

## Condicionantes para abordar problemas de contaminación atmosférica urbana: la calidad del dato como limitante para evaluar riesgos y costos en salud pública

*Determinants for addressing urban air pollution problems: data quality as a limiting factor for assessing public health risks and costs*

### Julia Naveyra

Estudiante del Doctorado en Ciencias Aplicadas Mención Ambiente y Salud de la Facultad de Ciencias Exactas. Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.

*naveyrajulia24@gmail.com*

ORCID <https://orcid.org/0009-0001-4805-3967>

### Alejandro Ernesto Bricker

Centro de Estudios en Administración. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.

*alejandro.bricker@econ.unicen.edu.ar*

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6942-1351>

### Beatriz Soledad Sosa

Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Argentina.

*beatrizsosa33@gmail.com*

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0970-8229>

Recibido: 19 de junio 2024 || Aprobado: 4 de diciembre 2024

DOI: <https://doi.org/10.37838/unicen/est.36-1-107>

### Resumen

La calidad de aire urbano es foco de atención de organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud, debido a demostrados impactos de los contaminantes atmosféricos en la salud pública. Este trabajo, busca realizar un análisis de las limitaciones y condicionantes en la disponibilidad de información para evaluar el impacto en salud por exposición a la contaminación atmosférica. A lo largo del trabajo se presenta el modelo de Evaluación de Impacto en Salud y su herramienta, el *software* BenMap-CE, el caso ejemplo de una ciudad intermedia (Tandil, Argentina), y el análisis de los problemas de calidad y de acceso a los datos que componen las variables del modelo. El análisis reúne criterios que se corresponden con requisitos de elaboración de los datos de cada variable aplicada. Como resultado, se presentan los condicionantes hallados en la generación del dato que pueden afectar los resultados del modelo, cuyo propósito es informar sobre una situación local particular. Se identificó que el dato más crítico corresponde a las Funciones de Impacto en Salud, ya que condicionan la construcción de otras variables locales que dependen de ellas. Además, se observan problemas como la falta de continuidad en el monitoreo de contaminantes y la falta de adecuación en la forma de registro de datos, lo que impide que esta información sea útil para otros actores involucrados en el Sistema de salud.

Palabras clave: El dato; Contaminación del aire; Sistema de salud público; Costos económicos



## Abstract

The issue of urban air quality concerns international organizations such as the World Health Organization (WHO) and the Pan American Health Organization (PAHO), given the demonstrated impact of air pollutants on public health. This paper aims to analyze the limiting factors in the availability of relevant information to assess the health effects of exposure to air pollution. The paper presents the Health Impact Assessment model and its tool, the BenMap-CE software the case study of an intermediate city (Tandil, Argentina) and the analysis of the quality problems and access to data that make up the variables of the model. The analysis sets criteria that allow to filter the data quality to construct each variable. The results are presented in the form of determinants that may affect the results of the model, which is designed to report on a particular local situation. The most critical is the Health Impact Functions, since they condition the construction of other local variables that depend on them. In addition, issues such as lack of continuity in pollutant monitoring and lack of adequacy in the form of data recording, which prevents this information from being useful for other actors involved in the Health System.

Key words: Data; Air pollution; Public health system; Economic costs

## Introducción

### *Problema de calidad de aire y salud*

En la segunda década del siglo XXI, la contaminación atmosférica se presenta como el principal riesgo ambiental para la salud del continente americano, con aproximadamente 7 millones de defunciones anuales prematuras en todo el mundo (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2024). Existen diversos estudios epidemiológicos, con resultados particularmente relevantes, relacionados con el deterioro de la calidad del aire en la salud (Bacardit *et al.*, 2018; Burnett *et al.*, 2018; Chen y Hoek, 2020; Moya García, 2020; Ortega-García *et al.*, 2020).

Por lo general, si abordamos estas cuestiones en ciudades de rango urbano menores o intermedias, se dificulta el monitoreo de la calidad del aire y el análisis de su impacto en la salud (y/o en los sistemas de salud) debido a la falta de recursos técnicos, económicos y humanos que permitan conocer la situación local. No obstante, en Argentina, algunas localidades han logrado avanzar sobre esta problemática: La Plata (Wichmann *et al.*, 2009; Giuliani, 2020; Mellado, 2020; Badura, 2023); Mendoza (Allende *et al.*, 2014; Moreno *et al.*, 2016); Rosario (Andrés *et al.*, 1997); Bahía Blanca (Pannia, 2023; Grassi *et al.*, 2019) y; Tandil (Sosa, 2015; Sosa *et al.*, 2017; Achaga *et al.*, 2020; Naveyra, 2023), dando solo un primer acercamiento. Profundizar el conocimiento a partir de estos estudios, refuerza la hipótesis de que aún persisten obstáculos relacionados con la falta de información suficiente y de calidad para avanzar en investigaciones futuras.

Los sistemas de información de salud enfrentan varios desafíos significativos. Los datos de los registros y sistematizaciones, a menudo no están disponibles o están fragmentados. Además, estos datos suelen ser administrativos en lugar de epidemiológicos, con baja cobertura en ciertos tipos de reportes. Asimismo, la falta de intercambio e interacción entre los sistemas de atención públicos y privados de salud, contribuyen a la creación de sistemas tardíos, incompletos o incorrectos (Naveyra, 2023; Acevedo y Camacho, 2011; OPS, 2018).

De igual manera, con relación a los datos de contaminantes en el aire urbano, sistemas de información y/u organismos de registro y recolección de datos, evidencian que no se cuenta con registros continuos y actualizados de monitoreo de calidad de aire. Esto es especial-

mente notable en las localidades que carecen de polos industriales con fuentes altamente contaminantes, como refinerías, actividades portuarias o instalaciones de generación de energía, las cuales traen aparejados sistemas de monitoreo continuo<sup>1</sup>.

Por último, es importante señalar que, aunque hay buenas razones para realizar los censos nacionales de población, hogares y viviendas cada diez años, como asegurar la comparabilidad, la logística, los costos operativos, el procesamiento de los datos y la difusión; también hay necesidades que sugieren que los «censos continuos» serían útiles. Estos censos permitirían tener información censal todos los años sin necesidad de hacer proyecciones poblacionales y evitarían tener que corregir datos entre censos (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2023). Esto resolvería problemas como la falta de datos precisos y los plazos de publicación de los resultados de los censos que implican un tiempo mayor para su disponibilidad.

Lo mencionado, dificulta significativamente la evaluación de la calidad del aire, el conocimiento de los riesgos para la salud y la determinación de los costos económicos asociados. Esta información es indispensable para la toma de decisiones en la gestión de la calidad del aire urbano. Comprender la magnitud de los problemas de contaminación es fundamental para adoptar decisiones informadas que mejoren la calidad del aire y, en consecuencia, la salud de la población. Cuando se propone llevar adelante trabajos de investigación en los que se relacionan cuestiones ambientales, sanitarias y costos económicos asociados, se ponen en evidencia las dificultades existentes en este terreno y la necesidad de abordar su complejidad desde un modelo teórico<sup>2</sup>. Por tanto, este trabajo tiene por objetivo realizar un análisis de las limitaciones y condicionantes en la disponibilidad de información para evaluar el impacto en la salud por exposición a la contaminación atmosférica urbana, para la toma de decisiones en la gestión de la calidad del aire urbano. Para ello, el trabajo parte de la aplicación del Modelo de Evaluación de Impacto en Salud (EIS) recomendado por la Organización Mundial de la Salud (Prüss-Ustün *et al.*, 2016) y toma como ejemplo para el análisis de los requerimientos de información el caso de Tandil, Argentina, utilizando como línea de base de información, datos de la localidad para el año 2013.

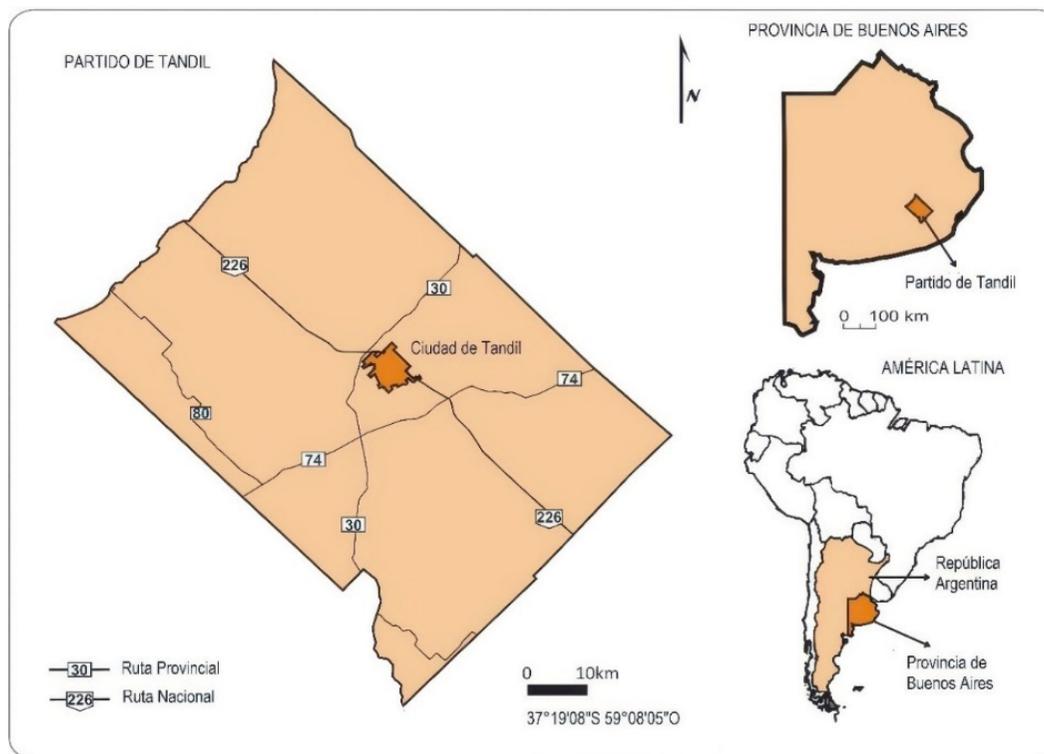
### ***Caracterización del área de estudio: Tandil, Argentina***

Tandil es la ciudad cabecera del partido homónimo, ubicada en el sureste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 1). Se caracteriza por ser un municipio con signos típicos del crecimiento de un centro urbano medio-grande (Municipio de Tandil, 2007), lo que Vapñarsky y Gorojovsky (1990) denominan como Aglomeración de Tipo Intermedio (ATIs) (50.000-399.999 habitantes) con crecimiento continuo y heterogéneo (Sassone, 2000). En función de los resultados provisionales obtenidos del censo 2022, para ese mismo año, la población total de Tandil fue de 150.162 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC], 2022).

1 Tales como las ciudades de Bahía Blanca y La Plata, que cuentan con polos petroquímicos (Datos.Bahía, s.f.; En La Plata se instalará [...], 2019); las localidades de Granadero Baigorria, Capitán Bermúdez, Fray Luis Beltrán y San Lorenzo, vinculadas al cordón industrial de San Lorenzo (Santa Fe Provincia, s.f.); y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, caracterizada por su alto tránsito vehicular y actividad industrial (Buenos Aires Ciudad, s.f.), entre otras.

2 Entendiéndose al modelo teórico como el producto de un proceso de modelización de un objeto de estudio en el que es posible representar física, matemática o lógicamente fenómenos de distinta naturaleza, exhibiendo ciertas regularidades conocidas, reduciéndolas a componentes básicos (Becerra Artieda, 2003; Vélez 2006).

Figura 1. Mapa de localización espacial del partido de Tandil en la provincia de Buenos Aires, Argentina



Fuente: elaboración personal

### Las fuentes de contaminación

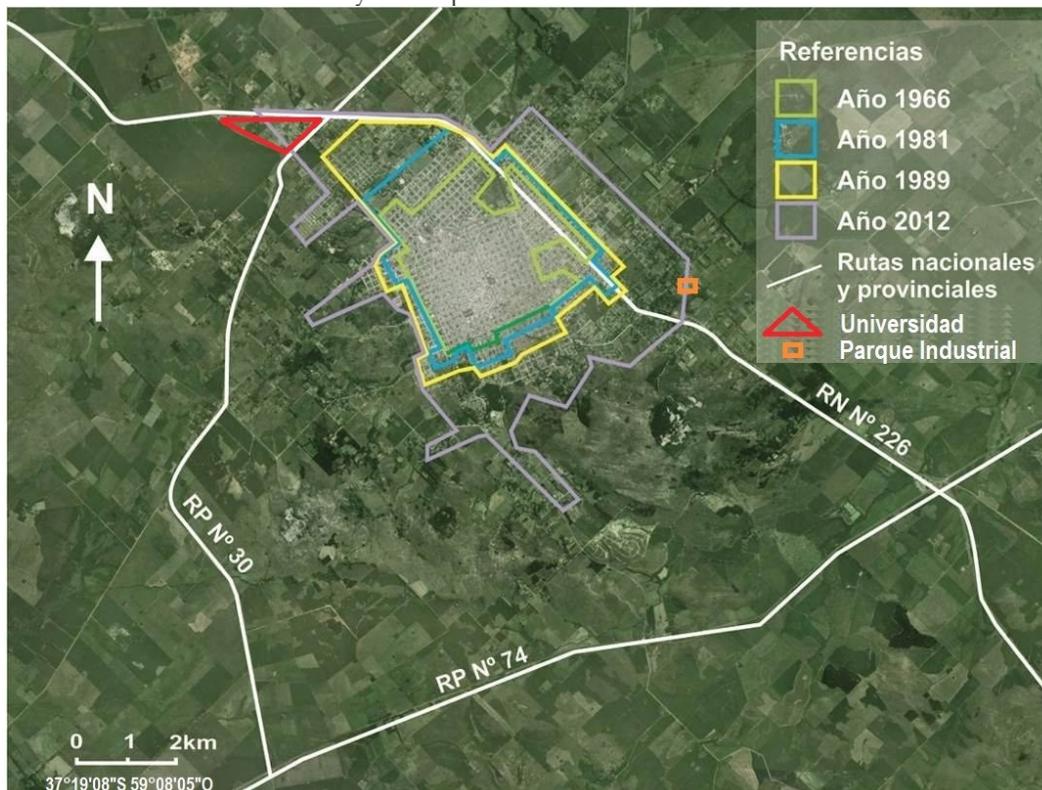
En esta ciudad, se identifican dos actividades como principales fuentes generadoras de emisiones atmosféricas: el parque automotor y el Parque Industrial Tandil (PIT) (Sosa *et al.*, 2017). La ciudad, en la última década, tiene un crecimiento sostenido de su población y, en consecuencia, de su parque automotor; y presenta como característica una movilidad centrada en infraestructura que propicia el traslado de los vehículos particulares sin políticas locales de movilidad sustentable que sean llevadas a la práctica diaria (Sosa, 2015; Sosa *et al.*, 2017; Achaga *et al.*, 2020; Sosa y Cisneros Basualdo, 2021; Asis, 2022).

En lo que refiere a las fuentes fijas, actualmente, el PIT da soporte a 81 empresas en rubros que incluyen actividades agropecuarias (almacenamiento y molido de granos), alimenticias, servicios (Verificación Técnica Vehicular [VTV], Camuzzi Gas Pampeana), metal-mecánicas, construcción y otras actividades como la industria de la madera y la elaboración de productos cerámicos (Consorcio del Parque Industrial de Tandil, 2023). Como parte de las fuentes industriales, es importante aclarar que, a las industrias mencionadas, se les suman otras 698 a lo largo de todo el partido de Tandil, las cuales se encuentran localizadas principalmente en la ciudad cabecera (Municipio de Tandil, s.f.).

Si bien la ciudad tuvo un crecimiento industrial histórico vinculado al rubro de la fundición y la metalmecánica, en particular a la elaboración de autopartes, esta actividad fue perdiendo presencia con el cierre, en 2011, de la división Aluminio de Metalúrgica Tandil (METAN) (Tandil: Ratifican el cierre de [...], 2011) y en 2018 de la división Hierro (Metalúrgica Tandil bajó las persianas, 2018), industrias que tenían la mayor productividad local. Así, la ciudad fue transformando su espacio urbano con aportes predominantes de fuentes fijas a aportes predominantes de fuentes móviles, debidas también a la promoción

del turismo local regional y la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) como atractor del crecimiento poblacional (Guerrero, 2012; Finquelievich *et al.*, 2017) (Figura 2).

Figura 2. Proceso de crecimiento urbano de Tandil (1966-2012) y localización de la Universidad y el Parque Industrial de Tandil



Fuente: elaboración personal adaptada de Guerrero *et al.* (2013)

La evolución de las actividades en el tiempo y las fuentes de contaminación asociadas que se presentan aquí, ya evidenciaban signos de contaminación y efectos a la salud y al ambiente para el año base que se aborda (Sosa *et al.*, 2017).

### ***El sistema de salud***

Haciendo foco en el sistema de salud argentino, este se divide en tres sectores: el sector público, el sector de seguro social obligatorio (obras sociales) y el sector privado, los que se caracterizan por su fragmentación y falta de integración (Belló y Becerril-Montekio, 2011).

El Sistema de Salud en el Municipio de Tandil, replica la organización nacional y se caracteriza por tener servicios públicos y privados.

El sistema de salud público, denominado Sistema Integrado de Salud Pública (SISP) es un ente descentralizado municipal conformado por el Hospital Dr. Ramón Santamarina (HRS), el Hospital de Niños Debilio Blanco Villegas, 16 centros de atención primaria de la salud, el Hospital Enrique Rodríguez Larreta (ubicado en la localidad de María Ignacia Vela, partido de Tandil), el Centro de Salud Mental, y la Unidad de Bromatología y Zoonosis (Donalisio y Banda Noriega, 2013; Ministerio de Salud de la Nación Argentina, s.f.). El sistema de salud privado tiene menor envergadura que el público, está conformado por dos centros de mediana complejidad: el Sanatorio Tandil y la Clínica Chacabuco; y un centro

de baja complejidad: la Clínica Modelo (Donalísio y Banda Noriega, 2013; Ministerio de Salud de la Nación Argentina, s.f.).

## Algunas aclaraciones teórico-conceptuales

### *La importancia del dato*

Como ya se ha expuesto, tener evidencia sobre los efectos y costos asociados a los problemas en salud atribuibles a la exposición de la mezcla de contaminantes en aire urbano y lograr cambios en los niveles hallados que reduzcan impactos en la salud, requiere de contar con recursos humanos calificados y recursos económicos asociados para el monitoreo y evaluación de la calidad del aire que genere información válida para la toma de decisiones de los actores involucrados. Esta información resulta del uso de modelos como «*AirQ+* (OMS); *CMAQ* (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, US EPA); *APIS* (United Kingdom Centre for Ecology & Hydrology, UK CEH); *AQHI* (Departamento de Protección Ambiental de Hong Kong), entre otros», que insumen una importante cantidad de datos (en general no disponibles o que requieren mucho tratamiento) de entrada. Por ello, se torna crítico el acceso al dato, de buena calidad y en abundancia.

América Latina y el Caribe trabajan actualmente en la adecuación de herramientas de gestión de la calidad del aire para fortalecer las capacidades y las actividades de gestión del sector de la salud y el ambiente en la región. No podemos extendernos aquí a describir en detalle este recorrido, pero nos basta con ejemplificar las actividades desarrolladas durante el 2023 por el grupo de expertos *AiQ+* convocado por la OPS que busca el uso de esta herramienta a los fines de aportar al desarrollo de políticas e instrumentos de gestión relacionados con calidad de aire, cambio climático y salud. Por ello, se abordan, en este apartado, una serie de conceptos e ideas que justifican la importancia del dato para el éxito en el uso de estas herramientas de evaluación.

Los datos son hechos o valores aislados, como mediciones u observaciones, que se recopilan de diversas fuentes. Estos se presentan de forma aislada y sin procesar, lo que significa que no han sido analizados ni interpretados para extraer información significativa. Juegan un papel fundamental en la gestión y diseño de políticas y regulaciones, pudiéndose pensar como la «norma» en la conducción de cualquier organismo o entidad (Soto Guerrero, 2014; Arciénaga *et al.*, 2022). Si se consideran los niveles jerárquicos propuestos por Soto Guerrero (2014) —conocimiento, información y datos—, estos últimos son el nivel inferior, la materia prima esencial para que la construcción de la pirámide sea óptima y de calidad, útil y pertinente para la toma de decisiones más acertadas. Una estructura de datos es deficiente cuando se produce una falta de correspondencia entre las características/cualidades de los datos (disponibilidad, acceso, diseño, estructura, entre otras) y las necesidades de los usuarios (Soto Guerrero, 2014). A pesar de que cada vez hay mayor conciencia sobre la importancia de los datos, la distancia entre las características y las necesidades sigue siendo significativa, sobre todo en aquellas regiones de menores recursos (INDEC, 2020).

En este sentido, y vinculado a la problemática abordada, un sector en el que se manifiesta principalmente esta deficiencia es en las organizaciones de salud. Allí, la información, es decir, el conjunto organizado y/o interpretado de datos para producir significado sobre un determinado fenómeno (Soto Guerrero, 2014), es fundamental como soporte para la toma de decisiones (Canela-Soler *et al.*, 2010).

Un sistema de información de salud (SIS) —por definición— es aquel que integra el proceso de recolección, normalización, procesamiento y reporte de la información de manera accesible y segura de todos los niveles del sistema, imprescindible para el mejoramiento

de los servicios de salud (Acevedo y Camacho, 2011). Así, para este trabajo es importante plantear cuánta de la información que reúne el sistema le permite a este integrarse con otras disciplinas y cumplir con objetivos mayores como la gestión de problemáticas que afectan al propio SIS, en este caso la degradación de la calidad del aire.

### ***El modelo conceptual***

El Modelo de Evaluación de Impacto en Salud (EIS) y su valoración económica, y la metodología consensuada para su aplicación, el *software* BenMAP de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency [US EPA], (2013), permite conocer la relación que se establece entre la contaminación atmosférica, la salud y los costos económicos asociados a esta. Consiste en una combinación de procedimientos, métodos e instrumentos estandarizados e integrales que permiten estimar el cambio en el número de incidencias a la salud asociadas a un cambio en la calidad del aire, producto de los efectos de una política, un programa o proyecto de sectores no sanitarios (Instituto Nacional de Salud Pública, 2016; Sandin-Vazquez y Sarría-Santamera, 2008). La salud de los individuos y de las poblaciones depende de diversos factores, de ahí que, intervenciones realizadas desde fuera del ámbito sanitario ejerzan un papel determinante en la salud de una comunidad, ya que las condiciones socioeconómicas, culturales y ambientales pueden tener mayor impacto en la salud pública que los factores de riesgo a nivel individual (Sandin-Vazquez y Sarría-Santamera, 2008; Bacigalupe *et al.*, 2009).

En lo que respecta a la estimación llevada a cabo por el modelo EIS, el mismo calcula la probabilidad de que ocurra el impacto en la salud del individuo dada la interacción de cada una de las variables: datos de monitoreo de contaminantes, tasas de incidencia y mortalidad, datos de población, funciones de impacto en salud y datos de valoración económica a tener en consideración.

El modelo, además, integra y relaciona las variables en el espacio, para ello utiliza una malla georreferenciada que se corresponde con el área de estudio sobre la que se trabajará, permitiendo asociar datos a sitios. Finalmente, los cambios en la exposición percibidos se establecen a través de escenarios de control que son los que definirán el beneficio o riesgo evitado, vinculados a los efectos ya mencionados de una política, un programa o un proyecto. Para su mejor entendimiento, estas potenciales medidas para la reducción de los efectos se establecen en el Modelo a través de escenarios de descuento o reducción de las concentraciones. Esta reducción puede definirse en términos de porcentaje (%), en términos de concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) o llevar las concentraciones a valores guía establecidos por las Directrices de Calidad de Aire de la OMS o a valores límites establecidos por la normativa que rige en el área de estudio.

### **Requerimientos de información: el modelo EIS aplicado a un área de estudio**

En la ejecución del modelo, cada una de las variables requirió de una revisión exhaustiva de distintas fuentes de información. Para que el lector pueda seguir con mayor claridad los aciertos y dificultades encontrados en el acceso a la información, se esquematizan las etapas del Modelo que se corresponden con bloques de información de tres ejes principales, contaminantes del aire, salud y población, y costos económicos. Así, la Figura 3 permite observar los principales aspectos a definir para obtener las estimaciones de efectos en salud y económicos para el SIS.

Teniendo conocimiento sobre la búsqueda y construcción de las variables necesarias para la ejecución del modelo se evalúa, a partir de aquí, la pertinencia de los datos en función de las características necesarias para la ejecución del *software* BenMAP-CE en la aplicación del modelo EIS. Antes de comenzar, cabe aclarar que, la elección de las Funciones de Impacto en Salud (FIS)<sup>3</sup> serán las que condicionen la estructura de la información en el resto de las variables empleadas. Esto quiere decir que, la enfermedad a observar, los límites del rango etario en riesgo a estudiar, y el contaminante y su métrica, serán para los estudios locales, construidos o estimados siguiendo los términos de las FIS de los estudios epidemiológicos antecedentes (se retomará más adelante).

Figura 3. Esquematización de etapas del modelo de Evaluación de Impacto en Salud



Fuente: elaboración personal

### *Información para la determinación de la calidad del aire*

#### Conjunto de datos de monitoreo de contaminantes

El primer dato empleado, que determinó el período de estudio, es el dato de monitoreo de concentraciones de material particulado menor a 2,5 micrones ( $PM_{2,5}$ ) y material particulado menor a 10 micrones ( $PM_{10}$ ). Se presentan aquí algunos criterios que se consideran pertinentes para evaluar la calidad del dato, por distintos organismos (Tabla 1).

El área de estudio contaba, hasta la fecha de este trabajo, únicamente con los resultados obtenidos por Sosa (2015) en su tesis doctoral *Contaminación ambiental por material particulado y compuestos orgánicos volátiles en la ciudad de Tandil, Provincia de Buenos Aires*, que se corresponden con datos medidos en el año 2013 y es, a partir de este dato base, que se construye la propuesta de análisis para el año 2013.

3 Estas, calculan el cambio en el número de efectos adversos para la salud entre una determinada población, asociados con un cambio en la exposición a la contaminación del aire, es decir, establece una función de concentración–respuesta (Naveyra, 2023).

Siguiendo con los criterios rectores expuestos en la Tabla 1, las muestras de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  micrones se recolectaron en tres áreas de la ciudad: centro de la ciudad (C), industrial (I) y residencial o de control, permitiéndonos contar con valores de concentraciones representativas del área de estudio, y cumpliendo con el requisito de cantidad de habitantes de la ciudad *versus* número adecuado de puntos de muestreo. Además, la colección y registro de datos de concentraciones en calidad de aire para MP cumple con los requisitos establecidos en la normativa regional (Ley Provincial 5.965/1958; Decreto Provincial 1.074/2018 que modifica al Decreto Provincial 3.395/1996 del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires); no obstante, fueron estacionales debiendo ser ajustados, para su uso en el modelo, a valores medios anuales.

Tabla 1. Criterios rectores para la evaluación de la calidad del dato de monitoreo de calidad de aire

Organismo	Criterio	Descripción
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). México	Representatividad de los sitios seleccionados	Los sitios seleccionados deberán ser representativos a los fines del monitoreo y/o estudio.
	Comparabilidad	Los valores obtenidos deberán ser comparables con valores y métricas establecidas en normativas.
Código de Regulaciones Federales, USEPA	Representatividad del sector de muestreo	Los puntos de muestreo deberán estar situados de tal manera que se evite la medición de microambientes muy pequeños en sus proximidades.
	Toma de muestras e instrumentos pertinentes	Elección adecuada de los instrumentos y seguir las especificaciones de los dispositivos.
Real Decreto 102/2011 // US EPA (2025)	Número de puntos de muestreo	dos sitios para contaminantes que son partículas // en poblaciones con menos de 200.000 habitantes y bajos niveles de concentración registrados entre dos y cuatro sitios.

Fuente: elaboración personal sobre la base de datos INECC (s.f.); US EPA (2025); Real Decreto 102/2011

Cabe mencionar que, cuando el propósito del estudio sea evaluar la exposición de los individuos a la contaminación del aire y, por consiguiente, el riesgo para la salud asociado a esta exposición, resultará beneficioso aumentar la frecuencia de los monitoreos de la calidad del aire. Esto permite realizar análisis más precisos, identificar variaciones significativas y obtener resultados más fiables, entre otros.

### ***Escenarios de control***

El establecimiento de los escenarios de control, la segunda variable incluida en el mapa conceptual (Figura 3) para la determinación de la calidad del aire, no requiere de datos adicionales. Para este caso particular, se decidió aplicar reducciones del 20%, 50% y 100% en las concentraciones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ .

## ***Cálculos de los impactos en salud***

### ***Conjunto de datos poblacionales***

Para conocer la población en riesgo se requieren datos actualizados de registros oficiales de organismos públicos de estadística y censos poblacionales, como el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), la Dirección de Estadísticas e Información de la Salud (DEIS) y los ministerios provinciales por rango etario.

Partiendo de la base que, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2014) destacó limitaciones vinculadas al proceso censal y los resultados obtenidos; esto pone de manifiesto la incertidumbre inherente a este tipo de campañas censales. En este contexto, es relevante considerar dos componentes críticos que pueden afectar la precisión de los resultados: la cobertura y el contenido de la información censal (Tabla 2).

Tabla 2. Aspectos principales acerca de los datos poblacionales empleados

Dato	Componente	Característica
De base censo 2010	Cobertura	Subenumeración o sobrenumeración. Más comúnmente el primer caso debido a la falta de acceso al territorio, omitiendo áreas completas, viviendas o personas sin captar.
	Contenido	Características de las personas registradas son incorrectas o incompletas. Muy difíciles de detectar y medir.

Fuente: elaboración personal sobre la base de CEPAL (2014)

Sobre estos datos, se realiza una estimación que agrava la condición de incertidumbre del dato (Tabla 3).

Tabla 3. Estimación, extrapolación lineal

Dato	Componente	Característica
Estimación sobre datos censales	Extrapolación lineal al año 2013	Se asume un crecimiento de la población manteniendo mismas proporciones por rango etario que la población del 2010. Dando por sentado que el crecimiento ocurre a razón de incrementos iguales en el tiempo y que seguirá un patrón similar en el futuro.

Fuente: elaboración personal sobre la base de Centro Centroamericano de Población (CCP, s.f.)

### ***El dato local y las tasas de incidencia y mortalidad***

Estas variables se requieren para referenciar los efectos adversos en la salud en el área de estudio, dado que, junto a los datos de las FIS seleccionados, permiten estimar el cambio porcentual del efecto en la salud asociado a un cambio en la concentración del contaminante.

Los datos necesarios para la elaboración de las tasas de incidencia, requieren de registros de nuevos casos por enfermedad para el año de estudio y del número de individuos de la población en riesgo en el período (Wasserman, 2013). Por su parte, para las tasas de mortalidad, es preciso conocer la cantidad de muertes por enfermedad en el período y la cantidad total de individuos en el mismo período (Wasserman, 2013).

Se presentan, a continuación, los criterios sugeridos por ISO 25.012/2008 y OPS (2022) que se entienden como adecuados para evaluar la calidad de los datos de las tasas de salud abordadas en la EIS (Tabla 4).

Tabla 4. Criterios rectores para la evaluación de la calidad del dato en salud

Organismo	Criterio	Descripción
ISO 25.012/2008	Completitud	Se espera que los datos obligatorios estén completos.
	Accesibles	Los datos están al alcance de la gama más amplia de usuarios.
OPS	Oportunos	Los datos se ponen a disposición lo más rápidamente posible para presentar su valor, es decir, es un dato actualizado.
	Confidenciales	Donde se especifica el grado en que los datos pueden ser accedidos en un contexto específico.
	Primarios	Los datos son tal como fueron recolectados en la fuente, con el nivel más alto posible de granularidad, no es forma agregada ni modificada.
	Procesables de manera automática	Los datos están estructurados razonablemente para permitir su procesamiento automatizado.

Fuente: elaboración personal sobre la base de ISO 25.012/2008 y OPS (2022)

Con relación a la completitud del dato, a la hora de abordar la problemática planteada, solo fue posible tener acceso a los registros del Sistema de Salud Público, en el cual, bajo codificaciones como CIE10<sup>4</sup> o CIAP2<sup>5</sup>, registra y transmite a otras organizaciones (provinciales, nacionales) todas las enfermedades y mortalidades por causas específicas de los pacientes atendidos. Por el contrario, el Sistema de Salud Privado, declara a las organizaciones mencionadas únicamente las enfermedades de notificación obligatoria<sup>6</sup>, cuyo listado no releva las enfermedades atribuibles a la exposición a la contaminación atmosférica, específicamente por PM, por lo tanto, no se cuenta con registro en el Sistema de Salud Privado para el abordaje de la EIS (Ministerio de Salud de la Nación, 2013). De igual forma, otro problema identificado en el acceso al dato para las tasas de salud es en el ámbito del SISP, que no cuenta con las tasas de las enfermedades atribuibles a la contaminación atmosférica seleccionadas en el estudio; no obstante, es posible elaborarlas solicitando acceso a los registros en el Sistema de Información de Salud del SISP. En este contexto, la necesidad de información y acceso al dato se desarrolló de la siguiente forma:

~ Las tasas de incidencia que requirieron del «número de casos nuevos» por enfermedad, se obtuvieron de los registros ambulatorios y de emergencias. El seguimiento de los pacientes suele dificultarse cuando la «causa» de ingreso varía en función de los síntomas o evolución del mismo, sin mantenerse la codificación original de la enfermedad.

4 Corresponde a la Clasificación Internacional de Enfermedades 10ª edición.

5 Corresponde a la Clasificación Internacional de Atención Primaria 2.

6 Las enfermedades de declaración obligatoria o enfermedades de notificación obligatoria son aquellas enfermedades transmisibles que los médicos están obligados a notificar al centro de salud pública correspondiente por ser de especial importancia para la comunidad.

~ Las tasas de mortalidad que requirieron del «número de fallecidos» por enfermedad, se obtuvieron de los pacientes fallecidos en internación bajo los diagnósticos de las enfermedades aquí estudiadas. Esto es así, porque el SISP no cuenta con un registro general de los fallecidos por enfermedad específica codificada, ni con el registro de la enfermedad original que desembocó en el fallecimiento, ni se encuentra integrado al registro de fallecidos por enfermedad provenientes de los cementerios del área de estudio, información clave para la elaboración de las tasas.

~ Con relación a la accesibilidad al registro del SISP, no todos los usuarios tienen libre acceso, lo que dificulta su uso para trabajos de monitoreo y evaluación de estos impactos por otros actores interesados; no obstante, es posible acceder en un contexto específico de investigación con la debida autorización del Comité de Docencia e Investigación del SISP. Otorgado el acceso, la disponibilidad del dato es actualizado en tiempo real y desagregado por datos personales y de domicilio del paciente, enfermedad bajo codificación CIE10 o CIAP2, fecha de atención, centro de salud en el que es atendido y tipo de atención recibida. La información se encuentra registrada de forma adecuada para favorecer el procesamiento de la misma.

~ Concluir la construcción del dato de la tasa requiere el trabajo conjunto con el área de epidemiología para acceder a los datos poblacionales específicos que utiliza el SISP local, garantizando así la coherencia interna de los datos utilizados en la elaboración de las tasas de morbilidad y mortalidad. Reunidos los datos de nuevos casos y fallecidos para el año de estudio, y comprendidos los cálculos correspondientes a cada una de las tasas, se consulta a integrantes del Área de Epidemiología sobre cuál es el denominador más adecuado a utilizar. Es decir, teniendo en cuenta que el numerador corresponde a datos únicamente del SISP, resta conocer qué población se debería tener en consideración como población total expuesta al riesgo y/o cantidad total de individuos en el período ¿La población total de Tandil o la población atendida en el SISP? Los especialistas indican que, desde su área, todos los boletines epidemiológicos elaborados utilizan como dato para el denominador, el total de la población de Tandil, aclarando en los informes finales esta decisión.

### ***Funciones de impacto en salud como un dato de peso para el modelo EIS***

El escenario ideal debería contar con estudios epidemiológicos locales sobre los cuales las nuevas estimaciones serían más acertadas. En el presente estudio, al igual que en toda América Latina, se utilizan FIS de otras regiones por falta de estudios de esta índole, y las estimaciones de EIS se obtienen a partir de ellas y de su articulación con datos locales (las tasas de salud mencionadas).

En el proceso de selección de las FIS más adecuadas como dato de entrada para el Modelo, se decidió utilizar para las estimaciones de mortalidad el trabajo realizado por Chen y Hoek (2020) (Tabla 5); dado que en él los autores realizaron búsquedas sistemáticas en bases de datos y un metanálisis de efectos aleatorios, otorgando así mayor certidumbre para el uso del dato.

Por su parte, para la correlación con las tasas de incidencia, se seleccionaron otras funciones de impacto que evidencian las hospitalizaciones por exposición al PM (Tabla 6). Como limitante no se encontraron, en la bibliografía, estudios que den cuenta para cada una de las enfermedades, el impacto de ambos contaminantes. Por lo tanto, se evaluaron los efectos a partir de la información disponible que proveía la base de datos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por su sigla en inglés) para la ejecución de su metodología.

Tabla 5. Funciones de impacto en salud para mortalidad

Enfermedad	Rango etario	Contaminante	Métrica de contaminante
Cáncer de pulmón	25-99	PM2,5-PM10	Anual
Enfermedades cerebrovasculares	25-99	PM2,5-PM10	Anual
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	25-99	PM2,5-PM10	Anual
Infarto agudo del miocardio	25-99	PM2,5-PM10	Anual

Fuente: elaboración personal sobre la base de Chen y Hoek (2020)

Tabla 6. Funciones de impacto en salud para morbilidad

Enfermedad	Rango etario	Contaminante	Métrica de contaminante
Asma niños	0-17	PM2,5	Anual
Asma adultos	65-99	PM2,5	Anual
Enfermedades cerebrovasculares	65-99	PM2,5	Anual
Infarto agudo del .miocardio	65-99	PM2,5	Anual
EPOC	65-99	PM10	Anual

Fuente: elaboración personal sobre la base de Babin *et al.* (2007), Glad *et al.* (2012), Bell *et al.* (2008), Sullivan *et al.* (2005) y Schwartz (1994)

### ***Datos para los costos de la morbilidad y mortalidad***

Hasta aquí, el análisis realizado engloba los condicionantes en los datos necesarios para abordar el modelo de EIS con relación a los riesgos y beneficios de los efectos en la salud por exposición a cambios en las concentraciones de PM en calidad de aire. A continuación, se presentan las limitantes en los datos locales cuando se requiere avanzar en la evaluación de los efectos económicos en el SISP. En esta última etapa, se asigna un valor monetario a los impactos en salud asociados a la exposición al PM. Las variables aplicadas dependen del interés del estudio, los objetivos y la información disponible. Existen múltiples metodologías que permiten conocer estos costos. Entre las más documentadas están: para estimar costos por enfermedad, el costo por enfermedad (COI, por sus siglas en inglés) y, para estimar el costo por mortalidad, el valor estadístico de una vida (VSL, por sus siglas en inglés).

### ***Costo por enfermedad (COI, por sus siglas en inglés)***

Para analizar los condicionantes de información de esta variable, se recuperan los criterios para evaluar los datos relacionados a la salud de la Tabla 4. Para ello, es importante mencionar que el costo por enfermedad resume los gastos médicos directos que el Sistema de Salud debe asumir por la atención a sus pacientes por enfermedad y en función del tipo de atención que reciba (ambulatoria, emergencias o internaciones); este enfoque intenta estimar el valor total de los recursos médicos utilizados. Además, incorpora los costos indirectos vinculados a la pérdida de productividad por la restricción laboral (Castillo Lugo, 2010).

Con relación a la completitud del dato (Tabla 4), de igual manera que los datos de salud, únicamente se tuvo acceso a los datos del Sistema de Salud Público, pero con una complejidad mayor. Los datos económicos no se encuentran integrados a los datos de salud de los pacientes. Para resolver este inconveniente, se optó por seleccionar una muestra de pacientes

ya identificados bajo las enfermedades trabajadas y buscar, a través del área administrativa del SISP, los costos asumidos para la misma fecha en que habían sido atendidos. Dada la complejidad del proceso, la muestra debió ser pequeña y se seleccionaron casos testigo, buscando que fueran representativos de todos los casos por enfermedad, conociéndose que cada caso es distinto y el costo de las atenciones varía por tipo de atención y estado específico del paciente. A esta situación, y a la falta de seguimiento de la evolución por enfermedad de los pacientes, se le agrega que se desconocen todos los tratamientos posteriores que requiere el paciente tras enfermarse. Además, por una cuestión de confidencialidad y ausencia de relación con los pacientes de los que se utilizaron los datos, se desconoce la pérdida percibida por la ausencia laboral de los mismos, por lo tanto, no se pueden valorar los costos indirectos.

Con referencia a la accesibilidad y confidencialidad, como ya se mencionó, el acceso no es libre, pero sería deseable contar con estadísticas de costos que conserven la privacidad de los pacientes, al mismo tiempo que permitan hacer otras evaluaciones de los costos en salud atribuibles a problemas ambientales. No obstante, los datos existentes se encuentran actualizados en tiempo real, y es posible obtenerlos directamente de la base de datos.

### Valor estadístico de una vida (VSL, por sus siglas en inglés)

El VSL se define como el valor monetario que se le atribuye a la reducción del riesgo de muerte prematura, el cual no representa el valor de la vida, sino este valor asociado a la reducción del riesgo. Se entiende por muerte prematura al fallecimiento de cualquier persona, por causa evitable, antes de llegar al número de años que se espera viviría en promedio (esperanza de vida). Existen distintos enfoques para estimar el VSL, el aquí empleado es el de «enfoque del capital humano» que se estima por la productividad perdida por muerte prematura a partir de los ingresos de fuente laboral que percibe un individuo descontándolos para obtener el valor presente de los ingresos futuros (Castillo Lugo, 2010; Vanina Ripari *et al.*, 2017; Ministerio de Desarrollo Social, 2017).

Los datos necesarios para calcular el VSL bajo el enfoque del capital humano se encuentran disponibles en varias fuentes accesibles públicamente. Estas, incluyen tablas actuariales para estimar la probabilidad de supervivencia de una persona de cierta edad hasta cierta edad futura (Grushka, 1996), así como datos sobre el ingreso laboral promedio que se calcula utilizando el crecimiento promedio del Producto Bruto Interno (PBI) *per cápita* y la tasa de crecimiento del ingreso medio (Ministerio de Salud de la Nación, 2014). Sin embargo, en este estudio, se ha optado por utilizar los valores de VSL determinados por García y González-Jurado (2017) para individuos argentinos en el año 2014, ajustándose al año 2013, año de la presente investigación. Los autores presentaron los resultados en valores de dólar internacional y un factor de conversión de paridad de poder adquisitivo (PPA) que facilitó la estimación para el 2013 conociendo el PPA de este año. Por último, cabe aclarar que, a pesar de que los autores habían estimado el VSL por rangos etarios, aquí se utilizó el valor promedio de VSL para cualquier tipo de edad.

## **Resultados del análisis y oportunidades de mejora para la información condicionante del modelo EIS**

Finalmente, presentados los ejes de información con sus correspondientes variables y los requerimientos de información de cada una de ellas, se exhibe, en la Tabla 7, un resumen del análisis de los datos a partir de cada uno de los criterios tenidos en cuenta (Tablas 1 a 6) y su capacidad de condicionar, o no, la elaboración de las variables. Además, se incorporan observaciones para aquellas instancias en las que la elaboración de la variable se ha

visto condicionada, junto con sugerencias de mejora para la elaboración del dato que afecte positivamente su calidad y, en consecuencia, aumente la certidumbre de los resultados alcanzados en la utilización del Modelo.

La Tabla 7, recoge y sintetiza a los cinco conjuntos de datos analizados, evidenciando que todos cuentan con al menos un criterio que condiciona la elaboración de las variables. En primer lugar, se destaca la falta de completitud de los datos provenientes del SISP. La falta de cumplimiento de este criterio, obstaculiza, tanto las estimaciones asociadas a los riesgos en salud, como los costos económicos. Asimismo, los datos vinculados al monitoreo de calidad de aire acusan falta de comparabilidad, dado que los sitios de puntos de muestreo son escasos, y los datos levantados corresponden a monitoreos eventuales, con tiempos de medición acotados que no suplen las necesidades de métricas anuales. Por último, los datos asociados a la información poblacional y VSL, presentan criterios cuyas observaciones tienen un grado de dificultad menor para su resolución. Existen diversas metodologías que pueden mejorar los datos poblacionales, en particular, la principal mejora estaría dada por datos censales más frecuentes. La información sujeta al VSL a aplicar es dependiente al rango etario escogido, la limitante principal no estaría dada por la disponibilidad de la información en sí, sino por las decisiones previas tomadas durante el uso del Modelo.

Tabla 7. Análisis total de datos a través de criterios seleccionados, observaciones y propuestas de mejoras

¿La calidad del dato condicionó la elaboración de la variable?				Observaciones	Propuesta de mejora
Datos	Criterio	Si	No		
Datos de monitoreo	Representatividad de los sitios de monitoreo		X	Todas las áreas de interés representadas adecuadamente.	-
	Comparabilidad	X		Se emplearon métricas de 24 horas para datos anuales.	Idealmente, sería realizar un monitoreo continuo. No obstante, tiene la limitante de los recursos económicos. Es por eso que se requiere avanzar a otras alternativas de medición como sensores low cost.
	Representatividad del sector de muestreo		X	Cumple con requisitos normativos. (Decreto Provincial 1.074/2018; US EPA s.f).	-
	Toma de muestras e instrumentos pertinentes		X		-
	Número de puntos de muestreo	X		Dos sitios de muestreo hasta 249.000 habitantes. Para el año 2013, Tandil contaba con 129.214 habitantes y tres puntos de muestreo, lo que resulta adecuado para monitorear el cumplimiento de la normativa.	Para datos de concentraciones que se empleen para evaluaciones en salud, sería ideal mayor cantidad de puntos que representen en el área urbana los aportes de distintas fuentes.
Datos de población	Cobertura		X	Limitaciones vinculadas al proceso censal y resultados obtenidos ya asumidos.	-
	Contenido		X		-
	Estimación	X		Se asume un crecimiento lineal de la población del 2010 al 2013.	Implementación de metodologías de estimación más ajustadas y/o censos o estadísticas continuas.

Tasas	Compleitud	X	<p>1. Acceso únicamente a datos de salud pública. Año 2013: población de 129.214 habitantes - pacientes atendidos en SISP 109.273 = 84,57% población de Tandil. No obstante, hay un engrosamiento de los pacientes vinculado a ingresos por emergencias por accidentes, exámenes preocupacionales y prenupciales, entre otros.</p> <p>2. Dificultad de seguimiento de paciente bajo causa de ingreso inicial.</p> <p>3. Únicamente datos de fallecidos bajo codificación en registros de internación.</p>	<p>1. Acceso a datos de Sistema de Salud Privado.</p> <p>2. Posibilidad de seguimiento de evolución bajo la causa codificada inicialmente.</p> <p>3. Incorporar fallecidos en otras áreas y registros de cementerios y otros centros de salud a los que pueden haber sido derivados.</p>
	Accesibilidad	X	No están al alcance de una amplia gama de usuarios, pero es posible acceder en contexto específico de investigación.	-
	Oportunos	X	Actualizados en tiempo real.	-
	Confidenciales	X	Acceso en contexto específico de investigación con gestión de notas solicitantes. No obstante, sería útil la existencia de procedimientos pre-establecidos para el acceso al dato.	-
	Primarios	X	Datos completamente desagregados.	-
	Procesables de manera automática	X	Estructura de fácil procesamiento.	-
COI	Compleitud	X	<p>1. Idem Dato Tasas, Criterio Compleitud, Punto 1.</p> <p>2. No hay integración entre datos económicos y de salud de los pacientes.</p> <p>3. La selección de casos testigos no tiene en cuenta las diferencias entre pacientes (costos, comorbilidades y evolución del paciente).</p> <p>4. La falta de seguimiento bajo codificación inicial no permite conocer costos asociados a evolución y/o tratamientos posteriores.</p> <p>5. El COI además, incluye costos indirectos vinculados a la pérdida de productividad por la restricción laboral que no ha sido tenida en cuenta; porque la confidencialidad de los datos personales de los pacientes y la falta de integración de datos económicos con datos de salud, no permiten estimar la pérdida percibida para cada uno de los pacientes.</p>	<p>1. Acceso a datos de Sistema de Salud Privado.</p> <p>2. Incorporación de datos económicos a la historia clínica de los pacientes.</p> <p>3. La aplicación del ítem anterior permitiría el uso de todos los datos de los pacientes, evitando la selección de casos testigo.</p> <p>4. Posibilidad de seguimiento de evolución bajo la causa codificada inicialmente.</p> <p>5. Idem ítem 2 del presente apartado.</p>
	Accesibilidad	X	Idem dato Tasas, Criterio Accesibilidad.	-
	Oportunos	X	Idem dato Tasas, Criterio Oportunos.	-
	Confidenciales	X	Idem dato Tasas, Criterio Confidenciales.	-
	Primarios	X	Idem dato Tasas, Criterio Primarios.	-
	Procesables de manera automática	X	Idem dato Tasas, Criterio Procesables de manera automática.	-
VSL	Enfoque empleado	X	Enfoque comúnmente empleado.	-
	Representatividad	X	Se utilizó un valor promedio de VSL para cualquier tipo de edad.	Sería útil definir un VSL por rango etario vinculado a la productividad laboral perdida.

Fuente: elaboración personal

## Conclusiones

Este estudio, destaca las dificultades para realizar estudios epidemiológicos en ciudades pequeñas-intermedias debido a limitaciones técnicas y la calidad insuficiente de los datos, como la falta de continuidad en la recolección y registros adecuados, o la falta de diálogo entre actores. Además, la falta de uso de estándares internacionales de registro de enfermedades dificulta los estudios comparativos.

La investigación muestra cómo la calidad del dato influye en la evaluación del impacto en salud. En el análisis de Tandil, se identificaron deficiencias en la base de datos: insuficiencia de puntos de muestreo, falta de datos poblacionales actualizados, tasas de incidencia y mortalidad por causas específicas, y dificultades para integrar datos de salud con costos económicos.

La baja calidad de los datos puede generar interpretaciones sesgadas, afectando la validez externa y la replicabilidad de los estudios. A pesar de contar con algunas fuentes de datos, estas presentan deficiencias en cobertura, periodicidad y falta de estándares. Por lo tanto, es crucial evaluar rigurosamente la calidad de los datos utilizados para fundamentar decisiones políticas.

Como ejemplo de la utilidad del trabajo, en su aplicación para el caso de Tandil, este análisis sobre la calidad de la información respecto de la contaminación atmosférica por PM, ha sido de interés y está avanzando en la toma de decisiones del sector público. Los datos al interior del SISP se están analizando a la luz de estos criterios, en tanto que existe colaboración con otras iniciativas como el Plan de Acciones Regionales en AirQ+ que lleva adelante la Organización Panamericana de la Salud.

## Referencias

- Acevedo, Ó. A. B. y Camacho, J. C. F. (2011). Sistemas de información en el sector salud en Colombia. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 10(21), 5.
- Achaga, L., Sosa, B. y Cisneros Basualdo, N. (2020). Inventario de contaminantes tóxicos, criterios y GEI para la categoría taxi/reís en la ciudad de Tandil, Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 8(2), 85–106.
- Allende, D., Pascual, D., Ruggeri, M., Mulena, C. y Puliafito, E. (2014). Monitoreo e identificación de fuentes de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>1</sub> en el área urbana y suburbana del Gran Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 18, 01.19–01.26.
- Andrés, D., Ferrero, E. y Mackler, C., (1997). Monitoreo de contaminantes del aire en la ciudad de Rosario-Argentina. *Información Tecnológica*, 8(6).
- Arciénaga Morales, A., Tolosa, A., Notta, A. y Capitanich, J. (2022). Ciencia de Datos en la Gestión Pública. *TRAMAS, Revista de Política, Sociedad y Economía*, (17), 11–40. <https://web.archive.org/web/20240621031143/http://tramas.escoladegobierno.gob.ar/wp-content/uploads/REVISTA-TRAMAS-17.pdf>
- Asis, C. (2022). *Movilidad sostenible e indicadores de seguimiento, una propuesta para el caso de Tandil, Argentina* [Tesis de Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. Argentina.
- Babin, S., Burkom H., Holtry, R., Taberner, N., Stokes, L., Davies-Cole, J., DeHaan, K., & Lee, D. (2007). Pediatric patient asthma-related emergency department visits and admissions in Washington, DC, from 2001–2004, and a with air quality, socio-economic status and age group. *Environ Health*, 6(9).

- Bacardit, N. S., Bargalló, E. V., Ugena, J. A., & Vila, L. C. (2018). Air pollution, cardiovascular risk and hypertension. *Hipertension y riesgo vascular*, 35(4), 177-184.
- Bacigalupe, A., Esnaola, S., Calderón, C., Zuazagoitia, J. y Aldasoro, E. (2009). La evaluación del impacto sobre la salud: una herramienta para incorporar la salud en las intervenciones no sanitarias. *Gaceta Sanitaria*, 23, 62-66.
- Badura, B. E. (2023). *Monitoreo y caracterización química del material particulado en suspensión en aire ambiente del Gran La Plata* [Tesis de Licenciatura en Química y Tecnología Ambiental, Universidad Nacional de La Plata]. Argentina.
- Becerra Artieda, A. F. (2003). La construcción de un modelo teórico pertinente a la lógica del objeto. *Nombre falso*, 29(10).
- Bell, M., Ebisu, K., Peng, R., Walker, J., Samet, J., Zeger, S., & Dominici, F. (2008). Seasonal and regional short-term effects of fine particles on hospital admissions in 202 US counties, 1999-2005. *American journal of epidemiology*, 168(11), 1301-1310.
- Belló, M. y Becerril-Montekio, V. M. (2011). Sistema de salud de Argentina. *Salud pública de México*, 53(2), s96-s109.
- Buenos Aires Ciudad. (s.f.). *Laboratorio ambiental*. <https://buenosaires.gob.ar/control-ambiental/laboratorio-ambiental>
- Burnett, R., Chen, H., Szyszkowicz, M., Fann, N., Hubbell, B., Pope, C. A., Apte, J. S., Brauer, M., Cohen, A., Weichenthal, S., Coggins, J., Di, Q., Brunekreef, B., Frostad, J., Lim, S. S., Kan, H., Walker, K. D., Thurston, G. D., Hayes, R. B., Lim, C. C., Turner, M. C., Jerrett, M., Krewski, D., Gapstur, S. M., Diver, W. R., Ostro, B., Goldberg, D., Crouse, D. L., Martin, R. V., Peters, P., Pinault, L., Tjepkema, M., van Donkelaar, A., Villeneuve, P. J., Miller, A. B., Yin, P., Zhou, M., Wang, L., Janssen, N. A. H., Marra, M., Atkinson, R. W., Tsang, H., Quoc Thach, T., Cannon, J. B., Allen, R. T., Hart, J. E., Laden, F., Cesaroni, G., Forastiere, F., Weinmayr, G., Jaensch, A., Nagel, G., Concin, H. & Spadaro, J. V. (2018). Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(38), 9592-9597.
- Canela-Soler, J., Elvira-Martínez, D., Labordena-Barceló, M. J. y Loyola-Elizondo, E. (2010). Sistemas de Información en Salud e indicadores de salud: una perspectiva integradora. *Medicina Clínica*, 134, 3-9.
- Castillo Lugo, J. J. (2010). *Estimación de los beneficios en salud asociados a la reducción de la contaminación atmosférica en Bogotá, Colombia* [Tesis de Maestría, Ingeniería Civil, Universidad de los Andes]. Colombia. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/4ae04af3-0cd1-4119-9451-64ea92b4aba9>
- Centro Centroamericano de Población. (s.f.). *Herramientas para proyectar la población*. CCP.
- Chen, J., & Hoek, G. (2020). Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: a systematic review and meta-analysis. *Environment international*, 143, 105974.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2014). *Los datos demográficos. Alcances, limitaciones y métodos de evaluación*. Serie Manuales. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ce4ca3ff-3f6c-40bc-95ad-cf2d4603d5cb/content>
- Consortio del Parque Industrial de Tandil. (2023). *Listado de empresas radicadas en el PIT*. [Datos internos, no publicado].
- Datos.Bahía (s.f.). *Indicadores de calidad de aire en Bahía Blanca*. <https://datos.bahia.gob.ar/>

- dataset/indicadores-de-calidad-de-aire-en-bahia-blanca
- Decreto Provincial 1.074 de 2018 (2018, 5 de octubre). *Aprueba la reglamentación de la Ley 5965 de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera. Deroga el Decreto 3395/96. Designa autoridad de aplicación al organismo provincial para el desarrollo sostenible (OPDS)*. <https://normas.gba.gov.ar/ar-b/decreto/2018/1074/17866>
- Decreto Provincial 3.395 de 1996 (1996, 27 de septiembre). (Derogado por Dec. 1074/18). *Ecología efluentes gaseosos: reglamentación. Generadores de emisiones gaseosas - medio ambiente - atmósfera - aire*. <https://normas.gba.gov.ar/ar-b/decreto/1996/3395/72949>
- Donalisio, R. y Banda Noriega, R. (2013). Gestión integral de residuos de establecimientos de salud en Tandil. *Revista Estudios Ambientales*, 1(1), 86-106.
- En La Plata se instalará la primera estación de monitoreo de calidad del aire de la Provincia (2019, 8 de junio). *Info Blanco sobre Negro*. <https://www.infoblancosobrenegro.com/nota/32037/en-la-plata-se-instalara-la-primera-estacion-de-monitoreo-de-calidad-del-aire-de-la-provincia/>
- Finkelievich, S., Feldman, P. y Girolimo, U. (2017). Tandil: innovación y desarrollo local. *Cuaderno urbano*, 22(22), 0-0.
- García, C. M. y González-Jurado, J. A. (2017). Impacto de la inactividad física en la mortalidad y los costos económicos por defunciones cardiovasculares: evidencia desde Argentina. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 41, e92.
- Giuliani, D. S. (2020, 12 de noviembre). Desarrollo de un índice de calidad de aire local para la región del gran La Plata [ponencia virtual]. *Encuentro de Becarios de Posgrado de la UNLP*. Argentina.
- Glad, J. A., Brink, L. L., Talbott, E. O., Lee, P. C., Xu, X., Saul, M., & Rager, J. (2012). The relationship of ambient ozone and PM<sub>2.5</sub> levels and asthma emergency department visits: possible influence of gender and ethnicity. *Archives of environmental and occupational health*, 67(2), 103-108.
- Grassi, Y. S., Brignole, N. B. y Diaz, M. F. (2019). Contaminación atmosférica debido a fuentes móviles en la ciudad de Bahía Blanca. Percepción del bahiense. *Libro de resúmenes del XXXII Congreso Argentino de Química* (pp. 626-629). Asociación Química Argentina.
- Grushka, C. O. (1996). *Tablas actuariales para Argentina, 1990-1992*. Superintendencia de Administradoras de Fondos de Jubilaciones y Pensiones.
- Guerrero, E. M. (2012). El crecimiento urbano de la ciudad de Tandil entre 1966-2012 y sus relaciones con el ambiente. *Revista electrónica Geousal*, 7(13).
- Guerrero, E. M., Sosa, B., Rodríguez, C. I. y Miranda del Fresno, M. C. (2013). Naturaleza transformada y servicios ambientales en la cuenca del Langueyú, Tandil, Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 1(1), 45-66.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (s.f.). *Manuales de monitoreo atmosférico en México. Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire*. <https://sinaica.inecc.gob.mx/pags/guias.php>
- Instituto Nacional de Estadística. (2023). *Estadística Continua de Población. Proyecto Técnico*. [https://www.ine.es/inebaseDYN/ecp30282/docs/proyecto\\_tecnico\\_ECP.pdf](https://www.ine.es/inebaseDYN/ecp30282/docs/proyecto_tecnico_ECP.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020). *Resumen del Foro Mundial de Datos de las Naciones Unidas 2020*. <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Institucional-Indec-Foros>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). *Censo Nacional de Población, Hogares*

- y *Viviendas 2022. Resultados Provisionales*. [https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/poblacion/cnphv2022\\_resultados\\_provisionales.pdf](https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/poblacion/cnphv2022_resultados_provisionales.pdf)
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2016). *Estimación de Impactos en la Salud por Contaminación Atmosférica en la Región Centro del País y Alternativas de Gestión*. INECC.
- International Organization for Standardization. [ISO]. (2008). *Software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Data quality model (ISO/CEI 25012:2008)*. OSO. IEC.
- Ley Provincial 5.965 de 1958 (1958, 2 de diciembre). *Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera*. <https://www.argentina.gov.ar/normativa/provincial/ley-5965-123456789-0abc-defg-569-5000bvorpyel/actualizacion>
- Mellado, D. (2020, 12 de noviembre). *Caracterización de la composición del material particulado en suspensión en aire ambiente del Gran La Plata* [ponencia virtual]. Encuentro de Becarios de Posgrado de la UNLP. Argentina.
- Metalúrgica Tandil bajó las persianas (2018, 27 de octubre). *Página 12*. <https://www.pagina12.com.ar/151249-metalurgica-tandil-bajo-las-persianas>
- Ministerio de Desarrollo Social. (2017). *Estimación del Valor de la Vida Estadística en Chile a través del Enfoque de Disposición a Pagar*. Ministerio de Desarrollo Social. División de Evaluación Social de Inversiones.
- Ministerio de Salud de la Nación Argentina. (2013). *Guía para el fortalecimiento de la Vigilancia de la Salud en el nivel local*. Ministerio de Salud de la Nación. Dirección de Epidemiología – Área de Vigilancia.
- Ministerio de Salud de la Nación Argentina. (s.f.). *Registro Federal de Establecimientos de Salud*. Sistema Integrado de Información Sanitaria Argentino (SISA). <https://sis.ms.gov.ar/sisa/#sis>
- Ministerio de Salud de la Nación. (2014). *Tercera Encuesta Nacional de Factores de Riesgo para Enfermedades No Transmisibles*. <http://www.msal.gov.ar/images/stories/publicaciones/pdf/11.09.2014-tercer-encuentro-nacional-factores-riesgo.pdf>
- Moreno, G., Martínez Carretero, E., Duplancic, A. y Alcalá, J. (2016). Frecuencia de diferentes tamaños de material particulado en hojas de *Morus alba* en el arbolado urbano de Mendoza (Argentina). *Multequina*, 25(1), 05-12.
- Moya García, I. (2020). *Efectos de la contaminación atmosférica en la salud infantil* [Tesis de grado en Ciencias Ambientales, Universidad de Jaén]. España. <https://crea.ujaen.es/items/73a8c2c0-0163-489a-b9fa-2bd74bcd5b27>
- Municipio de Tandil. (2007). *Plan de Desarrollo Territorial de Tandil*. Documento Diagnóstico.
- Municipio de Tandil. (s.f.). *Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) Tandil*. [https://mapa.tandil.gov.ar/visualizador.html?zoom=12&lat=-37.3237&lng=-59.1078&layers=OSM%20Standard,industrias\\_censo2022#](https://mapa.tandil.gov.ar/visualizador.html?zoom=12&lat=-37.3237&lng=-59.1078&layers=OSM%20Standard,industrias_censo2022#)
- Naveyra, J. (2023). *Valoración de beneficios ambientales en la salud para distintos escenarios de concentración de PM10 y PM2,5 en calidad de aire urbano. Tandil año 2013* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. Argentina.
- Organización Panamericana de la Salud. (2018). *Indicadores de salud. Aspectos Conceptuales y Operativos*. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/49058>
- Organización Panamericana de la Salud. (2022). *Principios rectores sistemas de información*.

- <https://www.paho.org/es/documentos/principios-rectores-sistemas-informacion-para-salud>
- Ortega-García, J. A., Martínez-Hernández, I., Boldo, E., Cárcelos-Álvarez, A., Solano-Navarro, C., Ramis, R., Aguilar-Ros, E., Sánchez-Solis, M. y López-Hernández, F. (2020). Contaminación atmosférica urbana e ingresos hospitalarios por asma y enfermedades respiratorias agudas en la ciudad de Murcia (España). *Anales de Pediatría*, 93(2), 95-102.
- Pannia, P. G. (2023). Efectos de la contaminación del aire en la salud infantil. *Archivos argentinos de pediatría*, 121(1), 3-3.
- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R., & Neira, M. (2016). *Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the burden of disease from environmental risks*. World Health Organization.
- Real Decreto 102 de 2011 (2011, 29 de enero). *Relativo a la mejora de la calidad del aire*. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. Gobierno de España.
- Sandin-Vazquez, M., & Sarría-Santamera, A. (2008). Health impact assessment: assessing the effectiveness of policies in population health. *Revista española de salud pública*, 82(3), 261-272.
- Santa Fe Provincia. (s.f.). *Monitoreo calidad de aire*. <https://lc.cx/FYQbGQ>
- Sassone, S. (2000). Reestructuración territorial y ciudades intermedias en la Argentina. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, (123), 57-92.
- Schwartz, J. (1994). Air Pollution and Hospital Admissions For the Elderly in Detroit, Michigan. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 150(3), 648-655.
- Sosa, B. (2015). *Contaminación ambiental por material particulado y compuestos orgánicos volátiles en la ciudad de Tandil, Provincia de Buenos Aires* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de la Plata]. Argentina.
- Sosa, B., & Cisneros Basualdo, N. (2021). Top-down and bottom-up approaches to estimate air emissions inventories (aei): case of waste collection service in an intermediate city. En J. E. Colman Lerner (Ed.), *Air Pollution Effects and Dangers* (pp. 157-188). Nova Science Publishers Inc.
- Sosa, B., Porta, A., Lerner, J. E. C., Noriega, R., & Massolo, L. (2017). Human health risk due to variations in PM10-PM2.5 and associated PAHs levels. *Atmospheric environment*, 160, 27-35.
- Soto Guerrero, F. (2014). *Análisis de la problemática asociada con la baja calidad de datos en los sistemas de información* [Tesis de Maestría, Ciencias y Tecnologías de la Computación, Universidad Politécnica de Madrid]. España. <https://oa.upm.es/44619/>
- Sullivan, J., Sheppard, L., Schreuder, A., Ishikawa, N., Siscovick, D., & Kaufman, J. (2005). Relation between short-term fine-particulate matter exposure and onset of myocardial infarction. *Epidemiology*, 16(1), 41-48.
- Tandil: Ratifican el cierre de «Metan» y crece el temor a perder más fuentes laborales (2011, 9 de agosto). *Mundo Gremial*. <https://mundogremial.com/tandil-ratifican-el-cierre-de-metan-y-crece-el-temor-a-perder-mas-fuentes-laborales/>
- United States Environmental Protection Agency. (2025). *Código de Regulaciones Federales, Título 40, Parte 60, Apéndice A. eCFR*. <https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-C/part-60/appendix-Appendix%20A-1%20to%20Part%2060>

- United States Environmental Protection Agency. (s.f.). *Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP)*. <https://www.epa.gov/benmap/benmap-40>
- Vanina Ripari, N., Elorza, M. E., y Moscoso, N. S. (2017). Costos de enfermedades: clasificación y perspectivas de análisis. *Revista ciencias de la salud*, 15(1), 49-58.
- Vapñarsky, C. A. y Gorojovsky, N. (1990). *El crecimiento urbano en la Argentina*. Grupo Editor Latinoamericano. Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo.
- Vélez, D. C. (2006). *Modelos teóricos y representación del conocimiento* [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. España.
- Wassermann, A. O. (2013). Bases epidemiológicas para la comprensión de los factores de riesgo. *FEPREVA*, 11.
- Wichmann, G., Franck, U., Herbarth, O., Rehwagen, M., Dietz, A., Massolo, L., Ronco, A., & Müller, A. (2009). Different immunomodulatory effects associated with sub-micrometer particles in ambient air from rural, urban ad industrial areas. *Toxicology*, 257, 127-136.