

Calidad del aire: contaminación industrial como factor de riesgo de enfermedades respiratorias agudas en niños

Qualidade do ar: contaminação industrial como fator de risco de doenças respiratórias agudas em crianças

Air Quality: Industrial Pollution as a Risk Factor for Acute Respiratory Diseases in Children

Emiliana E. Orcellet, Daiana M. Caire, Martina Villanova, Francisco Savoy, Jorge O. Noir, Hagedorn Solange

Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Entre Ríos, Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.

Cita: Orcellet EE, Caire DM, Villanova M, Savoy F, Noir JO, Solange H. Calidad del aire: contaminación industrial como factor de riesgo de enfermedades respiratorias agudas en niños. Rev. Salud ambient. 2021; 21(2):108-116.

Recibido: 30 de junio de 2020. **Aceptado:** 16 de junio de 2021. **Publicado:** 15 de diciembre de 2021.

Autor para correspondencia: Emiliana E. Orcellet.

Correo e: orcelletemiliana@gmail.com

Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Entre Ríos, Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.

Financiación: Este grupo no ha contado con ningún tipo de financiación para el desarrollo de su trabajo.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y a la redacción del artículo. Asimismo todos los autores aprobaron su versión final.

Resumen

Unas 3 millones de muertes al año están relacionadas con la exposición a la contaminación de aire exterior. Casi el 90 % de las muertes relacionadas con la contaminación del aire se producen en países de medianos y bajos ingresos. Uno de los grupos más vulnerables son los niños. En este sentido este trabajo evalúa la calidad del aire ambiental en referencia a ciertos contaminantes, que pueden ser originados por las actividades industriales radicadas en la ciudad de Concepción del Uruguay, Argentina; en relación con la distribución espacial de enfermedades respiratorias agudas en niños de 0 a 14 años. Para ello se consideran dos sectores de la ciudad, una zona de riesgo y una zona de control, en las cuales se realizan mediciones ambientales de sulfuro de hidrógeno, material particulado y dióxido de azufre. Por otro lado, se digitalizaron registros de guardia del hospital zonal, para obtener datos epidemiológicos secundarios y se georreferenciaron los mismos a través del uso de sistemas de información geográfica, evaluando la ocurrencia de los casos y la tendencia de los mismos para cada zona de interés. Los resultados del análisis de calidad de aire, muestran mayor concentración de dióxido de azufre en la zona de riesgo que en la zona de control, sin embargo en ambas zonas se supera el máximo establecido para este contaminante, en tanto que el sulfuro de hidrogeno y el material particulado, se encuentran dentro de los valores permitidos en ambas zonas. Asimismo, en la zona de riesgo se destaca mayor densidad de casos y mayor incidencia de enfermedades respiratorias agudas en el grupo etario considerado.

Palabras clave: contaminación atmosférica; enfermedades respiratorias; salud infantil; distribución espacial; sistemas de información geográfica.

Resumo

Cerca de 3 milhões de mortes por ano estão relacionadas com a exposição à poluição do ar exterior. Quase 90% das mortes relacionadas com a poluição do ar ocorrem em países de baixa e média renda. Um dos grupos mais vulneráveis são as crianças. Nesse sentido, este trabalho avalia a qualidade do ar ambiente em relação a determinados poluentes, que podem ser originados pelas atividades industriais localizadas na cidade de Concepción del Uruguay, Argentina; em relação à distribuição espacial das doenças respiratórias agudas em crianças de 0 a 14 anos. Para isso, são considerados dois setores da cidade, uma zona de risco e

uma zona de controlo, onde são realizadas medições ambientais de sulfeto de hidrogénio, matéria particulada e dióxido de enxofre. Os prontuários do hospital da região foram digitalizados para obtenção de dados epidemiológicos secundários e georreferenciados por meio de sistemas de informação geográfica, avaliando a ocorrência dos casos e sua tendência para cada área de interesse. Os resultados da análise da qualidade do ar mostram maior concentração de dióxido de enxofre na área de risco do que na área de controlo, porém em ambas as áreas o máximo estabelecido para este poluente é ultrapassado, enquanto o sulfeto de hidrogénio e a matéria particulada estão dentro dos valores permitidos, em ambas as áreas. Da mesma forma, na área de risco, há maior densidade de casos e maior incidência de doenças respiratórias agudas na faixa etária considerada.

Palavras-chave: Contaminação atmosférica; doenças respiratórias; saúde infantil; distribuição espacial; sistemas de informação geográfica.

Abstract

Approximately 3 million deaths that happen every year are related to exposure to outdoor air pollution. Nearly 90 percent of air pollution-related deaths occur in low- and middle-income countries. Children are one of the most vulnerable groups. In this regard, this paper assesses the quality of ambient air in connection with certain pollutants that can be released as a result of the industrial activities that take place in the city of Concepción del Uruguay, Argentina, in relation to the spatial distribution of acute respiratory diseases in children aged 0 to 14. Two sectors of the city were considered to this end: a risk zone and a control zone. Environmental measurements of hydrogen sulfide, particulate matter and sulfur dioxide were taken in both zones. On the other hand, the on-call records of the area hospital were digitalized to obtain secondary epidemiological data, which were then georeferenced using geographic information systems. The occurrence of cases and the trend in each area of interest were then assessed. The results of the air quality analysis show there is a higher concentration of sulfur dioxide in the risk zone than in the control zone; however, the maximum limit for this pollutant is exceeded in both zones. Conversely, hydrogen sulfide and particulate matter are within limits in both zones. Likewise, in the risk zone there is a higher density of cases and a higher incidence of acute respiratory diseases in the age group under study.

Keywords: air pollution; respiratory diseases; children's health; spatial distribution; geographic information systems.

INTRODUCCIÓN

Unas 3 millones de muertes al año están relacionadas con la exposición a la contaminación de aire exterior. Casi el 90 % de las muertes relacionadas con la contaminación del aire se producen en países de medianos y bajos ingresos. Uno de los grupos más vulnerables son los niños¹.

Hoy en día, muchas ciudades latinoamericanas enfrentan el desequilibrio entre la productividad económica y la sostenibilidad ambiental, al tiempo que tienen que abordar las amenazas globales y locales a los ecosistemas y la salud de las personas². Existen grupos poblacionales expuestos a fuentes fijas de contaminantes atmosféricos que carecen de zonas de protección sanitaria; industrias que cuentan con chimeneas de baja altura y, en muchas ocasiones, no disponen de medidas de control para la disminución de la contaminación a la atmósfera, lo que aumenta la acción contaminante de sus emanaciones³.

Concepción del Uruguay, es una ciudad con una población de 90 000 habitantes⁴, ubicada al este de la provincia de Entre Ríos, Argentina, caracterizada por la presencia industrias procesadoras de subproductos cárnicos, radicadas dentro del ejido urbano. No existen

antecedentes locales ni regionales directamente relacionados a la problemática, sin embargo, un estudio epidemiológico, sobre asma infantil en la ciudad Concepción del Uruguay, identificó factores inespecíficos de riesgo, entre los cuales se destaca la distancia a la fuente puntual radicada al sur de la localidad⁵.

En una planta de procesamiento, los residuos orgánicos de mataderos de aves de corral, que consisten en despojos, aves de corral muertas, productos avícolas y otros, se pueden convertir en productos valiosos, como alimentos para animales y fertilizantes. Sin embargo, una de las principales características de este tipo de industrias es la emisión de compuestos que causan olores desagradables, ocasionando molestias para los residentes cercanos. Entre estos compuestos se destaca principalmente el sulfuro de hidrogeno (H_2S)^{6,7}. Asimismo, las emisiones de material particulado (PM) y dióxido de azufre (SO_2) son características de este tipo de industrias^{7,8}.

En el caso del H_2S , no existe un valor guía definido a nivel mundial, sin embargo, esta sustancia se caracteriza por ser irritante para las mucosas y por poseer un olor muy desagradable para el sistema olfativo humano a muy bajas concentraciones⁹. Las pruebas relativas al PM suspendido en el aire y sus efectos en la salud pública

coinciden en poner de manifiesto efectos adversos para la salud con las exposiciones que experimentan actualmente las poblaciones urbanas, tanto en los países desarrollados como en desarrollo. El abanico de los efectos en la salud es amplio, pero se producen en particular en los sistemas respiratorio y cardiovascular. Se ve afectada toda la población, pero la susceptibilidad a la contaminación puede variar con la salud o la edad. Se ha demostrado que el riesgo de diversos efectos aumenta con la exposición, y hay pocas pruebas que indiquen un umbral por debajo del cual no quepa prever efectos adversos en la salud¹⁰. En el caso del SO_2 , se ha demostrado que las exposiciones de corta duración (<10 minutos) producen efectos adversos en personas asmáticas, como cambios en la función pulmonar¹⁰. En este sentido los contaminantes considerados en el presente trabajo son: H_2S , PM y SO_2 .

Por otro lado, en los últimos años, el análisis espacial ha sido destacado en estudios referidos a las áreas de epidemiología y al análisis ambiental, debido a que son útiles para identificar patrones espaciales de enfermedades que puedan servir para detectar fuentes comunes de contaminación u otras variables de influencia; así como también ser útiles en el planeamiento y evaluación de intervenciones y factores

socioeconómicos que determinen los perfiles de salud¹¹. La implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es muy utilizada en el ámbito científico y constituye una de las tecnologías de avanzada en el nivel mundial, ya que permite recopilar, organizar, analizar y producir diferentes informaciones de tipo espaciales y alfanuméricas, además de ser de fácil manipulación para los usuarios¹². Por ello, a través de herramientas SIG, se propone digitalizar y geolocalizar la ocurrencia de casos de enfermedades respiratorias agudas, para evaluar los patrones de distribución espacial.

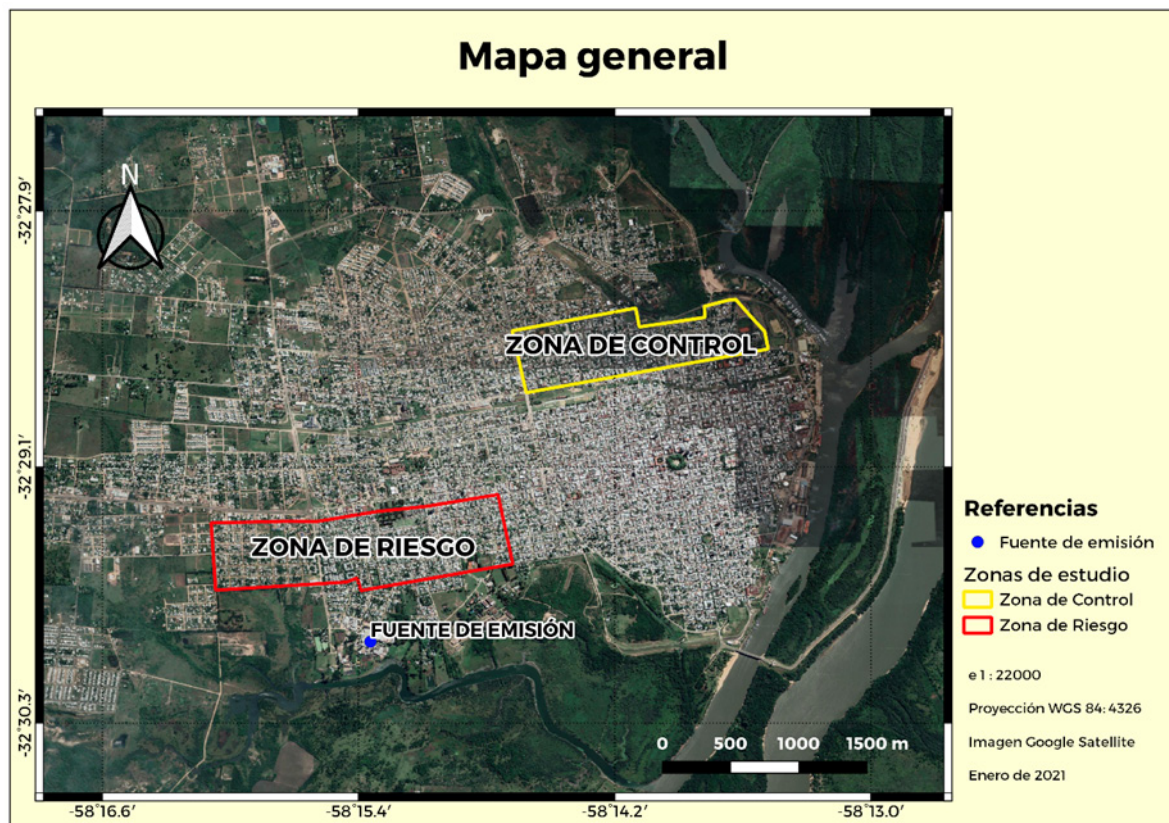
Este trabajo tiene como objetivo principal analizar la calidad del aire en dos zonas de la ciudad de Concepción del Uruguay en relación con los patrones de distribución espacial de enfermedades respiratorias agudas en niños de 0 a 14 años.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. ZONAS DE ESTUDIO

Se seleccionaron dos zonas de la ciudad de Concepción del Uruguay, una considerada como "zona de riesgo" y otra como "zona de control" (figura 1).

Figura 1. Ubicación de las dos zonas en estudio en la ciudad de Concepción del Uruguay



Para definir la zona de riesgo se realizó la simulación de la dispersión atmosférica de los contaminantes emitidos desde la fuente puntual, utilizando el modelo de dispersión complejo de fuente industrial (ISC3) desarrollado por la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (EPA)¹³, para el periodo de mayo de 2017 a abril de 2018, obteniendo el promedio diario de concentración de contaminantes para la zona de riesgo considerando un factor de emisión unitario.

De acuerdo los resultados de la modelación realizada, presentados en el figura 2, la concentración es inversamente proporcional a la distancia, es decir a

mayor distancia de la fuente de emisión, menores son las concentraciones esperables. Los valores máximos de concentración se observan principalmente hacia el sector este, seguidos por el sureste y noreste. En este sentido, la máxima concentración se espera en el radio de 0 a 200 m, tomando como punto central la fuente puntual de emisión, sin embargo el mismo abarca principalmente el área industrial y una pequeña fracción de área despoblada, por lo cual esta zona no fue considerada apropiada para realizar las mediciones de contaminantes. En el radio de los 201 a 400 m, el área habitada representa un 20 % del total, por lo cual tampoco fue considerada para realizar las determinaciones (figura 3).

Figura 2. Distribución de la concentración de contaminantes en función del alcance y la dirección de la pluma de acuerdo al modelo ISC3

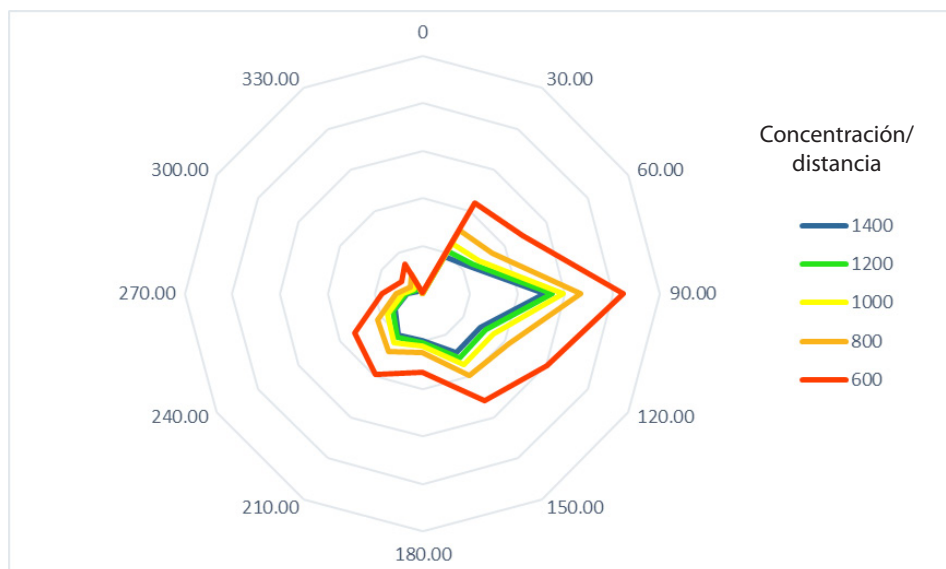


Figura 3. Distancias a la fuente de emisión a partir de las cuales se define la zona de riesgo



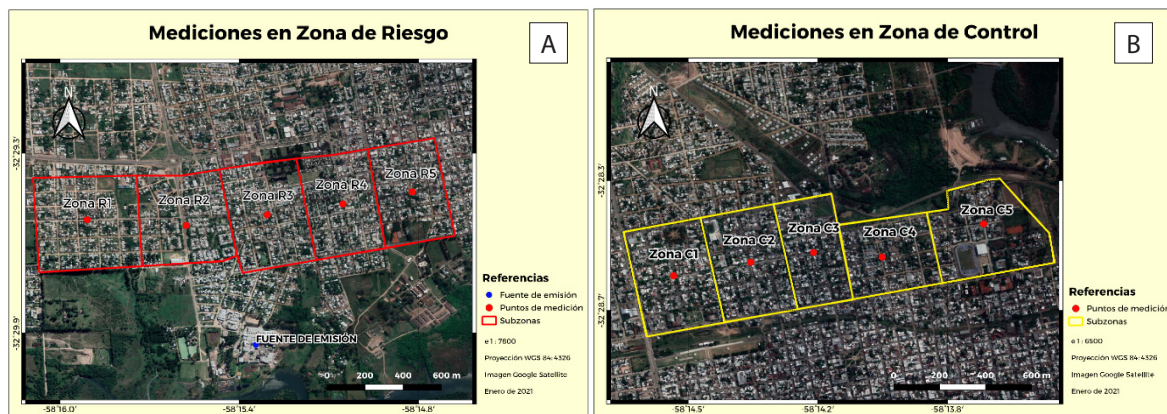
Por lo antedicho, la zona de riesgo se definió entre los 500 y 1 200 m, en concordancia con los criterios expuestos por Marcó⁵. Dentro de la extensión total del área, se consideró el sector más densamente poblado, definiendo un área regular, delimitada por calles transitables, garantizando el acceso seguro.

Posteriormente, se seleccionó la zona de control, poniendo a consideración criterios comunes con la zona de riesgo como son: el uso primario residencial, las condiciones socioeconómicas de la población, las condiciones sanitarias básicas y las condiciones de acceso y seguridad. De esta manera, se buscó disminuir la influencia de posibles factores de riesgo indirectos. Como aspecto clave se consideró la distancia a la fuente puntual, la cual debía superar los 1 200 m (figura 1).

El área total de la zona de riesgo es de 1 275 km² y el de la zona de control de 0,905 km². La densidad poblacional total es de 6 500 habitantes/km² y 5 700 habitantes/km², respectivamente. En tanto que la densidad de niños entre 0 y 14 años es de 1 222 niños/km² para la zona de riesgo y 1 143 niños/km². A su vez, cada una de estas zonas se subdividió en sectores de menor extensión superficial a los fines operativos, quedando definidas un total de 10 sub-zonas (5 en cada zona).

A partir de esta delimitación, se procedió a la selección de los puntos de medición de calidad de aire, los cuales fueron ubicados de acuerdo a las condiciones de accesibilidad y a la evasión de posibles interferencias en el flujo normal de aire, buscando la mayor cercanía posible al punto espacial central de cada sub-zona (figura 4).

Figura 4. Sub-zonas de medición para el área de riesgo (A) y el área de control (B)



2. MEDICIÓN DE CONTAMINANTES

Las mediciones de calidad de aire se realizaron con un equipo portátil y automático modelo YESAIR, desarrollado por *Critical Environment Technologies Canada Inc.*, que permite obtener valores instantáneos, continuos o intermitentes, de concentración para los contaminantes de interés (SO₂, H₂S y PM_{2,5}), a través del empleo de sensores electroquímicos, los cuales son calibrados anualmente por el fabricante. Los muestreos fueron realizados durante un periodo total de dos meses, de manera diaria, en el horario matutino (9-12 horas) considerando que la mayor actividad industrial y de servicios se desarrolla en el mismo. Dado que solamente se cuenta con un equipo de medición, las mediciones en ambas zonas no fueron simultáneas, pero siempre fueron realizadas dentro del mismo periodo de tiempo de manera alternada.

Considerando la exposición de corta duración, establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS)¹⁰, se tomaron registros cada 2 minutos, en un lapso

total de 10 minutos ubicando el equipo a la altura media de respiración de la población (1,5 m), estas mediciones luego se promediaron para obtener un único valor de referencia en cada punto.

3. ANÁLISIS ESPACIAL DE ENFERMEDADES

Para el análisis espacial se accedió a los registros de guardia del hospital local, referencia epidemiológica a nivel departamental, a partir de los cuales se conformó una base de datos digital incluyendo los casos de enfermedades respiratorias agudas en niños de 0 a 14 años de edad con domicilio en la ciudad de Concepción del Uruguay. Se registraron los casos ingresados desde mayo de 2017 a abril de 2018. Esta base, se estructuró para poder identificar de cada caso registrado, la ubicación geográfica, (indicando la dirección de residencia del paciente), el diagnóstico, la edad, la fecha de ingreso a la guardia, y la patología diagnosticada. Particularmente, se seleccionaron las enfermedades: broncoespasmos, bronquiolitis (BQL), bronquitis, crisis asmática, síndrome gripal, neumonía aguda de la comunidad (NAC), catarro

de vías aéreas inferiores (CVAI), bronquitis obstructiva recurrente (BOR), reagudización de BOR, enfermedad tipo influenza (ETI), y en categoría "otros" aquellos que posean más de uno de estos diagnósticos¹⁵.

Posteriormente, para asegurar la calidad de la base de datos, haciendo énfasis en la ubicación geográfica de los casos registrados, se normalizaron las direcciones de cada domicilio, haciendo coincidir su nomenclatura con la indicada en la base de datos general de calles y alturas de la ciudad. Una vez normalizados los datos, se creó un geolocalizador de tipo compuesto, mediante el cual se georreferenciaron los casos digitalizados, de forma tal que la ubicación de cada caso quedara identificada con un punto en el mapa general. Para esto se utilizó la base de datos digitalizada, una base de datos sobre calles y alturas de la ciudad¹⁴ y una capa "shape" de las calles de la ciudad, esta información se opera con un software y se crean los geolocalizadores. Luego, se exportó una capa "shape" la cual contiene la ubicación de los casos y la información pertinente a los mismos provenientes de las bases de datos. Finalmente, con el sistema de información

geográfica libre y de código abierto, QGIS¹⁶, se ejecutó un algoritmo para obtener la cantidad de casos ubicados en las diferentes zonas de interés y evaluar las tendencias.

RESULTADOS

1. MEDICIONES DE CONTAMINANTES

El promedio máximo de concentración para el H₂S es de 110 µg/m³, identificado en el punto de medición 5 de la zona de riesgo, en tanto que la mínima de 30 µg/m³ se ubicó en el punto 1 de la misma zona (tabla 1). Este resultado es esperable si consideramos que la subzona de medición 5 resultaría directamente impactada por la pluma de contaminantes de acuerdo con la figura 3. Sin embargo, todas las concentraciones ambientales medidas son inferiores al nivel de mínimo de efecto tóxico observable (LOAEL) de 15 000 µg/m³, en el cual causa irritación ocular en humanos, en tanto que umbral de olor (UO) establecido entre 0,2 - 2,0 µg/m³, es superado, por lo cual un porcentaje de la población podría percibir el olor desagradable asociada a dicha sustancia⁵.

Tabla 1. Concentración ambiental de contaminantes H₂S, SO₂ y PM_{2,5} en µg/m³ para ambas zonas

| Punto de medición | H ₂ S | | SO ₂ | | MP2.5 | |
|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | Zona de riesgo | Zona de control | Zona de riesgo | Zona de control | Zona de riesgo | Zona de control |
| 1 | 30 | 80 | 2 800 | 2 260 | 5 | 14 |
| 2 | 90 | 50 | 2 920 | 1 970 | 2 | 2 |
| 3 | 60 | 90 | 2 680 | 1 590 | 3 | 1 |
| 4 | 90 | 90 | 2 280 | 1 920 | 2 | 2 |
| 5 | 110 | 100 | 2 060 | 1 400 | 2 | 2 |

Para el SO₂, el promedio de las concentraciones medidas en la zona de riesgo superan, en todos los puntos de medición, a las obtenidas en la zona de control, siendo la máxima la registrada de 2 920 µg/m³ en el punto 2 y la mínima de 2 060 µg/m³, para el punto 5 (tabla 1). En este caso, la diferencia puede ser consecuencia a la presencia de importantes vías de acceso en la sub-zona 2, muy cercanas al punto de medición establecido, cuyo tránsito vehicular es constante y de gran porte. Sin embargo, todas concentraciones medidas, en ambas zonas, son superiores a los niveles guías establecidos por OMS⁴, para exposiciones de corta duración, de 0,500 µg/m³ en promedio de 10 minutos.

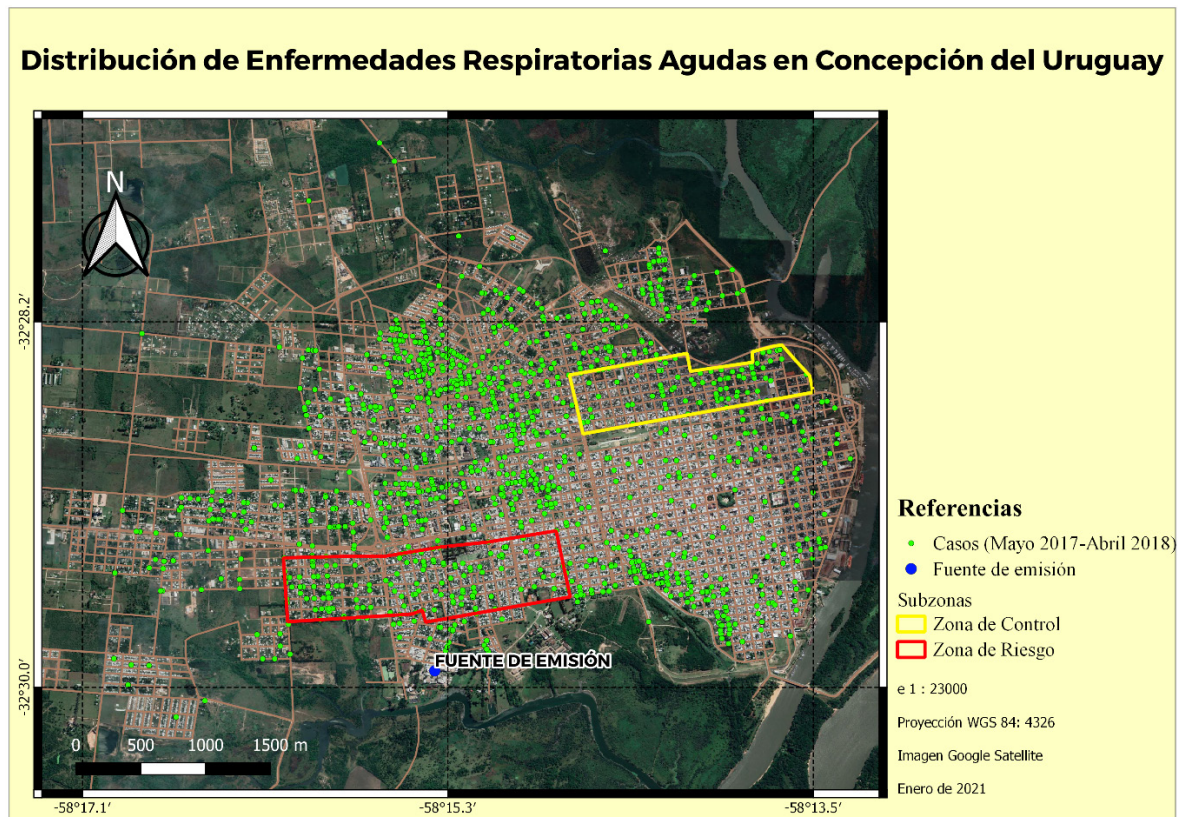
El valor de concentración promedio máximo de material particulado 2,5 µm es de 14 µg/m³ y corresponde al punto 1 de la zona de control. El resto de los puntos de

medición presentan valores bajos y similares (tabla 1). En este caso las concentraciones halladas son inferiores al nivel guía establecido por la OMS⁴ de 25 µg/m³, por lo cual no representa un factor de riesgo para la salud.

2. ANÁLISIS ESPACIAL DE ENFERMEDADES

Durante la digitalización se conformó una base de datos de 2 815 casos de enfermedades respiratorias agudas en niños de 0 a 14 años de edad residentes en la ciudad de Concepción del Uruguay, los cuales habían sido atendidos y diagnosticados en la guardia del hospital de la ciudad. Luego de normalizar la nomenclatura de las direcciones de residencia y de controlar los demás datos digitalizados, se creó el geolocalizador obteniendo un total de casos georreferenciados de alrededor del 92 % de los registros antes mencionados.

Figura 5. Distribución de enfermedades respiratorias agudas en niños de 0 a 14 años desde mayo de 2017 hasta abril de 2018



La distribución de enfermedades respiratorias agudas en niños de 0 a 14 años desde mayo de 2017 hasta abril de 2018, para la ciudad de Concepción del Uruguay, se muestra en la figura 5. Mediante el conteo de casos de enfermedades respiratorias agudas dentro de las zonas de interés del proyecto que enmarca este trabajo, los resultados arrojaron que para la zona de riesgo se registraron un total de 279 casos, y a su vez en la zona de control un total de 121 casos. La densidad de casos para la zona de riesgo es de 218,82 casos/km² y para la zona de control es de 133,7 casos/km², en tanto que la incidencia es de 0,17 casos/niño y 0,12 casos/niño, respectivamente. Asimismo, al realizar una comparación puede visualizarse que la distribución de casos en la zona de riesgo es uniforme en la extensión del área comprometida en estudio, y en cambio en la zona de control se puede observar un patrón de distribución sesgado entorno a un sector vulnerable, cercano a un pequeño cuerpo de agua que genera anegamiento periódicos.

DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos se concluye, que, según las mediciones realizadas en las zonas de estudio, las concentraciones de SO₂ son aproximadamente un 30 % superiores en la zona de riesgo, esta diferencia puede ser

consecuencia de la actividad industrial, así como el mayor tránsito vehicular, entre otros¹⁶. Sin embargo, en ambas zonas existe la probabilidad de ocurrencia de afecciones respiratoria o alternaciones de la función pulmonar de la población, ya que todas las concentraciones registradas superan el valor guía recomendado¹⁰. Los principales problemas de salud asociados con las emisiones de dióxido de azufre en las zonas industrializadas son la irritación respiratoria, la bronquitis, la producción de moco y el broncoespasmo, ya que es un irritante sensorial y penetra profundamente en el pulmón convertido en bisulfito e interactuando con los receptores sensoriales provocando broncoconstricción¹⁵.

Las concentraciones registradas de H₂S y PM_{2,5} son inferiores a los valores de referencia en ambas zonas, por lo cual no representan un factor de riesgo para la ocurrencia de enfermedades respiratorias agudas. En el análisis espacial se evidencia la complejidad y multicausalidad de las patologías correspondientes a enfermedades respiratorias agudas para niños de 0 a 14 años de edad, observándose que los casos se encuentran distribuidos en la extensión del ejido urbano, mediante patrones no uniformes. Existen zonas, hacia el noroeste de la ciudad, donde se observa mayor ocurrencia de casos, las cuales pueden asociarse a características propias

del ordenamiento territorial de la ciudad, como por ejemplo barrios con condiciones de saneamiento básico deficiente o zonas residenciales con actividad industrial cercana. En este aspecto es importante mencionar como factor determinante el acceso al sistema de salud, dado que de acuerdo al nivel socioeconómico, a variables culturales y a la distancia a los centros asistenciales, las personas pueden optar por la asistencia privada o pública. Como se ha descrito, en este trabajo solamente se ha considerado los registros del hospital público zonal, no se ha tenido en cuenta las posibles atenciones primarias realizadas en los centros de salud municipales o provinciales, como tampoco la asistencia privada. Sería interesante complementar los registros actuales con datos registrados ante otros efectores de salud.

Con respecto a la etapa de digitalización corresponde mencionar, que existe una clara deficiencia en los registros actuales, dado que los mismos se encuentran únicamente en formato papel y en la mayoría de los casos incompletos, generando dificultades asociadas principalmente al análisis estadístico de los mismos y al manejo del tiempo. Por ello, se considera que la implementación de un sistema digital de registro en el sistema de salud público traería diversos beneficios, entre ellos, la optimización en la recolección de información necesaria para la realización de diversos estudios relacionados a la salud pública. Particularmente, al comparar la zona de riesgo y la zona de control, se observan diferentes patrones de distribución espacial; en la primera es uniforme en toda la superficie, en tanto que en la segunda la distribución está sesgada hacia el área más vulnerable del asentamiento. Sin embargo, considerando la mayor densidad de casos de la zona de riesgo en referencia a la zona de control, podemos evidenciar una leve tendencia a la ocurrencia de enfermedades respiratorias agudas en niños en la primera de ellas.

Asimismo, al analizar las concentraciones de los contaminantes del aire determinadas en cada una de las zonas, en relación con la incidencia de casos de enfermedades respiratorias agudas en niños, podemos concluir que la concentración de dióxido de azufre puede ejercer mayor influencia sobre la salud respiratoria de la población en esta zona¹⁸, aunque no podemos afirmar que se deba exclusivamente a la actividad industrial. Para establecer una relación de causalidad, es necesario profundizar el análisis, no solo de los aspectos socioeconómicos y ambientales mencionados con anterioridad, sino además definir nuevos criterios para el monitoreo de los contaminantes, como aumentar el número de puntos de medición dentro de cada sub-zona para lograr mayor representatividad espacial, realizar mediciones en diferentes periodos estacionales y en diferentes horarios del día, para conocer los patrones de distribución temporal.

BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). Comunicado de prensa. [actualizado en 2018, citado el 18 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>.
2. Ratto G, Videla F, Reyna Almandos J, Maronna R. Air quality at La Plata Conglomerate, Argentina: Review and prospective study to improve the present situation. *AIMS Geosciences* 2018; 4(1): 88–125. doi: 10.3934/geosci.2018.1.88.
3. Romero-Placeres M, Más-Bermejo P, Lacasaña-Navarro M, Téllez Rojo-Solís MM, Aguilar-Valdés J, Romieu I. Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad, de la Habana. *Salud Publica Mex.* 2004; 46(3):222–33.
4. INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 y geografía y códigos geográficos del Sistema Estadístico Nacional. Buenos Aires: INDEC, [citado el 18 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Institucional-Indec-Codgeo>.
5. Marcó L. Ambiente y Asma, ¿Qué hay más allá de la alergia? Estudio epidemiológico del asma infantil en Concepción del Uruguay - Factores inespecíficos de riesgo. Tesis doctoral Facultad de Ciencias Médicas Universidad Nacional de La Plata; 2014.
6. Hesam G, Farhadi S, Ebrahimi MH, Jalali M, Moradpour Z. Characterization of odoriferous gaseous emissions from a rendering plant by GC-MS and evaluate the performance of existing refiners. *Int. J. Health Sci.* 2015; 1(3):1–6. DOI: <http://dx.doi.org/10.22100/ijhs.v1i3.75>.
7. Environmental Protection Agency (EPA). Air Emissions Factors and Quantification. AP 42, 5th Edition, Volume I Chapter 9: Food and Agricultural Industries. 1995. Disponible en: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-fifth-edition-volume-i-chapter-9-food-and-0>.
8. Environmental Protection Agency (EPA). Air Emissions Factors and Quantification. AP 42, 5th Edition, Volume I Chapter 1: External Combustion Sources. 1998. Disponible en: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-fifth-edition-volume-i-chapter-1-external-0>.
9. Organización Mundial de la Salud (OMS). Guías para la Calidad del Aire. [actualizado en 2004, citado el 18 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/guiaaire.pdf>.
10. Organización Mundial de la Salud (OMS). Guías de Calidad de Aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. [actualizado en 2005, citado el 18 de marzo de 2020]. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf?sequence=1.
11. Barcellos C. Unidades y escalas en los análisis espaciales en salud. *Rev. Cubana Salud Publica* 2003; 29(4):307–13.
12. Cuéllar Luna L, Prieto Díaz VI, Rodríguez Salvá A, Bonet Gorbea M. Distribución espacial de enfermedades seleccionadas en el municipio Centro Habana, 1993–1995. *Rev. Cubana Hig. Epidemiol.* 1999; 37(1):32–9.
13. Environmental Protection Agency (EPA). Guía del usuario para el modelo de dispersión de complejo de fuente industrial (ISC3) Volumen I. 1995. Disponible en <https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir2/isc3drvs.pdf>.

14. OpenStreetMap contributors. Planet dump [citado 18 de marzo 2020]. Disponible en: <https://planet.openstreetmap.org>.
15. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulo A, Bezirtzoglou E. Environmental and health impacts of air pollution: A review. *Front. Public Health.* 2020; 8:14. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>.
16. QGIS Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto. [citado 18 de marzo 2021]. Disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/>.
17. Nascimento AP, Santos JM, Mill JG, de Almeida Albuquerque TT, Reis Júnior NC, Reisen VA, Pagel EC. Association between the incidence of acute respiratory diseases in children and ambient concentrations of SO₂, PM₁₀ and chemical elements in fine particles. *Environ. Res.* 2020; 188: 109619. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109619>.
18. Karimi B, Shokrinezhad B. Air pollution and mortality among infant and children under five years: A systematic review and meta-analysis. *Atmos. Pollut. Res.* 2020; 11(4):61–70. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.02.006>.