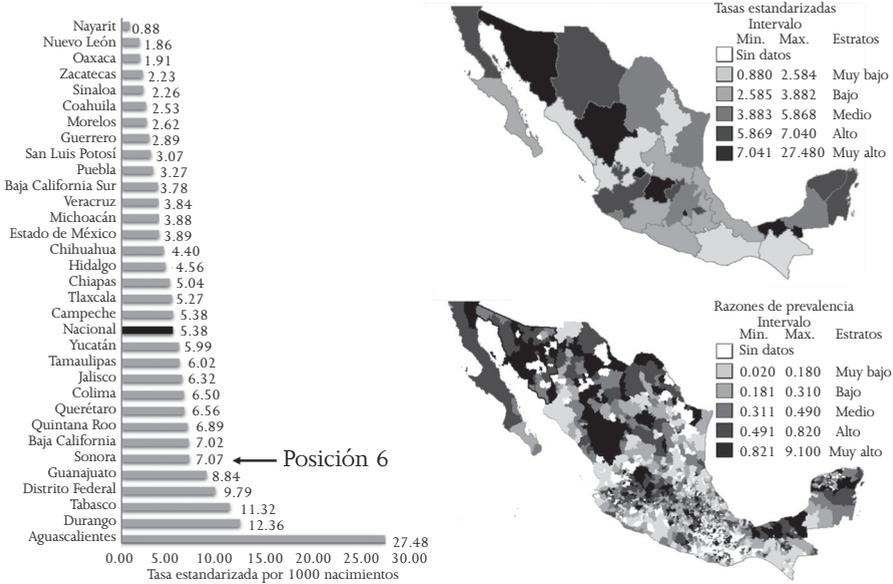


Fuente: elaboración propia.

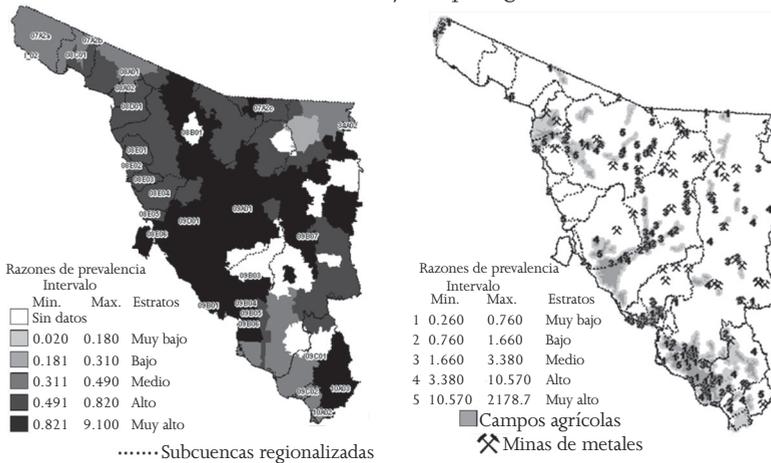
Figura 6

Bajo peso al nacer, México y Sonora, 2008-2012

a) Distribución geográfica de las tasas estandarizadas estatales y razones de prevalencia municipal de nacimientos con bajo peso



b) Distribución de las razones de prevalencia municipal y por localidad de nacimientos con bajo peso, en relación con subcuencas regionalizadas, minas de metales y campos agrícolas



Fuente: elaboración propia.

del derrame masivo de tóxicos; Cananea se ubica en el estrato medio. En el ámbito de la localidad, se observó el mismo comportamiento descrito en relación con los distritos de riego y las minas de metales (véase figura 5b).

Bajo peso al nacer

Sonora ocupa el sexto lugar en el orden de mayor a menor prevalencia estandarizada del BPN, y supera la tasa nacional (véase figura 6a); esto sitúa al estado en el estrato muy alto de ocurrencia. De los 72 municipios, 43 (59.7 por ciento) están colocados en los estratos de muy alta y alta frecuencia del BPN, localizados principalmente en la parte central del estado; se extienden de norte a sur siguiendo la costa, y abarcan casi todo el territorio.

Los municipios con razones de prevalencia muy altas se ubican en las subcuencas hidrológicas regionalizadas de los ríos Asunción, Sonora y Mátape, y en las de los arroyos Los Anegados, Cerro Prieto, El Carrizo y Bacerán, mientras que los del estrato de alta frecuencia están en las subcuencas regionalizadas de los ríos Asunción y Sonora y otras en la zona costera hacia el norte, en el río Sonoyta, la bahía San Jorge y los arroyos El Tapón, Victoria, Los Huérfanos, El Julio, El Dátil, San Ignacio, La Corva y La Nopalera.

Hay algunos municipios pertenecientes a esos estratos en la parte alta de la subcuenca hidrológica del río Yaqui y la baja del Mayo y Fuerte, en el extremo sur del estado; en estas zonas se concentra la mayor parte de los municipios donde no hubo niños con BPN. Todos los municipios afectados por el derrame se ubican en el estrato muy alto, excepto Cananea en el medio, y Baviácora donde no hubo casos. En el ámbito de localidad, el comportamiento fue el mismo que para los DAN y los DTN referidos en lo relativo a los campos agrícolas y las minas de metales (véase figura 6b).

Conclusiones

El estudio no establece una relación causal entre la contaminación ambiental y los DAN, los DTN o el BPN en Sonora, ni en la subcuenca

del río Sonora, en vista de que carece de mediciones del riesgo ambiental, es decir, concentraciones de contaminantes en las delimitaciones espaciales empleadas y en los nacimientos, que posibilitaran el cruce de información. Se reconoce que estas patologías no sólo son producto de la interacción con el medio, sino que se involucran factores genéticos, estilos de vida, biológicos, nutricionales, socioeconómicos y culturales, entre otros, incluido el azar que puede jugar un papel importante. No obstante, la contribución de las exposiciones a riesgos ambientales es fundamental en la causalidad de éstas, y la prevalencia de una región dependerá en gran medida de las condiciones y calidad de vida de la población, la magnitud de los riesgos naturales, la extensión y la gravedad de la contaminación, las vías y tiempo de exposición, así como el número y concentración de contaminantes.

En este trabajo se tomaron en cuenta los lineamientos de la World Health Organization, las evidencias reportadas en la literatura médica y la contaminación ambiental en Sonora por fuentes diversas, para justificar la exploración de la probable asociación directa entre contaminación y salud; se identificaron los patrones de comportamiento epidemiológico de los DAN, los DTN y el BPN previos al derrame masivo de lixiviados de la mina Buenavista del Cobre, en correlación con otras regiones del estado, para tener una evaluación diagnóstica situacional anterior a este evento tóxico-ambiental masivo. La justificación se comprueba con el acierto al elegir las patologías seleccionadas y los resultados obtenidos, en relación con los DTN y el BPN, que acentúan la influencia probable del ambiente contaminado en su ocurrencia.

Llama la atención que en Sonora, en los DTN predominan las anencefalías, cuya asociación causal con la contaminación ambiental es fuerte (Castilla et al. 2000; Barrios et al. 1995); y en el BPN, los de la categoría P07 (trastornos relacionados con duración corta de la gestación y con bajo peso al nacer, no clasificados en otra parte), con sólida evidencia de su relación con el medio ambiente (Boekelheide et al. 2012; WHO 2009). Este comportamiento de la casuística incentiva más la preocupación sobre la posibilidad de su asociación con factores ambientales locales, y la necesidad de investigar sobre esta vinculación en los casos futuros de la entidad.

La parte alta y media de la subcuenca del río Sonora ha cobrado mayor relevancia en la actualidad por contaminación de metales, a

partir del derrame masivo de tóxicos de la mina Buenavista del Cobre, sin embargo, el problema ambiental en esa área hidrológica se remonta por lo menos a 2005, cuando se dio la alarma de su presencia en el sedimento, flora y fauna del río, por lo que se espera un agravamiento de él. Pese a la estridencia del derrame, sin minimizar su dimensión e importancia, podría desviar la atención de lo que sucede en otras regiones de Sonora donde, tal vez la exposición crónica a contaminantes ya sea habitual, pero que todavía no es noticia.

Por ejemplo, respecto al probable efecto de la contaminación de la parte alta y media de la SRS en la salud de la población, los datos municipales presentados en relación con los DAN, los DTN y el BPN no demuestran que sea la región más afectada o la única, contrario a lo que se podría esperar tomando en cuenta los antecedentes expuestos. También otras subcuencas resultan perjudicadas con mayor frecuencia de la esperada, como las de los ríos Asunción y Yaqui, o las pequeñas de la parte central y costera del estado, como las del río Mátape y las de los arroyos Los Anegados, Cerro Prieto y Bacerán, en regiones donde las actividades mineras y agrícolas también son preeminentes y donde Cotler-Ávalos (2004) reporta que la biodiversidad y la salud humana corren un riesgo potencial alto y muy alto, derivado de las actividades económicas.

Una explicación posible del comportamiento epidemiológico inesperado en algunos municipios de la SRS, donde no se reportaron casos de los DAN y los DTN es la subnotificación de estas patologías, evidenciada porque en tres municipios afectados por el derrame no hubo registros de DAN (Banámichi, Huépac y Aconchi), donde se esperaba la presencia de al menos un caso con la estandarización indirecta de la tasa, y con la referencia de la prevalencia nacional en función a los nacimientos registrados.

En cuanto al BPN, llama la atención que Sonora se ubique en los primeros seis lugares de mayor prevalencia en el país, puesto que es uno de los estados con niveles de bienestar satisfactorios, y que los municipios con valores altos y muy altos de razón de prevalencia se concentren en la parte central, en la SRS y en los de otras subcuencas hidrológicas vecinas, principalmente de los ríos Asunción y Yaqui, donde también se agrupan las actividades económicas relacionadas con la minería, la agricultura y la industria.

Si se toma en cuenta lo publicado sobre la relación entre contaminación ambiental con metales pesados y las alteraciones del crecimiento y desarrollo posnatales, como efecto a largo plazo, el estudio de la prevalencia de alteraciones del proceso posterior al nacimiento, y de la niñez a la adolescencia debe ser prioritario para evaluar dicha relación.

La confluencia de información georreferenciada de localidades urbanas y rurales con casos de DAN, DTN y BPN; de minas de metales, de campos agrícolas y ríos de Sonora lleva a pensar que es imperativa la investigación orientada a conocer las causas subyacentes de estas patologías; entre las hipótesis por descartar está la posible asociación entre la contaminación ambiental por las actividades agrícolas productivas, de la industria extractiva y de la transformación.

Los resultados demostraron que la vigilancia epidemiológica ambiental y de daños a la salud humana, derivada presuntamente de la contaminación del ambiente, debe extenderse a todo Sonora, e incluir a los DAN, los DTN, el BPN y a otras patologías posnatales como alteraciones del crecimiento y desarrollo, cáncer e insuficiencia renal, entre otras.

Bibliografía

- Barrios, L. Ch., J. E. Tahán, L. Marcano, V. A. Granadillo, H. S. Cubillán, J. M. Sánchez, M. Rodríguez, F. Gil de Salazar, O. Salgado y R. Romero. 1995. Factores socio-sanitarios de la anencefalia en la costa oriental del lago de Maracaibo (Venezuela) y contaminación metálica. *CIENCIA* 3 (1): 49-58.
- Boekelheide, K., B. Blumberg, E. Robert, R. E. Chapin, I. Cote, J. H. Graziano, L. Lane, K. Lillycrop, L. Myatt, Ch. States, K. Thayer, M. Waalkes y J. Rogers. 2012. Predicting later-life outcomes of early-life exposures. *Environmental Health Perspectives* 120 (10): 1 353-1 361.
- Castellanos-Villegas, A. E., L. C. Bravo, G. W. Koch, J. Llano, D. López, R. Méndez, J. C. Rodríguez, R. Romo, T. D. Sisky y G. Yanes-Arwayo. 2010. Impactos ecológicos por el uso del terreno en el funcionamiento de ecosistemas áridos y semiáridos. En *Diversidad biológica de*

- Sonora, editado por F. E. Molina-Freaner y T. R. Van Devender, 157-186. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castilla, E. E., H. Campaña, J. S. López-Camelo y ECLAMC ECOTERAT Group. 2000. Economic activity and congenital anomalies: an ecological study in Argentina. *Environmental Health Perspectives* 108 (3): 193-197.
- Colimon, Kahl-Martin. 1990. *Fundamentos de epidemiología*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. <http://site.ebrary.com/id/10246665?ppg=1> (25 de septiembre de 2015).
- CONAGUA. 2012. Atlas digital del agua México. Sistema Nacional de Información del Agua. <http://www.conagua.gob.mx/atlas/usuarios-delagua32.html> (30 de marzo de 2015).
- CONAGUA. 2011. Infraestructura hidroagrícola. Región noroeste. <http://www.conagua.gob.mx/ocno/Contenido.aspx?id=9b617a35-da34-4ba9-bd8a-7429665b80c7|Programas|6|0|0|0|0> (30 de marzo de 2015).
- CONAPO. 2010. Índices de marginación por entidad federativa y municipio. http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio (30 de marzo de 2015).
- Cotler-Ávalos, Helena (coordinadora). 2004. *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología, Fundación Gonzalo Río Arronte IAT. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=639 (30 de marzo de 2015).
- Elliot, P., J. Wakefield, N. Best y D. Briggs. 2000. *Spatial epidemiology: methods and applications*. Nueva York: Oxford University Press.
- González-Enríquez, R. y L. G. Castillo-Acosta. 2006. Los recursos hídricos de Sonora: un análisis de su calidad y contaminación, en un contexto de planeación estratégica para su desarrollo sustentable. Instituto Tecnológico de Sonora. V Congreso internacional y XI

Nacional de ciencias ambientales, Morelos. http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/GD/EO/GDO-31.pdf (30 de marzo de 2015).

Ilizaliturri-Hernández, C., D. González-Mille, Azenet Pelallo-Martínez, G. Domínguez, J. Mejía-Saavedra, A. Torres-Dosal, I. Pérez-Maldonado, L. Batres, F. Díaz-Barriga y G. Espinosa-Reyes. 2009. Revisión de las metodologías sobre evaluación de riesgos en salud para el estudio de comunidades vulnerables en América Latina. *In-terciencia* 34 (19): 710-717.

INEGI. 2015a. Proyecto básico de información cartográfica, 2010. Mapa digital de México. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/> (30 de marzo de 2015).

INEGI. 2015b. Topografía 1 250 000 serie III. Mapa digital de México. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/> (30 de marzo de 2015).

INEGI. 2015c. Directorio estadístico nacional de unidades económicas. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx> (30 de marzo de 2015).

INEGI. 2015d. Mapa digital de México v.6. Mapa digital de México. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/> (30 de marzo de 2015).

INEGI. 2007. Censos agropecuarios 2007: Censo agrícola, ganadero y forestal. Tabulados-descarga. Sonora, tabulado 15. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est> (30 de marzo de 2015).

Lara, B., L. Velásquez y L. Rodríguez. 2007. Especialización económica en Sonora. Características y retos al inicio del nuevo milenio. *región y sociedad* 19. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-39252007000400003&script=sci_arttext (30 de marzo de 2015).

Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. 1995. Clasificación estadística internacional de enfermeda-

- des y problemas relacionados con la salud, volumen 1. Publicación científica 554: 71-74.
- Secretaría de Economía del estado de Sonora. 2010. La minería en la economía de Sonora. <http://www.1economiasonora.gob.mx/mineria-en-la-economia> (30 de marzo de 2015).
- SEMARNAT. 2014. Fideicomiso Río Sonora. Documentos y presentaciones. <http://www.semarnat.gob.mx/fideicomisoriosonora> (30 de marzo de 2015).
- SEMARNAT y SSA. 2014. Derrame de sulfato de cobre en el río Bacanuchi. Conferencia de prensa, agosto. http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/presentacion_conferencia_derrame.pdf (30 de marzo de 2015).
- SEMARNAT, CONAGUA y Organismo de Cuenca Noroeste. 2015. Informe para la comisión especial para dar seguimiento a la problemática generada por el derrame de diversas sustancias contaminantes en el río Sonora, agosto. <http://www.vernon.mx/docs/DerrameRio-Son/Informe.pdf> (30 de marzo de 2015).
- SSA. 2015. Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios. La SSA anuncia la instalación de la Unidad de Vigilancia Epidemiológica y Ambiental en el Río Sonora. Comunicado de prensa 17/15. 5 de marzo. www.cofepris.gob.mx/Documents/NotasPrincipales/05032015.pdf (30 de marzo de 2015).
- SSA. 2014. Tras el fin de la emergencia, la Secretaría de Salud refuerza atención médica con caravana móvil en río Sonora. Comunicado de prensa 527. 5 de noviembre. http://www.salud.gob.mx/ssa_app/noticias/datos/2014-11-05_7248.html (30 de marzo de 2015).
- SSA. 2012. Dirección General de Epidemiología. Manual de procedimientos estandarizados para la vigilancia epidemiológica de los defectos del tubo neural. México: 16-17. http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/doctos/infoepid/vig_epid_manuales/09_2012_Manual_DefTuboNeural_vFinal27sep12.pdf (30 de marzo de 2015).

- SSA y Comisión Federal para la Protección de Riesgos Sanitarios. 2014. Avances en materia sanitaria en el caso Sonora. www.cofepris.gob.mx/SP/Documents/contingenciasonora/sonora.pptx (30 de marzo de 2015).
- Villa-Ibarra, M., R. González-Enríquez y G. Córdova-Bojórquez G. 2006. Metales pesados en flora, fauna y sedimentos de la cuenca del río Sonora: una evaluación del impacto ambiental de las actividades mineras. Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. V Congreso internacional y XI Nacional de ciencias ambientales, Morelos. http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CA/EO/CAO-48.pdf (30 de marzo de 2015).
- WHO. 2015. Fact sheets. Congenital anomalies, 16 April 2015. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs370/en/> (30 de marzo de 2015).
- WHO. 2011. Summary of principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals. http://www.who.int/ceh/publications/health_risks_exposure_chemicals/en/ (30 de marzo de 2015).
- WHO. 2010. Children's environmental: health units. <http://www.who.int/ceh/publications/units/en/> (30 de marzo de 2015).
- WHO. 2009. Environment and health risks: a review of the influence and effects of social inequalities. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/78069/E93670.pdf (30 de marzo de 2015).
- WHO. 2006. Environmental health criteria 237. Principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc237.pdf> (30 de marzo de 2015).
- WHO. 2003. Making a difference: indicators to improve children's environmental health. <http://www.who.int/phe/children/childrenindicators/en/> (30 de marzo de 2015).

Anexo

Razones de prevalencia municipal de defectos al nacimiento, defectos del tubo neural y bajo peso al nacer, Sonora, México, 2008-2012

Municipios	Nacimientos		DTN ^c N;RP	BPN N;RP	Municipios	Nacimientos	DAN N;RP	DTN N;RP	Bajo peso N;RP
	DAN, ^a N;RP ^b	Nacimientos							
1.Aconchi	252	0	0	4;1.67	37.Mazatán	73	1;0.91	0	0
2.Agua Prieta	7 433	20;0.19	2;0.18	28;0.39	38.Moctezuma	358	1;0.2	0	4;1.17
3.Alamos	2 281	11;0.34	2;1.23	18;0.83	39.Naco	348	1;0.2	0	2;0.61
4.Altar	992	8;0.59	0	12;1.3	40.Nácori Chico	170	0;	0	2;1.22
5.Arivechi	0	-----	-----	-----	41.Nacozari de García	1049	4;0.27	0	7;0.69
6.Arizpe	168	2;0.83	0	1;0.62	42.Navojao	13 871	60;0.3	4;0.4	61;0.46
7.Atil	53	1;1.37	0	0	43.Nogales	22 580	85;0.26	5;0.31	110;0.51
8.Bacadéhuachi	101	2;1.46	0	2;2.18	44.Ónavas	0	-----	-----	-----
9.Bacanora	43	0	0	1;2.58	45.Opodepe	184	1;0.44	1;8.79	2;1.3
10.Bacerac	0	-----	-----	-----	46.Oquitoa	0	-----	-----	-----
11.Bacoachi	0	-----	-----	-----	47.Pitiquito	626	3;0.34	0	4;0.68
12.Bácum	1 339	0	0	8;0.63	48.Puerto Peñasco	6 160	31;0.34	5;1.11	35;0.58
13.Banamichi	105	0	0	1;0.99	49.Quiriego	0	-----	-----	-----
14.Baviácora	212	1;0.34	0	1;0.51	50.Rayón	85	0	0	2;2.42
15.Bavispe	75	1;0.95	0	1;1.44	51.Rosario	323	3;0.67	0	2;0.66
16.Benjamín Hill	417	1;0.17	0	7;1.8	52.Sahuaripa	407	1;0.17	0	3;0.76
17.Caborca	9 180	61;0.46	4;0.61	54;0.61	53.San Felipe de Jesús	23	2;6.37	0	1;4.86
18.Cajeme	30 180	68;0.16	7;0.33	99;0.35	54.San Javier	25	0	0	1;3.92
19.Cananea	2 998	10;0.23	1;0.47	21;0.73	55.San Luis Río Colorado	14 818	76;0.36	5;0.47	45;0.32
20.Carbó	435	1;0.17	0	10;2.48	56.San Miguel de Horcasitas	909	3;0.24	1;1.59	19;2.25

21.La Colorada	72	1;1.02	0	0	0	57.San Pedro de la Cueva	66	1;1.14	0	2;3.39
22.Cucurpe	44	0	0	2;4.85	1 217	58.Santa Ana	1 217	9;0.51	1;1.12	7;0.59
23.Cumpas	350	2;0.27	0	3;0.88	119	59.Santa Cruz	119	1;0.64	0	2;1.87
24.Divisaderos	0	-----	-----	-----	192	60.Sáric	192	1;0.37	0	1;0.55
25.Empalme	4 309	30;0.49	1;0.33	43;1.05	0	61.Soyopa	0	-----	-----	-----
26.Etchojoa	5 010	23;0.32	2;0.56	22;0.46	0	62.Suaqui Grande	0	-----	-----	-----
27.Fronteras	517	2;0.27	0	1;0.2	57	63.Tepache	57	0	0	1;1.8
28.Granados	0	-----	-----	-----	125	64.Trincheras	125	2;1.18	0	2;1.74
29.Guaymas	11 597	89;0.54	4;0.48	106;0.96	101	65.Tubutama	101	1;0.73	0	2;2.16
30.Hermosillo	73 341	314;0.3	34;0.64	813;1.15	513	66.Ures	513	2;0.26	0	10;1.99
31.Huachinera	0	-----	-----	-----	106	67.Villa Hidalgo	106	2;1.26	1;12.6	1;0.94
32.Huásabas	52	1;1.37	0	0	0	68.Villa Pesqueira	0	-----	-----	-----
33.Huatabampo	6453	21;0.22	2;0.43	21;0.33	435	69.Yécora	435	2;0.33	0	2;0.5
34.Huépac	42	0	0	1;2.49	1 324	70. General Plutarco Elías Calles	1 324	3;0.16	0	4;0.32
35.Ímuris	1 024	2;0.14	1;1.38	6;0.62	1 452	71.Benito Juárez	1 452	4;0.2	0	6;0.45
36.Magdalen	2 901	3;0.07	0	16;0.56	925	72.San Ignacio Río Muerto	925	3;0.23	1;1.55	4;0.46

^aDAN= defectos al nacimiento ^bN;RP= número; razón de prevalencia ^cDTN= defectos del tubo neural
Fuente: elaboración propia.