



Diciembre 2018

Generación de políticas públicas para mitigación del impacto de la contaminación del aire

Desarrollo de indicadores de gestión y propuesta de red de monitoreo

El caso del Partido de Lomas de Zamora

Mg. Ing. Esteban Raúl Blanco

TESISTA

Dr. Atilio Andrés Porta

DIRECTOR



Centro de Investigaciones
de Gestión Ambiental Territorial
Facultad de Ingeniería - UNLZ

Contenido

Agradecimientos	3
Resumen.....	5
1. Introducción.....	6
a) Calidad del aire	6
b) Fuentes de contaminantes:.....	7
c) Estado del arte en la región:	10
d) Objetivos.....	12
2. Marco teórico	13
a) Recomendaciones de la OMS.....	13
b) Diferentes contaminantes considerados	14
i. Material particulado en suspensión (MP)	14
ii. Compuestos orgánicos volátiles (COVs):	16
iii. Efectos específicos de algunos contaminantes sobre la salud.....	18
c) Gestión de la contaminación ambiental. Tecnología de control de la contaminación para la reducción de contaminantes.....	22
i. Gestión de la contaminación atmosférica	22
ii. Tecnologías de Control de la contaminación.....	24
d) Políticas Públicas en Calidad de Aire	27
i. Experiencia de la Unión Europea	27
ii. España	32
iii. Inglaterra.....	37
iv. Francia.....	39
v. Estados Unidos	44
vi. Comparación de las políticas y legislación de protección del aire de la Unión Europea y los Estados Unidos:.....	46
vii. México:.....	50
viii. Chile.....	59
ix. Argentina: Experiencia nacional, provincial y municipal	66
3. Caracterización del Partido de Lomas de Zamora	86
a) Región de estudio	86
b) Centros de Salud de Lomas de Zamora.....	92

c)	Tránsito vehicular	93
d)	Industrias instaladas.....	97
e)	Puntos de monitoreo.....	99
4.	Línea de base de calidad del aire de Lomas de Zamora	101
a)	Determinación de MP y COVs	101
i.	Material particulado (MP), mediciones	101
ii.	Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), mediciones.....	107
b)	Efectos sobre la salud	111
i.	Espirometrías forzadas	111
ii.	Encuesta epidemiológicas	116
iii.	Análisis de resultados obtenidos	117
c)	Mapa de riesgo dinámico	131
d)	Puntos de monitoreo: criterios generales	135
e)	Definición de los puntos de monitoreo. El caso del partido de Lomas de Zamora y su región de influencia	140
5.	Propuestas para la generación de políticas públicas en el Municipio de Lomas de Zamora	145
a)	Plan Estratégico de Control de Contaminantes Atmosféricos	146
6.	Conclusiones	150
7.	Referencias bibliográficas:	152
8.	Siglas y acrónimos	165
9.	Índice de Figuras	168
10.	Índice de Tablas	170
11.	Anexo I: Formulario de la Encuesta realizada en las dos etapas del relevamiento:.....	171
12.	Anexo II: Resultados de muestreo de material particulado (MP)	179
13.	Anexo III: Resultados de muestreo de compuestos orgánicos volátiles (COVs).....	180
14.	Anexo IV: Total de precipitaciones caída (en mm), en los períodos de monitoreo de MP	181

Agradecimientos

“Culto no es el que lee más libros.
Culto es el que es capaz de escuchar al otro.”

“Ojalá podamos ser desobedientes
cada vez que recibamos órdenes
que humillan nuestra conciencia o
violán nuestro sentido común.”

Eduardo Galeano

En primer lugar mi agradecimiento es hacia la Educación Pública, Estatal y Gratuita, es el recorrido a través de muy diferentes instituciones de su amplio espectro lo que hizo posible, en gran parte, que hoy esté alcanzando este nuevo objetivo. Estoy convencido que el fortalecimiento democrático de las instituciones públicas educativas y de ciencia promueve la mejora de la calidad de vida de nuestro pueblo. Este trabajo es fruto de una gran cantidad de recursos invertidos por el Estado, a lo largo de muchos años, en proyectos de investigación, congresos, diferentes tipos de subsidios y la formación continua de numerosos recursos humanos que directa o indirectamente contribuyeron para alcanzarlo.

Agradezco a las actuales autoridades de la Facultad de Ingeniería y del doctorado, Dr. Oscar Pascal, Dr. Juan Pavlicevic, Dr. Diego Serra, Dra. Claudia Minnaard, Dr. Andrés Reschuck, Dra. Marta Comoglio, la posibilidad que me dieron al insistir en que realice este nuevo trayecto de formación académica. Es cierto que muchas veces no comparto algunos criterios, estrategias o ideas que hemos intercambiado en numerosas charlas con varios de ellos, pero la posibilidad de disentir es lo que enriquece al sistema universitario. Por otra parte, la continuidad en la actual gestión a lo largo de más de dos décadas ha colocado a nuestra Facultad de Ingeniería en un lugar destacado de las instituciones educativas y eso es algo muy valorable para toda nuestra comunidad.

Agradezco al Téc. Sup. Ricardo Marcelo Bertoglio, Director de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria “Ing. Carlos E. Giudici” y a la Lic. Estela Campos, Directora del Ciclo Básico de la Escuela por su colaboración facilitando el acceso a la institución que dirigen para la realización de las encuestas del estudio epidemiológico, las espirometrías y la colocación de los equipos para medir el material particulado y los compuestos orgánicos volátiles.

A mis compañeros de Vialidad, gracias por tolerar algunos días (no pocos por cierto) donde mi humor no era de lo más agradable, gracias Tato, Clarisa, Valeria, Julia, Luis y Jorge.

Al equipo que forma el CIMA les debo gran parte de la tesis, su aporte colaborativo y desinteresado fue fundamental para el desarrollo de este trabajo. Al Dr. Esteban Colman Lerner por el análisis de las pastillas de carbón activado para determinar los COVs y sus charlas en el CIGATe sobre espectros cromatográficos para determinación de contaminantes; a la Lic. Soledad

Represa por la confección de la rosa de los vientos y el análisis estadístico con los datos de las espirometrías y las encuestas; a las Qca. Myriam Aguilar y Lic. Daniela Giuliani su capacidad para trabajar con los alumnos en la realización de las espirometrías fue un gran aporte y luego ocuparse de su manejo estadístico; a la Dra. Yanina Sanchez sus charlas sobre modelos matemáticos de difusión de contaminantes me ayudaron a conocer su existencia y utilidad; al Lic. Marco Orte por sus indicaciones para instalar la estación meteorológica en la terraza de la Facultad de Ingeniería.

Agradezco al incipiente equipo de trabajo que formamos con mis compañeros del CIGATe, Dra. Cristina Lafflito su cooperación fue determinante este último año haciéndose cargo de numerosas responsabilidades del grupo para que pudiera dedicar tiempo a esta tesis, Ing. Jonathan Morris su aporte con las normas IRAM fue muy valioso, Ing. Analía Figueira, Ing. Carla Bertoglio, Dr. Leandro Rodríguez, Matías Penida, Facundo Mayo, Carla Mergel, Mélo di Abregu, creo que estamos aprendiendo a trabajar de una manera integral, complementaria, comprometida con las necesidades de la región donde está inserta nuestra Facultad. Comenzamos a ver claramente los frutos del trabajo colaborativo, donde establecer prioridades nos va permitiendo obtener resultados concretos, esta tesis es sin duda uno de esos logros colectivos. Al Dr. Elvio Heidenreich quien comparte generosamente su lugar de trabajo y con quien a través de nuestras largas charlas hemos construido una gran amistad.

A mi familia, les he robado muchos fines de semana, gracias por sostenerme siempre y brindarme el amor necesario para seguir construyendo una realidad mejor para nuestra sociedad, gracias Peta, siempre con esa mirada crítica pero un acompañamiento incondicional, Vicky, Matías, Buji y la entrañable Malenita con su fueguito maravilloso. A mi vieja que tanto ha hecho por nuestra realización como personas, seguramente mi viejo disfrutaría este momento intensamente.

Al Dr. Andrés Porta, antes de ser director de esta tesis ya era un amigo entrañable. A lo largo de nuestras sistemáticas reuniones de los lunes no solo compartimos muchos litros de mate discutiendo sobre este trabajo sino que soñamos con un mejor escenario para nuestro pueblo, aprendimos a trazar estrategias que de a poco van dando sus frutos y disfrutamos resolviendo las dificultades presentadas por cada nuevo desafío.

“Cuando una cantidad cada vez más grande de información se distribuye a una velocidad cada vez más alta, la creación de secuencias narrativas, ordenadas y progresivas, se hace paulatinamente más dificultosa. La fragmentación amenaza con devenir hegemónica. Y esto tiene consecuencias en el modo en que nos relacionamos con el conocimiento, con el trabajo y con el estilo de vida en un sentido amplio.”

Zygmunt Bauman

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de brindar una herramienta a los tomadores de decisión que permita establecer un plan de trabajo, en el marco de políticas públicas, para hacer frente a la problemática referida a la contaminación atmosférica de manera integral. Con este fin se hace un recorrido bibliográfico de los efectos de diferentes contaminantes sobre la salud de las personas. Se identifican los principales contaminantes pasibles de ser encontrados en la región de estudio. Se revisan los resultados obtenidos del trabajo experimental realizado entre los años 2013 y 2018 en el municipio de Lomas de Zamora consistentes en muestras de $MP_{2,5}$, MP_{10} y TSP, muestras de COVs en cuatro sitios del distrito. Se analizan espirometrías junto con encuestas epidemiológicas realizadas (bajo normas OMS) en jóvenes entre 12 y 18 años en las dos sedes de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria dependiente de la Facultad de Ingeniería de la UNLZ. Se hace una revisión de las diferentes estrategias utilizadas en los países industrializados (EE.UU. y la Unión Europea) y de algunas experiencias en América Latina (México y Chile). Se revisa la legislación nacional, provincial y municipal referida a esta problemática y se comparan los resultados obtenidos en la región de estudio con otros casos nacionales de ciudades con características semejantes. El trabajo de campo realizado permite establecer una línea de base preliminar que requiere, de todos modos, de un mayor esfuerzo experimental invirtiendo más recursos en tomas de muestra, espirometrías y de este modo confirmar los datos obtenidos y ampliar el análisis de las fuentes de contaminantes. Como producto final, se presentan lineamientos para la implementación de un Plan Estratégico de Control de la Contaminación Atmosférica y la propuesta de siete estaciones de monitoreo continuo.

Summary

The present research work has the purpose of providing a tool to the decision-makers that allows establishing a work plan, within the framework of public policies, to deal with the problems related to air pollution in an integral manner. For this purpose, a bibliographical review of the effects of different pollutants on the health of people is made. The main contaminants that can be found in the study region are identified. We review the results obtained from the experimental work carried out between 2013 and 2018 in the municipality of Lomas de Zamora consisting of samples of $MP_{2,5}$, MP_{10} and TSP, samples of VOCs in four sites of the district. Spirometries are analyzed along with epidemiological surveys conducted (under WHO standards) in young people between 12 and 18 years of age in the two campuses of the Pre-University Technological School under the Engineering Faculty of the UNLZ. A review is made of the different strategies used in the industrialized countries (USA and the European Union) and of some experiences in Latin America (Mexico and Chile). The national, provincial and municipal legislation related to this problem is reviewed and the results obtained in the study region are compared with other national cases of cities with similar characteristics. The field work carried out allows establishing a preliminary baseline, which requires in any case a greater experimental effort, investing more resources in samples, spirometry and thus confirming the data obtained and expand the analysis of the sources of contaminants. As a final product, guidelines for the implementation of a Strategic Plan for the Control of Atmospheric Pollution and the proposal of seven continuous monitoring stations are presented.

Generación de políticas públicas para mitigación del impacto de la contaminación del aire. Desarrollo de indicadores de gestión y propuesta de red de monitoreo. El caso del Partido de Lomas de Zamora.

1. Introducción

a) Calidad del aire

El concepto de contaminación incluye de alguna forma la degradación del ambiente. La atmósfera es un complejo conjunto de gases producidos a lo largo de la historia por fenómenos biológicos, geológicos y atmosféricos. Desde los albores de la humanidad, la atmósfera fue recibiendo el impacto de la actividad antrópica, hoy es reconocido que este aporte “ensucia” tanto la atmósfera como otros elementos del ambiente tales como el agua y el suelo. La polución del ambiente implica la degradación del mismo, una pérdida de su calidad. El aire se degrada por el aporte de partículas o sustancias gaseosas o diferentes formas de energía (calor, ruido, radiación)¹.

Los procesos de polución se dan por el libre movimiento de las partículas de aire en el ambiente a partir de fuentes naturales y antrópicas (es decir provocadas por el hombre). Los programas de regulación en los diferentes países consideran las diferentes concentraciones de compuestos en suspensión en el aire como parámetros a controlar, es la concentración de partículas o sustancias las que nos permite inferir la “calidad” del aire. Los niveles regulados o permitidos tienen base en su capacidad de afectar, o no, la salud de la población.

El problema de la contaminación antropogénica del aire ha sido y sigue siendo uno de los principales problemas que afecta una parte importante de las políticas públicas en la mayoría de los países pero fundamentalmente en los países emergentes. La quema de combustibles fósiles y el desarrollo de las revoluciones industriales de los siglos XIX y XX son los que dan las características de la contaminación de nuestros días.

Algunos países han desarrollado niveles de control más estrictos por diferentes factores que generaron un concentración de contaminantes que afectaron la salud pública por las características geográficas y climatológicas del asentamiento de sus grandes ciudades, y en otros, como la región de estudio que se toma para la presente tesis, la posibilidad de tener aire con mejores condiciones atmosféricas (vientos de direcciones que permiten mantener relativamente la calidad del aire sin cordones montañosos que lo encajonan o la inexistencia de fenómenos naturales como la inversión térmica) implicó que ese control llegara relativamente hace poco tiempo (52).

¹ Air Quality. T. Godish 4th. Ed. 2004.

El ejemplo de la ciudad de Londres y otras ciudades industriales de Inglaterra, que sufrieron durante muchas décadas el “smog”² generado por una combinación de la niebla típica del mar del Norte y el hollín residual de la combustión fundamentalmente de carbón como fuente de energía, planteó una problemática severa en las condiciones de la calidad del aire. Otro lugar con un smog característico es la Bahía de Los Ángeles en California, Estados Unidos, donde las montañas generan una barrera que impide la dispersión de las emisiones de millones de vehículos concentrados en esa región combinada con el fenómeno de inversión térmica que impide la dispersión de las partículas que contaminan el aire. Otra ciudad con grandes problemas por la polución generada por el tránsito es Santiago de Chile, allí la cordillera genera una barrera natural que impide a los vientos limpiar las emisiones de contaminantes. En general las emisiones de los vehículos y la quema de combustibles fósiles para generar energía, junto con las emisiones industriales forman la composición de este smog que también genera malas condiciones de visibilidad (52).

El aire también puede ser contaminado por otros elementos como el ruido, el calor, la radiación ionizante y campos electromagnéticos asociados con la transmisión de energía eléctrica. Estos factores tienen menor importancia en cuanto a efectos sobre la salud de las personas y quedan fuera del marco de tratamiento de la presente tesis.

Por el efecto sobre la salud de las personas, el aire de la atmósfera, los vegetales, los animales y los materiales en general, los contaminantes gaseosos reciben un tratamiento en particular. La regulación de su emisión busca limitar fundamentalmente sus efectos nocivos sobre la salud.

b) Fuentes de contaminantes:

Las fuentes de emisión de contaminantes gaseosos son numerosas y muy variadas, pueden provenir del transporte, combustión de distintos tipos de combustibles, procesos industriales, quemados de depósitos de residuos sólidos (voluntarios o accidentales). También pueden ser resultado de reacciones químicas en la naturaleza.

Pueden clasificarse como fuentes primarias aquellas que emiten directamente el contaminante a la atmósfera y como secundarias aquellas que se forman en la atmósfera a partir de la combinación de distintas sustancias. Por ejemplo el ozono es una sustancia que se forma al combinarse los hidrocarburos (HC) con óxidos de nitrógeno (NOx) en presencia de luz solar. La lluvia ácida es producto de la combinación de dióxido de azufre (SO₂) con agua; este gas se origina fundamentalmente por la combustión de petróleo o combustibles fósiles que tienen azufre, al reaccionar con el vapor de agua forma ácido sulfúrico provocando profundos daños a vegetales,

² El término “smog” utilizado para describir severas condiciones de polución del aire, proviene de la conjunción de las palabras “smoke” y “fog” (humo y niebla en inglés).

animales e infraestructura construida; también actúa como precursor formando sulfato de amonio lo que aumenta los niveles de PM_{10}^3 y $PM_{2,5}$.

Asimismo las fuentes primarias pueden ser fijas o móviles, existiendo más subdivisiones con el fin de administrar burocráticamente los diferentes tipos de control que se busca establecer a nivel nacional, provincial y municipal.

Las fuentes móviles son las provocadas por los autos, trenes, aviones, etc. En algunas circunstancias determinados tipos de acontecimientos como ser grandes espectáculos o eventos deportivos incrementan la concentración de emisores móviles pequeños (como ser en los estacionamientos de los estadios o en los shoppings).

Para llevar adelante una gestión que contrarreste el efecto nocivo de los contaminantes emitidos a la atmósfera es necesario conocer el tipo de contaminantes y las cantidades emitidas, en ese sentido son valiosos los esfuerzos realizados para medir concentraciones tanto como para establecer inventarios de emisiones. Este instrumento, el inventario de emisiones, es de gran importancia ya que contiene información de las emisiones de contaminantes de las fuentes fijas y móviles. Sirve para plantear acciones a nivel nacional y local, permitiendo desarrollar políticas públicas adecuadas ya que da noción clara de cómo se comportan los contaminantes y cuáles son las fuentes que más emisiones generan en el país.

En un trabajo sobre inventario de emisiones en nuestro país, se destaca que del total de emisiones de CO_2 (140Tg) el 42% lo produce el transporte, del total de emisiones de NO_x (786Gg) el 70% es producido por el transporte y del total del CO (1,7Tg) el 91% lo produce el transporte, en el mismo trabajo se indica que en la región pampeana (CABA, Buenos Aires y La Pampa) se concentra el 60% de la actividad del transporte y emisiones (53).

El análisis de esta información plantea claramente que el sector del transporte es uno de los sectores más importantes donde se deben planificar los controles y regulación para lograr mejoras en cuanto a la disminución de la emisión de gases nocivos para la salud.

Según datos de la USEPA⁴ en la década de 1970, luego de verificar el alto nivel de emisiones en los Estados Unidos y su impacto en la salud, se estableció una legislación con niveles muy estrictos y se implementó un importante sistema de control que luego de 30 años permitieron verificar mejoras importantes en la disminución de emisiones. Pudieron establecer que el transporte en todas sus variantes era el responsable del 50% de la emisión de los primeros cinco contaminantes (CO , NO_x , SO_x , MP_{10} , $COVs$)⁵, la combustión de combustible de origen fósil fue la principal fuente de NO_x y de óxidos de azufre (SO_x) y los procesos industriales se presentaron como la mayor fuente de MP_{10} y la segunda fuente de SO_x (52).

³ El subíndice hace referencia al diámetro aerodinámico promedio en micras (10^{-6} metros) de las partículas en suspensión.

⁴ USEPA: United State Environmental Protection Agency

⁵ CO : monóxido de carbono, NO_x : óxidos de nitrógeno, SO_x : óxidos de azufre, MP : material particulado, $COVs$: compuestos orgánicos volátiles.

Casos como el de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la *Clean Air Act* en Estados Unidos muestran que cuanto menor sea la contaminación atmosférica de una ciudad, mejor será la salud respiratoria y cardiovascular de su población, resultando más costoso atender los efectos de la contaminación atmosférica que implementar acciones que mejoren la calidad del aire a nivel mundial.⁶

La contaminación y su propagación:

Existe una relación causal entre la concentración de un contaminante del aire a nivel del suelo, la intensidad de emisión de diferentes fuentes y las condiciones de su propagación. En el siguiente gráfico se pueden ver claramente los conceptos de emisión, transmisión e inmisión⁷.

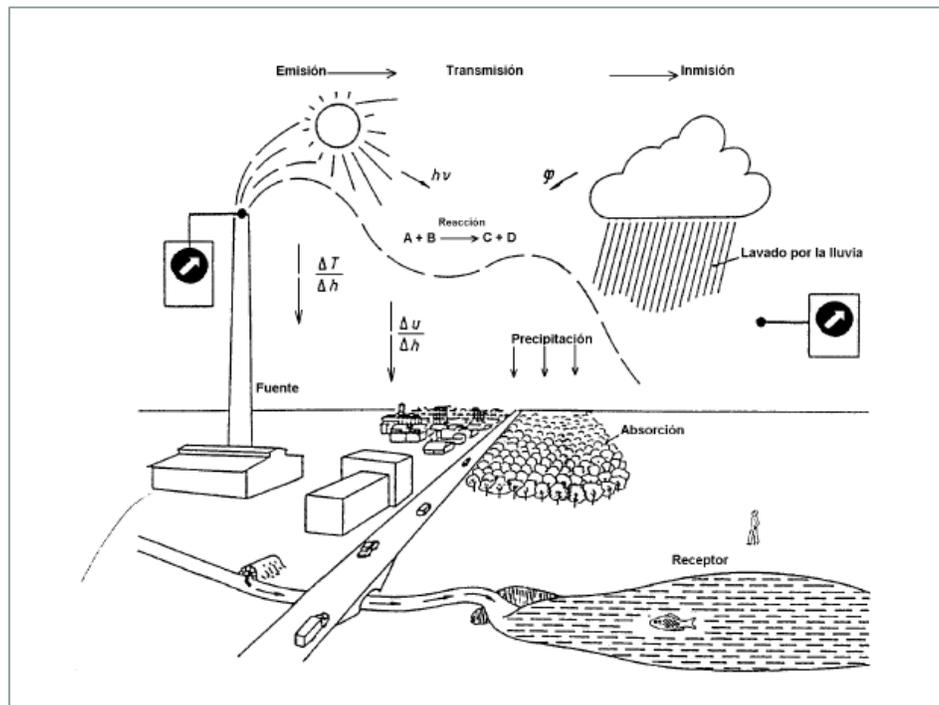


FIGURA Nº 1: ILUSTRACIÓN EXPLICATIVA DE LOS CONCEPTOS DE EMISIÓN, TRANSMISIÓN E INMISIÓN (FUENTE: IRAM 29.227:1999).

⁶ Recomendaciones de política pública para mejorar la calidad de aire en México. Una visión compartida. Centro Mexicano de Derecho Ambiental. Documento publicado en colaboración con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, México) y con el apoyo de la Fundación William and Flora Hewlett.

⁷ IRAM 29.227-1999: Definición de conceptos. Emisión: transferencia de un contaminante del aire desde la fuente a la atmósfera exterior. Inmisión: transferencia de un contaminante del aire desde la atmósfera a un receptor, tal como un ser humano, un animal, un vegetal o un edificio. La sumatoria de la intensidad de inmisión en un intervalo de tiempo constituye la dosis de inmisión, la incorporación total de un contaminante atmosférico por parte del receptor. Los lugares donde ocurren la emisión o la inmisión están definidos por la superficie envolvente de la fuente o del receptor. Transmisión: indica en forma colectiva, todos los fenómenos que afectan a los contaminantes del aire en la atmósfera entre la fuente y el receptor. Estos fenómenos incluyen todos los efectos físicos dinámicos tales como la dilución atmosférica del contaminante, así como cualquier acción física o química que pudiera ocurrir.

Para describir en forma cuantitativa estos fenómenos se utilizan la masa, las densidades de concentración y otros flujos de magnitudes cuantificables y sus derivadas. Normalmente se busca conocer la inmisión para varios receptores diferentes y trabajar los datos de forma estadística para conocer los posibles efectos sobre los receptores.

El estudio de la contaminación atmosférica se realiza diseñando mediciones de la inmisión de posibles sujetos receptores, en algunos casos utilizando un “receptor virtual” de características unitarias y para luego analizar la inmisión posible en función del tiempo y del espacio. En la norma IRAM 29.227:1999 se encuentra una guía para la definición de un sistema de monitoreo de calidad de aire.

c) Estado del arte en la región:

La calidad del aire es un problema ambiental que en la actualidad representa un gran riesgo para la salud en varias ciudades de América Latina (68-70). Numerosos estudios epidemiológicos han encontrado una asociación directa entre la contaminación del aire y una amplia gama de efectos adversos sobre la salud de la población general. Estos se extienden desde sutiles efectos subclínicos a la muerte temprana. Algunos grupos sociales, como los adultos mayores, los niños, las mujeres embarazadas y las personas con una enfermedad subyacente (como asma o EPOC), suelen tener un mayor riesgo, y desarrollan los efectos sobre la salud más rápidamente y con mayor gravedad al encontrarse expuestos al aire contaminado. Las poblaciones con mayor nivel de exposición incluyen a quienes habitan en las inmediaciones de rutas de intenso tráfico vehicular, o de fuentes de emisión de contaminantes, o bien grupos ocupacionales (exposición laboral) e incluso aquellos grupos de alta vulnerabilidad debido a condiciones socioeconómicas específicas (57, 31-35).

En particular, los efectos adversos sobre la salud del MP están especialmente bien documentados. No hay evidencia de un nivel seguro de exposición o un umbral por debajo del cual no se producen efectos adversos para la salud. Dado que en concentraciones relativamente bajas la carga de la contaminación atmosférica sobre la salud es importante, resulta fundamental desarrollar una gestión eficaz de la calidad del aire (7, 32-35).

Estudios desarrollados en Latinoamérica y China evidencian que el $MP_{2,5}$ presenta un efecto positivo en el desencadenamiento de la tasa de asma, es decir que la prevalencia del asma está dominada principalmente por las concentraciones de $MP_{2,5}$ en el área de estudio. Este contaminante específico puede inducir inflamación e hiperreactividad de las vías respiratorias, dos rasgos característicos del asma, además del estrés oxidativo. La exposición a estos contaminantes se asocia, como era de esperar, con exacerbaciones e incluso la aparición de asma. De todos modos, cuando los niveles de MP son muy elevados, tales como los encontrados en las grandes ciudades de la India y China, los contaminantes del aire pueden desencadenar efectos irritantes y

efectos inflamatorios en neuroreceptores de las vías respiratorias y del epitelio. Estos niveles de exposición rara vez se encuentran en los países de América del Norte o Europa (28, 29, 32, 41).

Muchos estudios epidemiológicos y toxicológicos señalan que la exposición a $MP_{2,5}$ se asocia con la inflamación sistémica, el estrés oxidativo, la alteración de los procesos eléctricos del corazón y la disfunción vascular (32-34, 42-44). Otros estudios ponen en evidencia que los niveles de exposición a $MP_{2,5}$ determinan el tipo de mortalidad, siendo predominantes las de origen cardiovascular si los niveles son bajos, mientras que la exposición a niveles elevados da lugar a la prevalencia de mortalidad por cáncer pulmonar (28, 34, 44, 45). Respecto a la exposición a largo plazo a partículas finas se han descrito otras enfermedades distintas a las cardiovasculares y respiratorias. La evidencia sugiere efectos sobre la diabetes, el desarrollo neurológico en los niños y trastornos neurológicos en los adultos (32-34, 46, 47).

Esta problemática ha sido estudiada tanto en países de la región en donde estos efectos se multiplican por situaciones meteorológicas adversas, típicamente fenómenos de inversión térmica en Santiago de Chile o el Distrito Federal de México, como en otros que han logrado generar cierta tradición en la materia e incluso desarrollar estudios exhaustivos y de gran importancia, como es el caso de Perú (71-78).

En la Argentina hay varios grupos de investigación trabajando en la contaminación del aire y se cuenta con una buena caracterización en ciertas regiones del país, incluyendo contaminación intramuros en escuelas, domicilios y establecimientos productivos (79-86, 6, 57, 7). Sin embargo, es todavía incipiente el estudio de los efectos asociados y la aplicación de una metodología de trabajo que permita la integración de ambas partes: contaminación y salud, sumado a la generación de propuestas y alternativas tendientes a solucionar la situación planteada (88-93).

En este marco, adquiere particular relevancia el acuerdo firmado por Argentina junto a los países de América Latina denominado "Plan de Acción Regional de Cooperación Intergubernamental en Materia de Contaminación Atmosférica para América Latina y el Caribe" (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Resolución N° 1.327/2014) dando origen al Plan de Acción Nacional sobre Contaminación Atmosférica, que cuenta entre sus objetivos establecer una base de datos de alcance nacional sobre la calidad del aire.

Esta Resolución viene a remediar la carencia de estudios de calidad de aire, en calidad y cantidad, a nivel nacional, provincial o municipal. Entre los estudios vigentes, algunos se relacionan con regiones industriales críticas (Zárate-Campana o Bahía Blanca, ambos en Provincia de Buenos Aires), además de las estaciones de monitoreo continuo en CABA o las emplazadas por el ACUMAR; y los restantes se originan dentro del sistema científico-académico, como es el caso de nuestro grupo en la Facultad de Ingeniería de la UNLZ.

Recientemente el Organismo Provincial de Desarrollo Sostenible de la Provincia de Buenos Aires, actualizó los niveles guías para contaminantes específicos mediante el Decreto N° 1.074/18⁸ que

⁸ Boletín Oficial de la provincia de Buenos Aires N° 28.373 Año CIX, La Plata 5 de octubre de 2018.

reglamenta la Ley N° 5.965/58 derogando el decreto anterior N° 3.395/96. El mismo es objeto de controversias, dado que si bien incorpora el $MP_{2,5}$ al grupo de los contaminantes regulados, plantea un esquema menos restrictivo que el anterior para las diferentes emisiones.

d) Objetivos

El objetivo general de esta tesis es plantear una estrategia basada en Políticas Públicas acordadas entre todos los actores involucrados, en la búsqueda de la mitigación del actual impacto generado por los diferentes agentes contaminantes atmosféricos en la región de estudio.

Objetivos particulares:

- Establecer una línea de base de la calidad de aire en el área de influencia del Partido de Lomas de Zamora y de los efectos de la contaminación de la atmósfera troposférica en la salud de la población.
- Hacer un relevamiento de las diferentes estrategias sobre esta problemática actualmente en el mundo y en particular en América Latina.
- Identificar las estrategias con resultados positivos en la mitigación de la contaminación y evaluar la factibilidad de su implementación en la región de estudio.
- Plantear una red de control y monitoreo de la calidad de aire teniendo en cuenta una estrategia basada en Políticas Públicas.

2. Marco teórico

a) Recomendaciones de la OMS

La OMS⁹ informa que en 2012, siete (7) millones de personas murieron como consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica, duplicando las estimaciones anteriores y confirmando que la contaminación atmosférica es un factor determinante relevante de salud, constituyendo el riesgo ambiental para la salud más importante del mundo. Incluso, que más del 50% de esta carga de enfermedad recae en las poblaciones de los países en desarrollo. Por otro lado, la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) en su informe de prensa 221/13¹⁰ categoriza al aire extramuros contaminado como carcinogénico comprobado, categoría IA. Ese informe se hace eco de la abundante evidencia epidemiológica que correlaciona la exposición crónica a contaminantes relacionados a la industria petroquímica y al tráfico vehicular, como material particulado (MP), metales, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), compuestos orgánicos volátiles (COVs), con efectos adversos sobre el desarrollo y la función pulmonar, sobre el sistema cardiovascular, e incremento de la mortalidad (1-7).

En efecto, numerosos estudios epidemiológicos han encontrado una asociación directa entre la contaminación del aire y una amplia gama de efectos adversos sobre la salud de la población general. Estos se extienden desde sutiles efectos subclínicos a la muerte temprana. Algunos grupos sociales, como los adultos mayores, los niños, las mujeres embarazadas y las personas con una enfermedad subyacente (como asma o EPOC), suelen tener un mayor riesgo, y desarrollan los efectos sobre la salud más rápidamente y con mayor gravedad al encontrarse expuestos al aire contaminado. Las poblaciones con mayor nivel de exposición incluyen quienes habitan en las inmediaciones de rutas de intenso tráfico vehicular, o de fuentes de emisión de contaminantes, o bien grupos ocupacionales (exposición laboral) e incluso aquellos grupos de alta vulnerabilidad debido a condiciones socioeconómicas específicas (1-5, 8).

Los contaminantes del aire a menudo investigados en los estudios epidemiológicos y toxicológicos incluyen el ozono (O₃), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el dióxido de azufre (SO₂), el MP₁₀ y MP_{2.5}, el carbono negro¹¹ (fracción no mineral del MP) y los COVs. Sin embargo, los resultados obtenidos

9 WHO (2014), <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>

10 IARC: International Agency for Research on Cancer (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer) (2013), http://www.iarc.fr/en/mediacentre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf

11 El carbono negro (black carbon), se forma por la combustión incompleta de combustibles fósiles, madera y otros combustibles. El carbono negro y contaminantes co-emitidos contribuyen a la formación de material particulado fino (MP_{2.5}). Ha sido relacionado a un número de impactos en la salud que incluyen muerte prematura en adultos, enfermedades del corazón y pulmones, afectaciones cerebrales, ataques cardíacos, enfermedades respiratorias crónicas, como la bronquitis, agravamiento del asma y otros síntomas cardio-respiratorios. Por otro lado, es un agente de presión climática potente y se lo considera el segundo mayor contribuyente al calentamiento global después del dióxido de carbono (CO₂). Dado que el carbono negro se mantiene en la atmósfera por sólo algunas semanas, el reducir las emisiones de carbono negro podría ser una forma rápida de mitigar el cambio climático en el corto plazo http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/climate-reducing-health-risks-faq/es/

son particularmente relevantes en relación con el impacto en la salud asociado a la exposición a MP en el aire ambiente (5, 8-11).

b) Diferentes contaminantes considerados

i. Material particulado en suspensión (MP)

El material particulado se origina tanto a partir de emisiones primarias (combustión en fuentes fijas o móviles, aerosoles marinos, partículas de suelo resuspendidas por el viento), como por formación de partículas secundarias en la atmósfera. MP puede caracterizarse en términos de la concentración en masa o número de las partículas, y su composición química (fracción de carbono negro, HAPs, metales, aniones y cationes). La evidencia epidemiológica y toxicológica muestra que la masa de MP comprende fracciones con distintos tipos y grados de efectos sobre la salud. Es más, los diferentes tamaños de partícula y su composición, se relacionan con las fuentes específicas de emisión, permitiendo establecer las contribuciones específicas al total de MP determinado. En tal sentido, el carbono negro es un indicador particularmente sensible de las emisiones de procesos de combustión como las emisiones industriales y el tránsito vehicular (5, 8-11, 164).

Los efectos adversos sobre la salud del MP están particularmente bien documentados. No hay evidencia de un nivel seguro de exposición o un umbral por debajo del cual no se producen efectos adversos para la salud. Así, por ejemplo, la contaminación de MP crea una carga sustancial de la enfermedad, que reduce la esperanza de vida en casi nueve (9) meses promedio en Europa, con más del 80% de su población urbana expuesta a niveles superiores a las Directrices de Calidad del Aire. Dado que en concentraciones relativamente bajas la carga de la contaminación atmosférica sobre la salud es importante, resulta fundamental desarrollar una gestión eficaz de la calidad del aire (5, 8-11, 144).

El asma es una carga en los países en desarrollo y en los países desarrollados, con un impacto significativo en la salud pública y la economía. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Datos de la Salud de 2011 de Estados Unidos, el asma se identifica como una de las enfermedades crónicas más prevalentes en la población infantil, con diagnóstico positivo para más de 10,5 millones de niños (14%). El asma es una enfermedad respiratoria grave que afecta a casi 25 millones de estadounidenses y le cuesta al país u\$s 56 mil millones por año. La prevalencia del asma en EEUU aumentó de 7,3% en 2001 al 8,4% en 2010. Los niños al ser más susceptibles a la contaminación del aire ambiente que los adultos, se ven desproporcionadamente afectados por el asma, como lo muestra las tasas de hospitalización por asma más altas para las personas menores de 18 años (8-14).

Otros estudios desarrollados en Latinoamérica y China señalan resultados equivalentes. En todos estos análisis se evidencia que $MP_{2,5}$ siempre mostró un efecto positivo en el desencadenamiento de la tasa de asma, es decir que la prevalencia del asma está dominando principalmente por las concentraciones de $MP_{2,5}$ en el área de estudio. Este contaminante específico puede inducir

inflamación e hiperreactividad de las vías respiratorias, dos rasgos característicos del asma, además de estrés oxidativo. La exposición a estos contaminantes se asocia, como era de esperar, con exacerbaciones e incluso la aparición de asma. De todos modos, cuando los niveles de MP son muy elevados, tales como los encontrados en las grandes ciudades de la India y China, los contaminantes del aire pueden desencadenar efectos irritantes y efectos inflamatorios en neuroreceptores de las vías respiratorias y del epitelio. Estos niveles de exposición rara vez se encuentran en los países de América del Norte o Europa (8-11, 15-20).

Muchos estudios epidemiológicos y toxicológicos demuestran que $MP_{2,5}$ es un sólido indicador de riesgo asociado con la exposición a MP de diversas fuentes y en diferentes entornos, señalando que la exposición a $MP_{2,5}$ se asocia con la inflamación sistémica, el estrés oxidativo, la alteración de los procesos eléctricos del corazón y la disfunción vascular. La exposición a largo plazo también se ha asociado con marcadores preclínicos de aterosclerosis y con la progresión de esta patología, encontrando asociaciones entre diversos marcadores de la aterosclerosis, incluyendo el grosor íntima-media y la calcificación arterial coronaria, y la concentración a largo plazo de $MP_{2,5}$ y la proximidad al tráfico intenso (8-11, 21-31, 164).

Otros estudios ponen en evidencia que los niveles de exposición a $MP_{2,5}$ determinan el tipo de mortalidad, siendo predominantes las de origen cardiovascular si los niveles son bajos, mientras que la exposición a niveles elevados dan lugar a la prevalencia de mortalidad por cáncer pulmonar. Respecto a la exposición a largo plazo a partículas finas se han descrito otras enfermedades distintas de las enfermedades cardiovasculares y respiratorias. La evidencia sugiere efectos sobre la diabetes, el desarrollo neurológico en los niños y trastornos neurológicos en los adultos (8-11, 32-38).

Por otro lado, los estudios de cohorte de nacimientos han informado las asociaciones significativas entre la exposición a $MP_{2,5}$ y las infecciones respiratorias y el asma en los niños pequeño. Varios estudios han encontrado una asociación entre $MP_{2,5}$ y bronquiolitis infantil, con riesgo importante para la hospitalización. Una revisión sistemática informó asociaciones significativas entre la exposición a los resultados de $MP_{2,5}$ y efectos en recién nacidos, incluyendo parto prematuro, bajo peso al nacer y tamaño pequeño respecto a la edad gestacional (39-43).

Respecto a la evidencia de los efectos a corto plazo de $MP_{2,5}$ y MP_{10} sobre la mortalidad, la morbilidad¹² y los puntos finales fisiológicos, todos se ven incrementados significativamente desde 2005. Diversos estudios confirman un porcentaje medio de aumento de mortalidad para un incremento de 10mgm^{-3} de $MP_{2,5}$ en la exposición a corto plazo es de 1,0%, con una variación regional considerable a nivel mundial, con incrementos correspondientes a mortalidad por enfermedades respiratorias (+ 1,5%) y cardiovasculares (+ 0,8%). En otro se analizaron datos provenientes de diversas de ciudades de Europa, Estados Unidos y Canadá, se constató que un incremento de 10mgm^{-3} en MP_{10} se corresponde con 0,2-0,6% de incremento en la mortalidad por todas las causas con efectos similares para EE.UU. y Europa y efectos mayores en Canadá. Además en Europa se observan efectos más altos de MP_{10} sobre la mortalidad diaria en las ciudades con

¹² La morbilidad es la frecuencia de enfermedades en una determinada población. Los factores de riesgo pueden ser de tipo endógeno (congénito, hereditario) y de tipo exógeno (impacto de agentes externos). Olivera, Ana; "Geografía de la salud", Editorial Síntesis, Madrid España, 1993.

temperatura más alta y una mayor contribución de las emisiones del tráfico a MP. Otros estudios realizados en España, Francia, Italia, Suecia y Holanda evidencian una asociación significativa entre la mortalidad diaria MP_{10} y $MP_{2.5}$. También se demostró la incidencia de las características de cada MP según su fuente emisora, sin embargo estos estudios no proporcionan pruebas convincentes de que cualquier fuente específica, componente o una clase de tamaño de PM puede ser excluido como un posible factor contribuyente a la toxicidad MP. En el mismo sentido, un estudio a gran escala realizado en EE.UU. informó asociaciones significativas entre MP (ambas fracciones) y los ingresos hospitalarios para la enfermedad isquémica del corazón, la enfermedad cerebrovascular y la insuficiencia cardíaca. (8-11, 44-51).

ii. Compuestos orgánicos volátiles (COVs):

El término compuestos orgánicos volátiles (COVs) hace referencia a los compuestos orgánicos cuyos puntos de ebullición, en condiciones normales de presión y temperatura, quedan comprendidos en el rango de 50°C a 260°C. Los COVs se liberan en el medio ambiente a través de procesos naturales y antropogénicos. Representan un grupo importante de contaminantes del aire interior y exterior; son omnipresentes y se asocian con un incremento en los riesgos para el bienestar de la población expuesta. Pueden afectar significativamente la salud humana, causando enfermedades respiratorias y neurológicas, dolores de cabeza e irritación ocular. Incluso diferentes COVs están clasificados como carcinógeno comprobado (benceno), o con suficiente evidencia de actividad carcinogénica para los seres humanos, como es el caso del formaldehído (6, 7, 94-96, 164).

Los COVs incluyen un gran grupo de contaminantes del aire como benceno, tolueno, xileno, hexano, heptano, tricloroetano, percloroetano y ciclohexano. La exposición a COVs está asociada a alergias y efectos respiratorios adversos, como asma frecuentes o enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Estudios recientes indican que causa irritación en las vías respiratorias (57, 215-217).

Los COVs desempeñan un papel importante en la calidad de la atmósfera y son componentes importantes en el entorno urbano. Surgen de procesos naturales y antropogénicos y comúnmente se presentan en interiores y exteriores. Las emisiones vehiculares e industriales son las principales fuentes de COVs al aire libre (extramuros). Un 35% de las emisiones totales de COVs se deben a los gases de escape de los vehículos y las pérdidas por evaporación. Las refinerías de petróleo y las plantas petroquímicas son otras fuentes destacadas de emisiones de COVs, desde sus procesos de producción, tanques de almacenamiento y áreas de desechos (6, 57, 87, 94, 96, 97, 164, 218-220).

Un grupo particular, de origen natural, reconocidos como COV-B (biogénicos) son emitidos por la vegetación en grandes cantidades a la atmósfera, llegando a contribuir en un 65% de los COVs totales en áreas rurales y boscosas. Estos compuestos son producidos mediante diferentes rutas fisiológicas y mecanismos, siendo los más frecuentes isoprenos, terpenos, alcanos, alquenos, alcoholes, ésteres, carbonilos o ácidos (98-100).

La concentración de COVs en interiores puede ser el contribuyente principal a la exposición, porque la mayoría de las personas pasan más del 80% de su tiempo en interiores, ya sea en el hogar, en el trabajo o la escuela. Las fuentes principales intramuros son humo de tabaco, vapores de cocina, productos de limpieza, calefacción, barnizado y pintura, velas, alfombras, mobiliario en

base a maderas aglomeradas o enchapados, revestimientos de pisos y paredes, computadoras, fotocopiadoras e impresoras, además de la presencia de fuentes biológicas como mohos y plantas. (6, 7, 62, 93, 97, 101-106, 221).

La calidad del aire intramuros en las escuelas puede ser incluso más comprometida para la salud que en otros tipos de edificios, debido a una serie de factores específicos como la mayor densidad de ocupantes (volumen de aulas y cantidad de niños), el tipo de actividades que se desarrollan dentro del aula (actividades artísticas y artesanales con uso de pegamento y pinturas), ventilación insuficiente, además de limitada calidad en la construcción y/o mantenimiento de muchos edificios escolares. A éstos se suma el uso de productos de limpieza y otros productos de consumo dentro del aula, posibles fuentes de COVs (107-110).

Si la escuela se encuentra en un entorno urbano, la calidad del aire puede verse afectada por otros factores, como la cantidad y el tipo de tránsito, la distancia desde la carretera y la ubicación de las áreas de entrega y recogida, junto con algunos datos meteorológicos, como la dirección del viento y su velocidad.

En las áreas urbanas, en condiciones climáticas y meteorológicas apropiadas, tanto los COVs como los COV-B actúan como precursores, junto a los óxidos de nitrógeno, en las reacciones que conducen a la formación del ozono troposférico, también contribuyen activamente a la formación de smog. Como tal se reconocen muchos compuestos orgánicos tales como 1,3-butadieno, formaldehído, trimetilbencenos, isoprenos, terpenos, alcoholes, benceno, tolueno, etilbenceno, m-p-xileno, o-xileno, conocidos estos últimos 6 como BTEX (97, 100, 111).

Los niveles de BTEX constituyen una indicación del grado de exposición de la población a los efectos nocivos de los COVs, en particular el benceno. La exposición humana a largo plazo al benceno presente en el aire ambiente puede causar asma, leucemia mieloide aguda e insuficiencia hepática, renal, respiratoria y del sistema nervioso central. Los BTEX inducen irritación de la piel, los ojos y el tracto respiratorio, y neurotoxicidad, incluyendo diversos efectos como somnolencia, dolor de cabeza, temblor, coma y mareos. Algunos estudios también mostraron que los efectos adversos del tolueno incluyen la toxicidad para la reproducción (112-118).

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) (119) clasificó el benceno como Grupo 1 ("Carcinógeno para los humanos"), etilbenceno como Grupo 2B ("Posiblemente carcinógeno para los humanos"), y tolueno y silenos como Grupo 3 ("No clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para los humanos"). La OMS ha estimado que la exposición de por vida a una concentración de benceno de $1,7\mu\text{g}/\text{m}^3$ puede causar 10 casos de leucemia por millón de habitantes; como respuesta, la Comunidad Europea limita la concentración de benceno a $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio anual (Directiva de la UE 2000/69/CE¹³).

Las principales fuentes urbanas de emisiones del BTEX incluyen el uso de combustibles líquidos en vehículos de distinto tipo, la quema de combustibles fósiles, las industrias químicas, los hornos de coque, las metalúrgicas y las refinerías de petróleo; las estaciones de provisión de combustible y las fábricas de hormigón asfáltico (97, 120-122). La concentración de BTEX en el aire ambiente depende además de las condiciones meteorológicas, como velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, tipo e intensidad de precipitación, y la altura de la capa límite (123-126).

¹³ Directiva de la Unión Europea 2000/69/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 16-11-2000, valores límite para benceno y monóxido de carbono en el aire ambiente:
www.aragonaire.es/assets/documents/2000_69_ce.pdf

iii. Efectos específicos de algunos contaminantes sobre la salud

Los efectos de los contaminantes del aire sobre la salud no tienen lugar hasta que una cierta dosis ha penetrado en una planta, animal o cuerpo humano. Esta dosis es diferente para cada contaminante del aire. Cuando la concentración de contaminantes del aire aumenta, el riesgo de efectos sobre la salud será mayor. Los contaminantes del aire pueden provocar efectos graves, tales como tos y dolores de garganta, pero hay contaminantes del aire que causan efectos crónicos, tales como los asbestos. Además del material particulado (MP) y de los COVs anteriormente descritos, se indica brevemente el efecto de algunos de los contaminantes del aire comúnmente conocidos y con una descripción de sus efectos sobre la salud.

Monóxido de carbono (CO):

El monóxido de carbono es un gas que es absorbido por la hemoglobina de la sangre después de entrar en el cuerpo humano, disminuyendo la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Cuando el monóxido de carbono es absorbido en baja concentración, se experimenta una sensación de cansancio. Los enfermos del corazón a menudo experimentan dolores en el pecho. Mayores concentraciones de dióxido de carbono pueden causar mala visión, dificultades para concentrarse, dolores de cabeza, mareos, náuseas y confusión. Cuando la concentración de monóxido de carbono es muy alta, puede ser mortal.

Durante las combustiones incompletas en los motores de los vehículos, diferentes tipos de calefactores domiciliarios u otros dispositivos que requieren el uso de combustibles fósiles, es probable que se forme monóxido de carbono. Para prevenir la formación de monóxido de carbono en los domicilios se requiere efectuar limpiezas periódicas en las chimeneas y calefactores una vez al año. También es recomendable controlar los calentadores de agua por combustión (144).

Al ser producto de la combustión de materiales fósiles utilizados como combustible en los vehículos es común que se acumule en las zonas urbanas, cerca de vías rápidas y calles de gran movimiento, en estos casos su concentración varía conforme aumenta o disminuye la circulación automóbiles.

Dióxido de azufre (SO₂):

Es el derivado del azufre que más frecuentemente contamina el aire, es producto de la combustión de los materiales que lo poseen (carbono, petróleo entre otros). La mayor cantidad proviene de plantas generadoras de energía (carboeléctricas y termoeléctricas) y otros procesos industriales que aportan sulfatos al aire, como la calcinación de minerales de sulfuro, la refinación de petróleo, la producción de óxido sulfúrico y la de coque a partir del carbón.

En numerosos estudios controlados realizados con asmáticos se ha verificado cambios en la función pulmonar y los síntomas respiratorios tras períodos de exposición al SO₂ de apenas 10 minutos. Estas pruebas indican que es recomendable que no se supere la concentración de SO₂ de 500 µg/m³ durante períodos con una duración media de 10 minutos (recomendación de la OMS). Para exposiciones prolongadas en los estudios epidemiológicos que tuvo en cuenta la OMS se señaló que aparecen efectos adversos a la salud para concentraciones superiores a 20 µg/m³ (con exposición media de 24 horas). Un objetivo intermedio de 50 µg/m³ basado en control de las emisiones de los vehículos de motor, las emisiones industriales y/o las emisiones de la producción

de energía, sería para algunos países en desarrollo un objetivo razonable y viable (alcanzable en pocos años), esto conduciría a mejoras significativas en la salud, las que inducirían a la introducción de nuevas mejoras (144).

Los efectos del dióxido de azufre tienen lugar principalmente cuando este se convierte en ácido sulfúrico. Este ácido tiene algunos efectos negativos en el sistema respiratorio como por ejemplo dificultad para respirar debido a espasmos o contracción de los bronquios, irritación de la garganta, de los ojos y tos, en cantidades elevadas puede llegar a ser mortal. La presencia de óxidos de azufre en la atmósfera también tiene relación con el aumento de muertes por enfermedades crónicas, cardiovasculares y respiratorias.

Cuando se deposita contaminando el agua y el suelo puede inhibir el crecimiento de plantas y ser letal para muchas de ellas cuando están expuestas por mucho tiempo a concentraciones moderadas.

Ozono (O₃):

El aumento de la concentración de ozono sobre los valores guía en exposiciones de más de ocho horas, provoca irritación de las mucosas, infecciones respiratorias e infecciones pulmonares. Hay resultados de un gran número de estudios de inhalación clínica y en condiciones de campo que tanto adultos sanos como asmáticos experimentan una reducción considerable de la función pulmonar, así como inflamación de las vías respiratorias que provocan síntomas y alteran el rendimiento.

Los estudios de series cronológicas también indican un aumento en la mortalidad diaria del orden del 0,3-0,5% por cada incremento de 10µg/m³ en las concentraciones de ozono durante ocho horas por encima del nivel de referencia de 70µg/m³. La media máxima diaria de ocho horas de la GCA de la OMS¹⁴ es de 110µg/m³.

El ozono se forma en la atmósfera mediante reacciones fotoquímicas en presencia de luz solar y contaminantes precursores, como los óxidos de nitrógeno (NO_x) y diversos compuestos orgánicos volátiles (COVs), también se forma durante las tormentas eléctricas, debido a la electrólisis del oxígeno. El ozono se destruye en reacciones con el NO₂ y se deposita en el suelo. El tráfico también produce ozono. Existe naturalmente en la atmósfera, bajo la influencia de la radiación ultravioleta (144).

Óxidos de nitrógeno (NO_x):

Los óxidos de nitrógeno se generan por la reacción del oxígeno con el nitrógeno en el aire, esta reacción ocurre a altas temperaturas durante el uso de combustibles fósiles. Algunas bacterias emiten grandes cantidades de óxidos de nitrógeno a la atmósfera, esto hace que sea una fuente muy difícil de controlar.

Los efectos de los óxidos de nitrógeno sobre la salud son similares a los provocados por el ozono. Sin embargo, los efectos de los óxidos de nitrógeno sobre la salud tienen lugar con la absorción de mayores concentraciones. Los óxidos de nitrógeno se forman durante las combustiones a alta temperatura. En particular el NO₂ se encuentra en la atmósfera asociado al material particulado ultra fino (MP_{2,5}), en general las concentraciones de NO₂ muestran con frecuencia una correlación

¹⁴ GCA de la OMS: Guías de Calidad de Aire de la Organización Mundial de la Salud.

con las de otros contaminantes tóxicos y, como es más fácil medir, con frecuencia se lo utiliza en lugar de la mezcla completa (144).

Los estudios experimentales muestran que el NO_2 en concentraciones de corta duración superiores a $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor guía para la media de una hora) es un gas tóxico con efectos importantes en la salud. El valor guía actual de la OMS es de $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ (para la media anual), el fundamento es que debido a que la mayoría de los métodos de reducción de la concentración son específicos para los NO_x , no están concebidos para controlar otros contaminantes derivados de la combustión que los acompañan, pudiendo incluso aumentar sus concentraciones.

Se ha comprobado en estudios epidemiológicos que los síntomas de bronquitis de los niños asmáticos aumentan en asociación con la concentración anual de NO_2 , y que el menor aumento de la función pulmonar en los niños está vinculado a concentraciones elevadas de NO_2 en comunidades ya sometidas a los niveles actuales en el medio ambiente urbano (EE.UU. y UE) (144).

Benceno (C_6H_6) e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs):

El benceno es un carcinógeno contaminante. Su acumulación provoca leucemia. Los HAPs (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos) son un componente del MP y forman parte de los contaminantes potencialmente carcinógenos, como así también sus derivados nitrados, los nitro-HAPs. Estos hidrocarburos están distribuidos de forma amplia en la atmósfera. Su origen son los diversos procesos productivos industriales y la combustión incompleta de la materia orgánica en el tránsito automotor, como en otros procesos (por ejemplo la calefacción domiciliar y el refinamiento de petróleo). Los HAPs más pequeños y de mayor volatilidad se encuentran en fase gaseosa, mientras que los semivolátiles permanecen adsorbidos al MP, principalmente $\text{MP}_{2.5}$ y MP_{10} (6, 8, 9, 10, 51, 95, 92). Entre otras fuentes de HAPs se pueden enumerar los alimentos cocidos, los incendios (urbanos, rurales y forestales), el cigarrillo (208, 209).

Muchos HAPs son fuertes citotóxicos, mutagénicos y carcinógenos, se destaca en particular el grupo de 16 HAPs, calificados por la US EPA como prioritarios debido a su elevada toxicidad (210, 211). Incluso hay evidencia que vincula la exposición a HAPs con enfermedades cardiovasculares, obesidad y diabetes. En la actualización global de las directrices de calidad del aire de la OMS (2005)¹⁵ se afirma que los efectos sobre la salud que tiene el MP están mediados por los productos químicos, los constituyentes orgánicos – en particular los HAPs o sus nitro u oxid derivados – son probablemente los toxicológicamente más activos. En ese sentido, la acción genotóxica de los HAPs, y sustancias mutagénicas derivadas, unidos a las partículas podrían ser el factor más significativo del riesgo. Como estándar de la calidad del aire se utiliza la concentración de benceno[a]pireno (media anual) con valores de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS) o $0,25\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Reino Unido). El uso de un único indicador carcinogénico para representar el potencial carcinogénico de la mezcla compleja de hidrocarburos aromáticos policíclicos probablemente subestima el potencial carcinogénico de mezclas de HAPs en el aire, ya que las sustancias coexistentes también son cancerígenas. En 2005, la IARC reclasificó el benceno[a]pireno como carcinógeno del grupo 1 (carcinógeno para los seres humanos), basado en la evidencia mecanicista (88, 212-214).

¹⁵ Guías de la calidad de aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Resumen de evaluación de riesgos.

http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair_agq/es/

Hidrocarburos:

Son contaminantes primarios, tienen una gran cantidad de fuentes y el volumen de sus emisiones es importante. Se forman por la combustión de productos como las naftas, el petróleo, el carbono y la madera, la gran mayoría de las emisiones se generan en las actividades de la industria petrolera y en los motores que impulsan los vehículos.

Los hidrocarburos generan pérdida de coordinación, náusea y daños en el hígado. Algunos hidrocarburos son potencialmente carcinógenos para los humanos, así como para los animales.

Hay muchos otros contaminantes del aire que pueden tener efectos tóxicos. Algunos ejemplos son acronitrilo, sulfato de carbono, diclorometano, estireno, tolueno, cloruro de polivinilo (PVC), sulfuro de hidrógeno, arsénico, cadmio, plomo, cromo, manganeso, mercurio, níquel y vanadio. En general son de origen industrial y la exposición prolongada a concentraciones altas se los relaciona con afecciones pulmonares y cardíacas, hipertensión arterial, arterioesclerosis, cáncer broncopulmonar, anomalías en los huesos y afección en los riñones.

Carbono Negro (black carbon):

Es un contaminante al que se responsabiliza de manera directa por su impacto en el cambio climático, su capacidad de absorber fuertemente la luz solar hace un aporte importante al calentamiento del aire y afecta la formación de nubes modificando los patrones de precipitaciones. Al depositarse sobre la nieve o el hielo, absorbe la luz solar incorporando calor al aire arriba como a la nieve o hielo ubicado abajo, activando de esta forma el proceso de descongelamiento.

Forma parte del material particulado, tiene vida corta. El carbono negro permanece en la atmósfera entre una y cuatro semanas, por lo que reducir sus emisiones disminuiría de forma directa la tasa de calentamiento. Por otra parte, su reducción generaría beneficios directos a la salud pública, especialmente en los países en desarrollo (206, 207).

El carbono negro es un componente del hollín. Se produce naturalmente y se genera por la combustión incompleta de combustibles fósiles y residuos orgánicos. Sus fuentes son los vehículos a motor (fundamentalmente los motores diésel), las cocinas a biomasa, los incendios forestales, las quemaduras agrícolas e instalaciones industriales.

Los efectos sobre la salud siguen siendo estudiados, pero buscar la reducción del carbono negro contribuye a disminuir el material particulado en suspensión dado que ambos provienen de las mismas fuentes. En el caso del diésel, entre el 50% y 75% de las emisiones de material particulado puede dar lugar a emisiones de carbono negro. Las naftas podrían estar generando entre el 30% y 40% de las emisiones de material particulado.

c) Gestión de la contaminación ambiental. Tecnología de control de la contaminación para la reducción de contaminantes.

i. Gestión de la contaminación atmosférica

La gestión de la contaminación atmosférica pretende la eliminación, o la reducción hasta niveles aceptables (contemplados en la legislación vigente), de aquellos agentes (gases, aerosoles y otros elementos físicos) cuya presencia en la atmósfera puede ocasionar efectos adversos en la salud de las personas o en su bienestar, efectos perjudiciales sobre la vida de las plantas y de los animales, daños a materiales de valor económico para la sociedad y daños al medio ambiente en general.

Esto requiere un control adecuado, para lo cual se han desarrollado distintas estrategias que incluyen en primer lugar, el desarrollo de estudios de tipo epidemiológico que contribuyan a definir dichos niveles aceptables, es decir valores máximos de exposición individual o grupal que no genere impacto perjudicial en su salud (60,61).

En el caso de las sustancias carcinogénicas, para las cuales no se puede definir umbrales de toxicidad, se utiliza el criterio de establecer valores de concentración que, considerando toda la vida de la persona expuesta, entre otros considerandos, la probabilidad de incremento de desarrollo de cáncer sea menor a uno en 100.000 (Agencia de Protección Ambiental de EEUU, USEPA), o una en un millón (Organización Mundial de la Salud, OMS) de personas expuestas (60-62).

Sobre esta base se establecen niveles guías y niveles máximos permitidos con fines regulatorios, que permiten el diseño e implementación de políticas públicas específicas. En tal sentido, suelen utilizarse como referencias los valores definidos desde la OMS y la USEPA. Es el caso de la legislación vigente en la provincia de Buenos Aires (Ley N° 5965 "Protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera" y su Decreto reglamentario N° 3395/96), está basada en las disposiciones vigentes en la USEPA en la década del 80.

Complementariamente, en la provincia de Buenos Aires la radicación de industrias queda regulada por la Ley N° 11.459/93. Dicha habilitación se determina en función del material que manipulen, elaboren o almacenen, la calidad o cantidad de sus efluentes, ambiente circundante y características de su funcionamiento e instalaciones. En este sentido, los establecimientos industriales se clasificarán en tres categorías, que determinan el nivel de exigencias y controles por parte del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS):

- Primera categoría, los inocuos: su funcionamiento no constituye riesgo o molestia a la seguridad, salubridad o higiene de la población, ni ocasiona daños a sus bienes materiales ni al medio ambiente.
- Segunda categoría, los incómodos: su funcionamiento constituye una molestia para la salubridad e higiene de la población u ocasiona daños a los bienes materiales y al medio ambiente.
- Tercera categoría, los peligrosos porque su funcionamiento constituye un riesgo para la seguridad, salubridad e higiene de la población u ocasiona daños graves a los bienes y al medio ambiente.

De todos modos, aquellos establecimientos que elaboran y/o manipulan sustancias inflamables, corrosivas, de alta reactividad química, infecciosas, teratogénicas¹⁶, mutagénicas¹⁷, carcinógenas y/o radioactivas, y/o generen residuos especiales de acuerdo con lo establecido por la Ley Provincial N° 11.720, serán considerados de tercera categoría.

De manera más general, una gestión adecuada de la contaminación atmosférica requiere el conocimiento de los siguientes aspectos (63-65):

- Descripción del área de estudio.
- Inventario de emisiones.
- Inventario de concentraciones de contaminantes del aire, monitoreado y simulado.
- Contrastación entre las emisiones y los niveles de calidad del aire.
- Inventario de efectos sobre la salud pública y el ambiente.
- Análisis de correlación entre los efectos y posibles fuentes de emisión.
- Medidas de control y costos asociados.
- Tránsito vehicular y planificación del uso del terreno.
- Procedimientos para cumplimiento de normativa vigente.
- Asignación de recursos.
- Proyecciones futuras.

La interacción entre ellos y su relación con la gestión de la contaminación queda representada por el siguiente esquema (63):

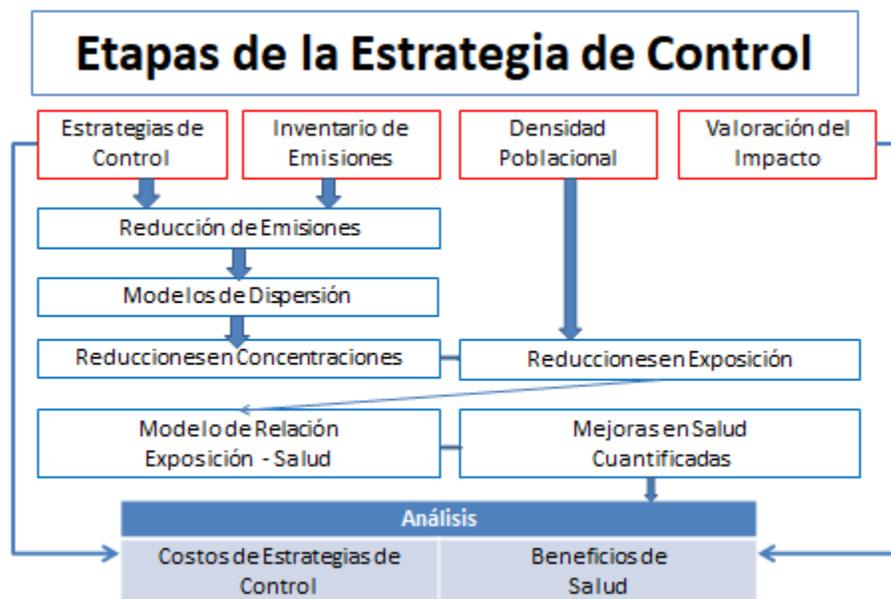


FIGURA N° 2: ETAPAS DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL: FUENTE INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (INECC). 2002. TECNOTECA. MÉXICO.

¹⁶ R.A.E.: Teratogénico/ca: que produce malformaciones en el embrión o feto.

¹⁷ R.A.E.: Mutagénica/ca: capaz de producir mutaciones.

Por otro lado, para lograr cumplir con los límites establecidos con motivo regulatorio, se despliega otro grupo de estrategias, basadas en el desarrollo y aplicación de mecanismos mitigadores de las emisiones provenientes de las fuentes principales, sumado a una exigencia de mejora continua en los procesos productivos previos a la combustión y/o emisión, se trate de fuentes fijas (procesos industriales y/o generación de energía) o móviles (tránsito automotor).

ii. Tecnologías de Control de la contaminación

De manera general se pueden identificar cinco puntos críticos para el control y la reducción y/o mitigación la emisión de contaminantes al aire: control en la fuente o proceso, recolección de los efluentes, enfriamiento, tratamiento propiamente dicho, y dispersión mediante chimenea y generación de pluma. Se puede observar un esquema ilustrativo en la Figura N° 3 (63-67).

En primer lugar hay que tener en cuenta el proceso en sí mismo (punto 1 de la Figura N° 3), incluyendo las materias primas utilizadas. Se trata de prevenir o reducir la contaminación en la fuente, incluyendo la mejora continua del proceso incorporando la química verde¹⁸. En este sentido la eliminación del plomo de los combustibles utilizados para los vehículos automotores es un ejemplo concreto, a partir de la elaboración de naftas sin plomo se redujo notablemente la concentración de plomo en el aire de las ciudades. También se incorpora el reciclaje de manera ambientalmente segura, y el uso eficiente de materias primas y la energía. El tratamiento de las emisiones para controlar contaminantes y la disposición de los contaminantes debe ser el último recurso.

Respecto a la dispersión (punto 5), resulta fundamental la adecuada selección del elemento dispersor, ajustado a las características de la emisión final y la meteorología local. Existen diferentes normativas específicas que regulan los requisitos a cumplir por los mismos, por ejemplo Ley N° 5.965 y Decreto reglamentario N° 3.395/96.

La recolección o recuperación (punto 2) de contaminantes para el tratamiento puede ser el problema más serio en el control de la contaminación del aire, en particular los gases de combustión. El método más eficiente resulta de canalizarlos hacia una instalación central de tratamiento. En general se utilizan distintos procedimientos, uno de ellos es la colocación de filtros. Los filtros permiten mejorar la retención de partículas pequeñas, para las partículas más grandes se consigue un efecto razonable con el asentamiento gravitacional, la intercepción, la retención y el impacto por inercia.

Otra situación problemática la constituyen las emisiones fugitivas (pérdidas en válvulas, manómetros, pequeñas fugas en el mismo proceso o en el sistema de tratamiento) que plantean un importante problema de recolección. Es recomendable revisar todo el sistema de flujo de aire y fluidos de la planta para proporcionar un control adecuado.

¹⁸ La química verde es sinónimo de salud y de sostenibilidad ambiental. Básicamente la química verde u orgánica (también denominada química sostenible) está orientada a buscar nuevas formas de sintetizar sustancias químicas para lograr una química más amigable con la salud y el entorno. El fin que se persigue con la química verde, es encontrar alternativas a las propuestas por la química tradicional que en oportunidades representa un peligro para la salud y también para el medio ambiente. Fuente: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-quimica-verde-definicion-principios-y-ejemplos-360.html>

El enfriamiento (punto 3) permite depurar algunos gases y partículas, pero puede producir un líquido sucio y caliente que requiere un tratamiento adicional antes de su eliminación. Los intercambiadores de calor son el método de enfriamiento más utilizado. Además, los gases a tratar suelen presentar temperaturas demasiado elevadas para el equipo de control y deben enfriarse primero. Incluso, la disminución de la temperatura por debajo del punto de condensación de algunos contaminantes permiten su recolección como líquidos. La dilución, el apagado y el intercambio de calor, son todos métodos de refrigeración aceptables.

Los lavadores o colectores húmedos son equipos que capturan partículas de la corriente gaseosa por contacto con gotas de líquido. El principal objetivo de estos equipos es lograr una dispersión apropiada de la fase líquida para buscar el máximo contacto con las partículas. Los lavadores logran muy buenas retenciones para partículas de tamaño entre $0,10\mu\text{m}$ a $20,0\mu\text{m}$. Los colectores húmedos eliminan el polvo o los gases de una corriente al conseguir que el gas sucio entre en contacto con el líquido lavador. La recuperación del polvo como lodo o gas como solución permite su empleo como un producto para otro proceso o su tratamiento como desecho. De esta manera se logra que el efluente que llega a la chimenea de dispersión tenga menores niveles de partículas y contaminantes. A partir de un estudio particular del líquido de lavado pueden neutralizarse los gases corrosivos generados en el proceso.

La adecuada selección del dispositivo de tratamiento (punto 4) requiere que se conozcan las características del contaminante. Las partículas de los contaminantes varían su tamaño en muchos órdenes de magnitud, desde moléculas de gases ideales hasta partículas macroscópicas de varios milímetros de diámetro. El comportamiento químico de los contaminantes también puede dictar la selección de un proceso de control. Un dispositivo no será eficaz ni eficiente para todos los contaminantes, ni siquiera para todos los contaminantes procedentes de la misma pila. Los diversos dispositivos de control de la contaminación del aire se dividen convenientemente entre los que controlan las partículas y los que controlan los contaminantes gaseosos.

Tecnologías de control para partículas:

- Filtros de tela (facilidad de limpieza, poca resistencia mecánica y química).
- Filtros de alta eficiencia (partículas muy pequeñas, incluidos microorganismos).
- Cámaras de sedimentación.
- Ciclones.
- Separadores por condensación.
- Precipitadores electrostáticos.

Tecnologías de control para partículas, gases y vapores:

- Torres de aspersion.
- Torres de platos o empacadas.
- Lavadores Venturi.
- Lavadores con lecho de fibra.

Tecnologías de control para Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs):

- Antorcha.
- Incineradores térmicos.
- Incineradores catalíticos.

- Adsorción.

Tecnologías particulares de control para óxidos inorgánicos (NO_x y SO_2):

- Modificación de los procesos de combustión.
- Lavado y tratamiento químico de los gases de combustión.
- Extracción de los gases ricos de desecho.
- Extracción de los gases pobres de desecho.

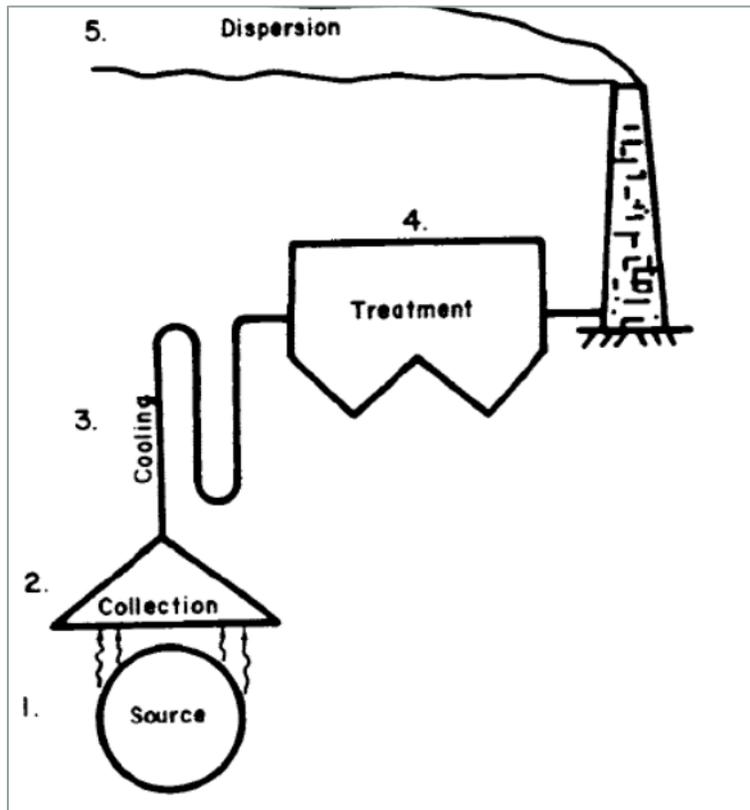


FIGURA N ° 3: PUNTOS CRÍTICOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
(FUENTE: INTRODUCTION TO ENVIRONMENTAL ENGINEERING ¹⁹205).

¹⁹ Introduction to Environmental Engineering: Code No. (PE389) <https://slideplayer.com/slide/6500850/> octubre 2018.

d) Políticas Públicas en Calidad de Aire
i. Experiencia de la Unión Europea

En Europa el cuidado del Ambiente y los recursos naturales viene aumentando en importancia en la consideración de los ciudadanos. En las últimas décadas su inclusión en la agenda política ha permitido el desarrollo de programas y legislación que muestra un gran avance.

La UE posee una estrategia común de trabajo sobre el ambiente y en particular sobre el aire, contando con una legislación muy desarrollada, de la que los países miembros tienen obligación de tomar como referencia y marco regulatorio. También cuenta con programas de estímulo económico como planes de inversión para la disminución de emisiones e instrumentos financieros que van en la misma dirección.

La legislación de la Unión Europea ha estado regulando la gestión de la calidad del aire durante los últimos 30 años y abarca unos 300 instrumentos legales, tales como directivas, órdenes, decisiones y recomendaciones. La legislación más antigua en el campo de la protección del aire, desarrollada dentro de la Unión Europea es la Convención sobre la contaminación Atmosférica transfronteriza a larga distancia, que se firmó en Ginebra en 1979. Esta se refiere a la limitación de las emisiones de los siguientes grupos de contaminantes: compuestos de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), amoníaco (NH_3), compuestos orgánicos volátiles (COVs), metales pesados (Cd, Pb, Hg), contaminantes orgánicos persistentes (COP) y material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$). Se centró principalmente en los contaminantes que causan acidificación, eutrofización y la aparición de ozono a nivel del suelo. La Directiva sobre la limitación de los niveles de SO_2 y el número de partículas suspendidas en el aire entró en vigor en 1980 (Directiva 80/779/CE, 1980). Con posterioridad se plantearon las directivas que estipularon niveles de plomo permisible (Directiva 82/884/CE, 1982) y para el dióxido de nitrógeno (Directiva 85/203/CE, 1985) en el aire.

También se introdujeron reglamentos sobre las emisiones de contaminantes industriales a la atmósfera (Directiva 84/360/CE, 1984; Directiva 88/609/CE, 1988). La implementación de las recomendaciones en estas directivas condujo a una reducción en las emisiones de SO_2 y NO_x en el aire. Pero para lograr efectos más tangibles, se decidió encuadrar requisitos más estrictos.

En 1996, la UE aprobó la Directiva sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente (Directiva 96/62/CE, 1996). Allí se establecieron nuevos requisitos para la calidad del aire y las medidas adoptadas para prevenir o limitar los efectos a la salud humana y al medio ambiente. También contenía recomendaciones sobre los métodos y criterios de evaluación de la calidad del aire, comunes a todos los Estados miembros. Sin embargo esta Directiva no logró establecer niveles permisibles para compuestos químicos particulares. En vista de esto, unos años más tarde la UE aprobó cuatro directivas hijas, con requisitos más exigentes con respecto a compuestos particulares. La primera Directiva hija (Directiva 1999/30/CE, 1999) sobre niveles permisibles de SO_2 , NO_2 , NO, polvo y plomo se aprobó en 1999. La segunda Directiva hija (Directiva 2000/69/CE, 2000) estableció niveles aceptables de CO y benceno. La tercera Directiva hija (Directiva

2002/3/CE, 2002) relacionada con el ozono en el aire ambiente y la cuarta Directiva hija (Directiva 2004/107/CE, 2004) estableció niveles admisibles de arsénico, cadmio, níquel y HAP en el aire.

Estas Directivas estipulaban los niveles permisibles o los niveles que se alcanzarían en un plazo específico. La primera Directiva hija trató de proteger la salud humana, las plantas y los ecosistemas; la segunda y cuarta aplicaron solo a la protección de la salud humana y la tercera a la protección a largo plazo de la salud humana y las plantas.

La UE también ha introducido normas para la emisión de contaminantes de fuentes estacionarias y móviles (vehículos de motor a combustión). Los primeros se mencionan en la Directiva 2001/80/CE, 2001. Esta establece de forma muy precisa los niveles permisibles de emisión de contaminantes de las grandes centrales eléctricas de carbón. El objetivo es reducir gradualmente las emisiones anuales de SO₂ y NO_x de las instalaciones existentes, y también especificar las emisiones permisibles de SO₂, NO_x y polvos para incineradores existentes y nuevos. En el caso de los vehículos con motor contaminante, las emisiones se reglamentaron inicialmente mediante las Directivas 70/220/CE (automóviles) 1970 y Directiva 88/77/CE (camiones), 1987. Con el avance de la tecnología se hicieron cambios a estas Directivas (145).

A pesar de las medidas adoptadas y la consecuente mejoría considerable en la calidad del aire, los efectos negativos de la contaminación atmosférica no se aliviaron. Durante el Sexto Programa de Acción en materia de Medio Ambiente de la Comunidad Europea, se trabajó una estrategia para lograr niveles de calidad de aire que ya no afecten ni amenacen negativamente la salud humana y el medio ambiente. Esto condujo a la elaboración del Programa Aire Puro para Europa (CAFE). Implementado por la Comisión Europea en 2001, la tarea de CAFE era explorar si las regulaciones actuales eran suficientes para alcanzar los objetivos del 6EAP para 2020 (CAFE, 2001; COM 245,2001). A pesar de estos esfuerzos se predijo que los efectos negativos se seguirían sintiendo (146).

En 2005, la Comisión Europea presentó una temática estratégica sobre la contaminación del aire, esto recomendó que las regulaciones actuales se actualicen para centrarse en los contaminantes más importantes (COM 446, 2001). Ambos documentos formaron parte de una nueva Directiva.

En la actualidad el instrumento legal básico que regula la gestión de la calidad de aire es la Directiva 2008/50/CE, 2008. Al entrar en vigor en junio de 2011 reemplazó a las cinco anteriores, esta nueva Directiva requiere que los Estados miembros de la UE garanticen que no se rebasen los niveles permisibles de sustancias que establece. Por lo tanto están obligados a preparar e implementar planes y programas para eliminar discrepancias.

Los niveles permisibles estipulados en la Directiva son los valores mínimos que los Estados miembros de la UE deben esforzarse por alcanzar. Esto significa que los Estados miembros pueden introducir estándares más exigentes en sus territorios si así lo desean. En el caso de los Estados que, a pesar de haber tomado todas las medidas apropiadas para reducir sus emisiones, aún superan los niveles permitidos, la Directiva permite retrasar el plazo para alcanzar los niveles

prescritos, aunque a condición que se cumplan determinados criterios. No obstante la Comisión debe ser notificada de todos los cambios.

La prioridad más urgente de la Directiva es introducir un nuevo enfoque para el monitoreo de partículas suspendidas. El planteo es no solo analizar el material particulado de menos de $10\mu\text{m}$ de diámetro (PM_{10}), sino también establecer niveles máximos de partículas “finas” de menos de $2,5\mu\text{m}$ de diámetro ($\text{PM}_{2,5}$). Estas últimas partículas pueden afectar seriamente la salud humana.

En la década de 2010 a 2020, los Estados miembros deberían limitar la exposición humana a las partículas $\text{PM}_{2,5}$. Además la Directiva anticipa un sistema más ramificado para monitorear contaminantes particulares: esto permitirá identificar mejor los contaminantes y facilitar la implementación de una política más efectiva para mejorar la calidad del aire. El Programa CAFE es útil en la implementación de la Directiva y el ensayo de partículas $\text{PM}_{2,5}$ (148).

En una revisión de la política de la UE en relación con la gestión de la calidad de aire se hicieron consultas en junio de 2011 con el fin de establecer nuevos objetivos a largo plazo para el período posterior a 2020 (ECE, 2011). Los resultados se tuvieron en cuenta en la revisión que permitió formular el Plan del año 2013, que fue declarado “Año del Aire Limpio” en Europa.

El Reglamento de la UE 1210/90/EC, de 1990 se convirtió en la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), su trabajo comenzó en serio en 1994. La tarea de la Agencia es proporcionar información confiable y objetiva sobre el estado del medio ambiente, coordinar la dirección que están tomando los cambios en el medio ambiente, junto con la canalización de las presiones sociales y económicas sobre el medio ambiente. Sus tareas se centran en cuatro áreas principales:

- Contrarrestar los cambios climáticos.
- Contrarrestar la pérdida de biodiversidad e identificar cambios en la gestión espacial.
- Proteger la salud humana y la calidad de vida.
- Explotar y gestionar los recursos naturales y el desperdicio.

La Agencia también está obligada a compilar informes quinquenales sobre el estado del medio ambiente, los informes temáticos y técnicos, las revisiones y las publicaciones sobre los eventos más importantes (AEMA, 2011).

Los Estados miembros de la Unión Europea se encuentran obligados a plantear metas a corto y largo plazo. Su inclusión en las políticas locales no solo viene de la mano de las obligaciones comunitarias sino de los requerimientos de la población. La inclusión de la problemática ambiental en la agenda política es producto de la adquisición de una profunda conciencia respecto al impacto que tiene directamente la contaminación sobre el bienestar y la salud de la gente.

Desde la Comisión Europea se ha señalado que el problema de la contaminación de la atmósfera afecta a más de 130 ciudades de los países miembros, causando más de 400.000 muertes al año. En 2013 hubo aproximadamente 70.000 muertes prematuras por niveles altos de dióxido de nitrógeno (NO_2), un número casi tres veces superior al de muertes provocadas por siniestros viales en el mismo año. De allí la importancia que se le está dando a este tema, donde varios países

comunitarios (Alemania, Francia, España, Italia y Gran Bretaña entre otros) se enfrentan a fuertes multas por no cumplir con los límites establecidos (136).

Entre los planes que ha implementado la CE se destacan:

- Evaluación y Gestión de la Calidad del Aire Ambiente.
- Programa Aire Puro para Europa (CAFE).
- Límites nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos.
- Intercambio de información y datos sobre la calidad del Aire Ambiente.
- Estrategias para disminuir sustancias que perjudican la capa de ozono.
- Programa Europeo de Cambio Climático.
- Comercio de Derechos de Emisión.

En general los Planes de Mejora de la Calidad del Aire son planes de acción territorial que buscan prevenir y eliminar la contaminación atmosférica en una región determinada.

La Directiva 96/62/CE del Consejo del 27 de septiembre de 1996 dio el marco de legislación comunitaria respecto a la calidad del Aire Ambiente. En tal sentido los objetivos de esta Directiva Marco son:

- Definir y establecer objetivos de calidad del aire ambiente en la Comunidad para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y para el medio ambiente en su conjunto.
- Evaluar la calidad del aire ambiente en los Estados miembros basándose en métodos y criterios comunes.
- Disponer de información adecuada sobre la calidad del aire ambiente y procurar que la población tenga conocimiento de la misma, entre otras cosas mediante umbrales de alerta.
- Mantener la calidad del aire ambiente cuando sea buena y mejorarla en los demás casos.

Esta Directiva obligó a los diferentes estados miembros a realizar modificaciones en sus legislaciones internas para adaptarla a la normativa comunitaria. De allí que los planes de mejora se han ido actualizando y son cada vez más comunes para mejorar la calidad del aire en aquellos casos que se encontraban fuera de los rangos indicados.

Los planes de mejora se han convertido en la herramienta más importante para recuperar la calidad perdida de la atmósfera en los grandes centros urbanos o para mantenerla en aquellos lugares que todavía tienen parámetros de contaminación por debajo de los que dañan la salud de la población. Estos planes poseen medidas para disminuir la emisión de contaminantes existentes y prevenir el buen funcionamiento de las posibles futuras fuentes de emisión. Teniendo en cuenta la importancia que están teniendo estos planes en las administraciones locales, es razonable identificar y proponer las mejores medidas o recomendaciones para su elaboración, aprovechando aquellos que ya están siendo aplicados y obteniendo resultados positivos.

Gestión de la calidad del aire:

Entre las actividades vinculadas a la Gestión de la Calidad del Aire son fundamentales la protección de la atmósfera en los lugares que poseen aire libre de contaminantes y actividades de mejoramiento de dicha calidad en los lugares donde se encuentra degradada, para ello se deben seguir las siguientes etapas:

- Preparar criterios de salud ambiental y establecer normas con parámetros de calidad de aire que preserven la salud y normas de emisión de contaminantes de fuentes específicas.
- Desarrollar sistemas de control, implementarlos, operarlos y revisar los resultados una vez puestos en marcha.

Las normas actualmente vigentes están diseñadas para controlar los contaminantes peligrosos del aire, asimismo se requiere una actualización continua ya que la innovación tecnológica permanente permite encontrar dispositivos de menor impacto en la contaminación atmosférica y más económicos.

Las estrategias de control son las acciones que deben llevarse a cabo para disminuir la contaminación en el aire. Entre ellas se encuentra la necesidad de establecer un sistema de monitoreo continuo de la calidad de aire. Este monitoreo permite ver el estado de emisión de las diferentes fuentes, su cumplimiento con las normas actuales y si las estrategias establecidas son pertinentes para mantener los estándares de calidad de aire. Asimismo es necesario establecer un inventario de emisiones que permita evaluar la proyección de las fuentes fijas y las móviles en función de diferentes parámetros de crecimiento de las actividades que las contienen, a nivel local y regional.

La estimación de las condiciones futuras que dependerán del crecimiento de la población, de la industria, modificaciones en el transporte, de la economía y de modelos de dispersión, redundará en la reformulación de los planes vigentes para el control de la calidad del aire. Estas estimaciones corridas en modelos matemáticos permiten comparar el nivel actual con el futuro en la calidad de aire y así también calcular las reducciones necesarias para cumplir los estándares normados.

También se desarrollan planes de contingencia para posibles emergencias ante episodios de contaminación accidentales o en situaciones meteorológicas adversas. En estos casos se puede recurrir a programas de urgencia.

Luego de haber cumplido con los niveles de calidad de aire se establecen planes a largo plazo para mantener la calidad alcanzada previendo los crecimientos de población, de la industria, del tránsito y demás factores que aportan a su degradación.

ii. España

En abril de 2013, España aprobó el “Plan Nacional de Calidad de Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016”²⁰. Entre sus objetivos se encuentra fomentar la concientización de la ciudadanía y mejorar la información disponible sobre calidad de aire. Ese mismo año fue declarado por la Comisión Europea como “Año del Aire en Europa”. El MAPAMA²¹ de España presentó un documento donde analizó para cada contaminante su avance entre los años 2001 y 2012, contrastable con datos de estaciones que realizan un monitoreo continuo de la evolución de los mismos.

Según datos recogidos de la página oficial del estado²², España cuenta con más de cuarenta (40) años de registros de datos con una red de monitoreo que sigue ampliándose. En la actualidad, gestionadas por las comunidades autónomas, cuenta con más de 600 estaciones de monitoreo continuo y arriba de 4.000 técnicos que las operan. Los datos obtenidos son analizados en modelos de simulación de calidad de aire. Estos registros permiten afirmar una mejora en la disminución de emisión de contaminantes y disminución de los niveles de contaminación en el aire.

El impulso dado por la Comisión Europea al declarar 2013 como “Año del Aire en Europa” dio un marco propicio para el impulso de políticas públicas en este sentido en el gobierno español, el que adoptó el “Plan AIRE 2013-2016”.

El marco legal donde se apoya este Plan tiene el aporte normativo de dos directivas comunitarias y una Ley nacional junto con un Real Decreto:

- Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.
- Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

Poseen una distribución de competencias entre las distintas Administraciones y Entidades implicadas, las que gestionan las redes de control y calidad de aire existente a partir de los contaminantes evaluados y los valores legislados (umbrales de evaluación, valores límites, valores objetivos y/o objetivos a largo plazo); la zonificación establecida y los métodos de evaluación posibles (mediciones fijas, mediciones indicativas y modelización); junto con los criterios de clasificación y evaluación de las estaciones de medición y las consecuencias de los

²⁰ Fuente página del MAPAMA: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Analisis_calidad_aire_Espa%C3%B1a_2001_2012_WEB_tcm30-183383.pdf mayo 2018.

²¹ MAPAMA: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente de España.

²² Fuente página del MAPAMA: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/planes-mejora/Plan_Aire.aspx julio 2018.

incumplimientos de los valores legislados (información a la población, Planes de Acción, Planes de Mejora y Planes de Mejora a Largo Plazo).

El marco legal establece obligaciones de evaluación e información respecto de diferentes cuestiones tales como:

- Efectos del contaminante sobre la salud.
- Origen de la contaminación (principales fuentes emisoras).
- Valores legislados (objetivos de la calidad de aire).
- Resultados de la evaluación 2012 (referida a la salud).
- Evaluación a lo largo de un período dado (variable según un contaminante).

El Sistema Español de Inventario (SEI) de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera provee los datos relativos al origen de los mismos. En él se efectúa el análisis por actividad emisora siguiendo la nomenclatura SNAP-97²³:

- 01 Combustión en el sector de producción y transformación de la energía.
- 02 Plantas de combustión no industrial.
- 03 Combustión industrial.
- 04 Procesos industriales.
- 05 Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica.
- 06 Uso de disolventes y otros productos.
- 07 Transporte por carretera.
- 08 Otros vehículos y maquinaria móvil.
- 09 Tratamiento y eliminación de residuos.
- 10 Agricultura.
- 11 Otras fuentes y sumideros (naturaleza).

²³ SNAP-97: Selected Nomenclature for Air Pollution desarrollada por el Proyecto EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme)/CORINAIR - Agencia Europea de Medio Ambiente y Convenio LRTAP (Long-range Transboundary Air Pollution).



FIGURA N° 4: MAPA DE LA CALIDAD DE AIRE EN TIEMPO REAL EN EL TERRITORIO DE ESPAÑA.²⁴
(FUENTE: PÁGINA DE AIR QUALITY INDEX).

Madrid

El caso de Madrid es uno más entre otros donde se verifica el incumplimiento de algunos estándares establecidos en la normativa europea²⁵. Según datos de las 24 estaciones de medición de la contaminación del aire del Ayuntamiento Madrid, durante 2017 se han superado los valores límites de protección a la salud humana fijados por la legislación europea para el dióxido de nitrógeno (NO_2), el material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$) y el ozono troposférico (O_3). Probablemente el aumento de NO_2 provenga de las condiciones meteorológicas y por un aumento del tránsito vehicular.

Durante 2017, 15 de las 24 estaciones superaron el valor límite para NO_2 establecido en $40\text{mg}/\text{m}^3$ de concentración media anual y en otras tres lo igualaron. En 2016 fueron 9 las estaciones que sobrepasaron el valor límite legal, la ciudad de Madrid ha vulnerado este valor límite en los últimos ocho años. De estos datos surge que la Comisión Europea tenga en trámite un expediente por la infracción, el que podría resultar en una considerable multa.

Respecto a PM_{10} , 7 de las 12 estaciones que lo miden superaron el valor recomendado por la OMS como límite anual. Para partículas en suspensión $\text{PM}_{2,5}$ 4 de las 6 estaciones que la miden superaron el valor límite anual recomendado por la OMS.

²⁴ Imagen tomada de la página Air Quality Index para la región de España <http://aqicn.org/map/spain/es/#@g/38.8643/-3.1311/6z> mayo 2018.

²⁵ ONG ambientalista, Ecologistas en acción: "Informe-La calidad del aire en la ciudad de Madrid en 2017". <https://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/info-calidad-aire-madrid-2017.pdf> junio 2018.

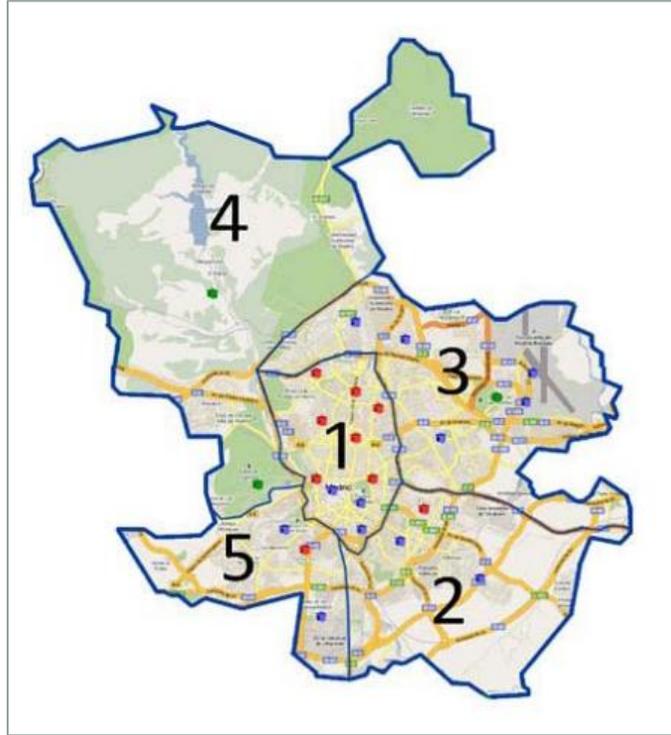


FIGURA N° 5: ZONIFICACIÓN DEL AYUNTAMIENTO DE MADRID. ESTACIONES DE MONITOREO: ROJO: ESTACIONES DE TRÁFICO, AZUL: ESTACIONES DE FONDO URBANO, VERDE: ESTACIONES SUBURBANAS. ²⁶
(FUENTE: ECOLOGISTAS EN ACCIÓN, SITIO WEB ONG AMBIENTALISTA)

Se puede observar el nivel de contaminación a partir de las estaciones de monitoreo continuo con las que cuenta la región de Madrid.

²⁶ Imagen tomada de la página Ecologistas en Acción: <https://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/info-calidad-aire-madrid-2017.pdf> mayo 2018.

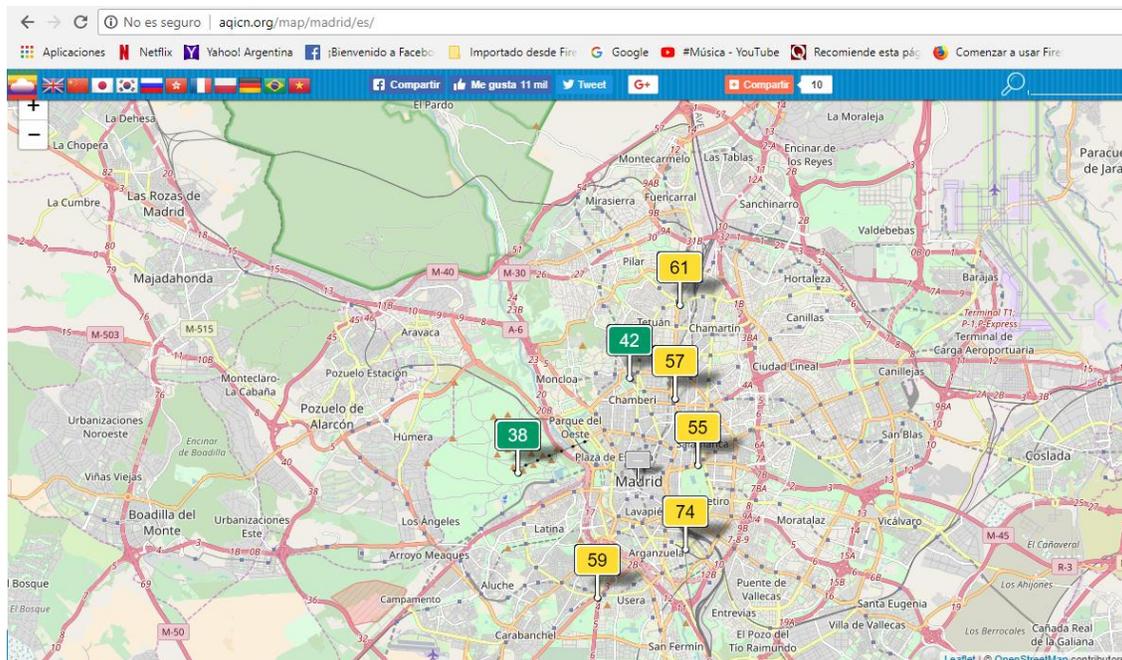


FIGURA N° 6: ESTACIONES DE MONITOREO CONTINUO EN LA REGIÓN DE MADRID²⁷
(FUENTE: PÁGINA DE AIR QUALITY INDEX).

El ayuntamiento de Madrid creó en julio de 2017 la Comisión de Calidad de Aire de la Ciudad de Madrid, como órgano colegiado con competencia en cuestiones de seguimiento, asesoramiento y coordinación en materia de calidad de aire. El Plan de Mejora de Calidad de Aire 2016-2020 se propone llegar a los niveles de calidad acordes a los valores guía de la OMS. Para ello tiene previsto acciones sobre la red viaria y el espacio público sobre el tráfico privado y la promoción de modos activos de movilidad menos contaminante (140).

Entre las medidas contempladas se plantea crear un Área Central de Acceso Restringido para el vehículo privado, discriminación positiva para las tecnologías menos contaminantes de distribución de mercancías y optimización del servicio de taxi. Desalentar el ingreso de vehículos al área central, promover la movilidad peatonal junto con la movilidad ciclista, priorización semafórica para autobuses y regulación del aparcamiento con criterios de calidad de aire, limitación de la velocidad en accesos metropolitanos, red de aparcamientos disuasorios, dotar de carril exclusivo BUS-VAO en accesos a la ciudad, sustitución de tecnología en autobuses (gas natural comprimido y tecnología híbrida), proyecto de autobús de alta capacidad, optimización de recorridos de taxis, optimización en la gestión de carga y descarga de mercancías priorizando los vehículos con tecnologías menos contaminantes, colaboración público-privada para la innovación y eficiencia en los procesos logísticos urbanos, flotas de servicios municipales de bajas emisiones, red de carga para vehículos eléctricos, red de suministro de combustibles alternativos.

²⁷ Imagen tomada de la página Air Quality Index para la región de Madrid: <http://aqicn.org/map/madrid/es/> mayo 2018.

También cuenta con una propuesta de regeneración urbana baja en emisiones y eficiencia energética, fomento de la sustitución de combustibles de calefacción contaminantes (carbón y gasoil) y control del uso de biomasa (141).

iii. Inglaterra

Londres

Desde el municipio de Londres, el Alcalde tiene una página activa donde se promueve la calidad del aire²⁸. El problema de contaminación del aire en esta ciudad es crítico. La documentación consultada indica que se vienen realizando mejoras significativas en los últimos años. Las autoridades han encontrado gran dificultad en cumplir con los límites impuestos en la normativa europea sobre NO_x y PM₁₀.

Los programas planteados en los planes de mejora tienen varias áreas sobre las que están trabajando. En particular buscaron mejorar la eficiencia energética en casas y oficinas. Además se plantearon diferentes estrategias para reducir las emisiones de los medios de transporte público y privado.

Las emisiones producidas por el tránsito vehicular son la principal causa de la polución en Londres. Un estudio realizado por la Autoridad del Gran Londres (GLA) muestra que las zonas más desfavorecidas se encuentran cerca de las vías de tránsito, el aporte de las emisiones de los diferentes tipos de vehículos es crítico. Otro estudio muestra que las políticas públicas implementadas para reducir la contaminación en Londres, mediante la regulación del tránsito han sido efectivas a partir de 2010²⁹.

En este estudio se destaca que los vehículos pesados son un factor importante en la contaminación del aire urbano, si bien el aumento de uso de colectivos es deseable por muchas razones, deben ir acompañado por un estricto control de emisiones y la utilización de tecnologías más limpias, incluyendo vehículo eléctricos e híbridos.

²⁸ Página del municipio de Londres: <https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/pollution-and-air-quality> mayo 2018.

²⁹ Link: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.026> (consulta realizada el 10-06-2018) ¿Las políticas para disminuir las emisiones atmosféricas del tráfico tienen un efecto positivo en Londres? Anna Font, Gary W. Fuller, Contaminación ambiental - Volumen 218, noviembre de 2016, páginas 463-474



FIGURA N° 7: ESTACIONES DE MONITOREO CONTINUO DE CALIDAD DE AIRE EN EL ÁREA DEL GRAN LONDRES³⁰.
(FUENTE: PÁGINA DE AIR QUALITY INDEX)

A pesar de la tendencia a la baja durante los períodos 2010 a 2014, en Londres, cerca de las tres cuartas partes de las carreteras (GLA cuenta con 65 puestos permanentes de control de contaminantes, AQMS: Air Quality Monitoring Sites, ver Figura N° 7) se encuentran valores de NO₂ que exceden los permitidos por la Unión Europea para el año 2015, con siete lugares donde el valor supera al doble tolerado.

En cuanto al material particulado más pequeño, PM_{2,5} se verificaron disminuciones considerables (entre 15-45%), al igual que el carbono negro (BC: black carbon). Se atribuye esta disminución a los filtros colocados en los motores a combustión diésel. Respecto a PM₁₀ los resultados no son tan claros en algunos AQMS se encuentran tendencias claras a la baja mientras que en otros se mantiene o aumenta. Por esto el estudio plantea la necesidad de incrementar los controles y profundizar las políticas sobre los vehículos pesados de manera que sean realmente efectivas (139).

El estudio muestra una considerable heterogeneidad en el resultado de las intervenciones de políticas para controlar las emisiones de contaminantes en las rutas de Londres. Lo que destaca la necesidad de una medición detallada y su correspondiente realimentación en la formulación de políticas públicas. También se espera que las normas Euro 6 para vehículos diésel genere una reducción en la generación de NO_x y NO₂ primario bajo condiciones normales de funcionamiento de los vehículos.

La Autoridad del Gran Londres (GLA) ha presentado estudios donde estima que la mala calidad del aire puede contribuir a más de 4.000 muertes por año, impactando fundamentalmente en las personas más vulnerables como los niños, las personas mayores y aquellos con enfermedades cardíacas o respiratorias. Las condiciones meteorológicas son una condición de borde en Londres que puede agravar el nivel de contaminación, en algunos casos pueden provocar picos

³⁰ Mapa de monitoreo continuo de calidad de aire en el Gran Londres, página de Air Quality Index: <http://aqicn.org/map/london/es/#@g/51.4652/0.0405/10z> junio 2018.

inesperados aumentando el nivel de riesgo para los sectores más vulnerables. En el centro de Londres cerca del 40% de las concentraciones de PM₁₀ y del 25% de las concentraciones de NO₂ son causadas por emisiones desde el exterior de la capital.

Entre las medidas más importantes que están llevando adelante las autoridades responsables se encuentran la promoción de viajes en bicicleta, un programa de inversión para fomentar el uso de vehículos eléctricos y la conversión del transporte público de pasajeros a vehículos híbridos. Asimismo se está promoviendo la modernización del parque de taxis causantes del 20% de los escapes en el centro londinense y también se está impulsando la fabricación de taxis con emisión cero para el año 2020.

iv. Francia

Desde el Ministerio de Transición Ecológica y Solidaria de la República de Francia, el 13 de abril de 2018, se han hecho públicas 14 hojas de ruta con el fin de mejorar la calidad de aire. La verificación a partir de numerosos estudios técnicos y mediciones de que el principal responsable de la contaminación atmosférica es el transporte vehicular particular, público y de cargas obligó a las autoridades francesas a tomar medidas restrictivas para el tránsito vehicular.

En Francia desde julio de 2017 se han establecido 28 zonas medioambientales entre permanentes (Zona de Circulación Restringida: ZCR) y temporales (Zona de Protección Atmosférica: ZPA). El objetivo es lograr que en ellas circulen solamente vehículos que generen un bajo impacto en la contaminación atmosférica. Se creó el distintivo “Crit’Air”³¹ que posee seis colores, de manera tal que disminuya la circulación de las clase Euro 0 a 5 en ciudades como París, Estrasburgo, Grenoble, Lyon, etc.

³¹ La etiqueta adhesiva obligatoria indica las características de emisión del vehículo: <https://www.crit-air.fr/es/> junio 2018.



FIGURA N° 8: ZONAS MEDIOAMBIENTALES DE FRANCIA. ZONAS DE CIRCULACIÓN RESTRINGIDA (ZCR) Y ZONAS DE PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA (ZPA).

Las Zonas de Circulación Restringida son zonas ya delimitadas con vigencia permanente. Aparecen establecidas sobre todo en el centro de las ciudades para excluir el tránsito de vehículos antiguos. Los vehículos particulares matriculados antes de 1997 tienen la prohibición de circular en todo el territorio francés, para vehículos de mayor porte la restricción es mayor, dependiendo sus características de emisión de contaminantes.

París

Desde diciembre de 2016 se utiliza el distintivo “Crit’Air” en la región de París (“Grand Paris”). En caso de ser necesario por los niveles de contaminación y las condiciones meteorológicas, el Decreto de creación de la ZPA GP³² (Dto.Nº 2016-01383), habilita a las autoridades a restringir la circulación vehicular junto con un paquete de medidas. En la región parisina habitan más de 12 millones de personas, distribuidas en 12.000km², abarcando 72 municipios de los 5 departamentos afectados. París es el centro urbano de la región, posee una población de más de 2,2 millones de personas en cerca de 105km², con un tránsito intenso y difícil, alcanzando un volumen de 270.000 vehículos diarios (142).

³² ZPA GP: Zona de Protección Atmosférica del Gran París
ZCR GP: Zona de Circulación Restringida del Gran París

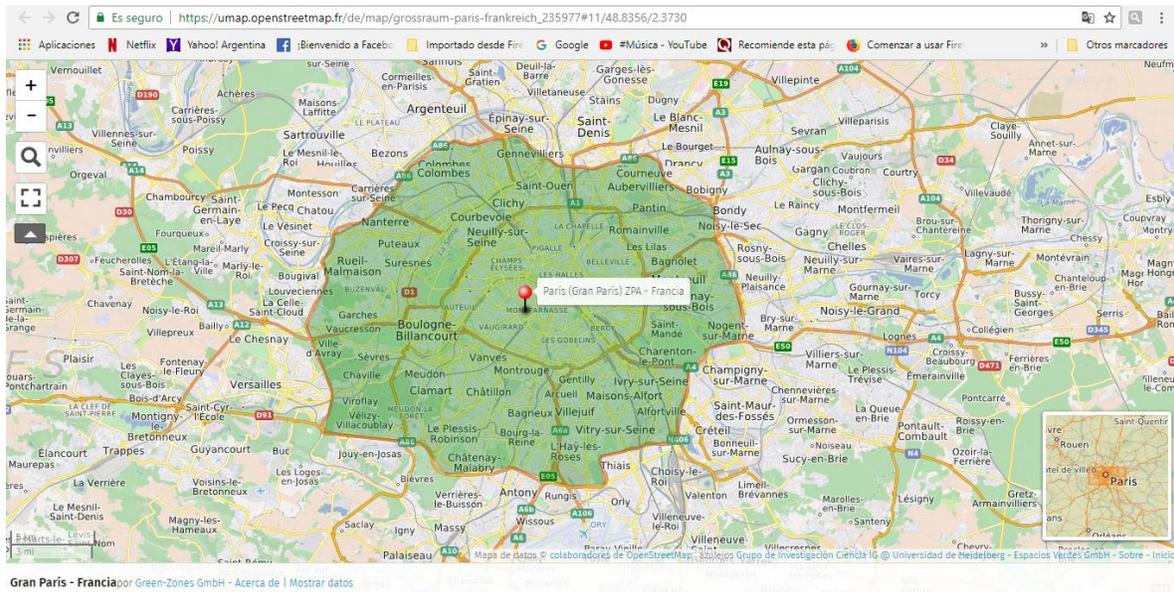


FIGURA N° 9: ZONAS DE PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA EN PARÍS ZCR Y ZPA.³³

La zona medioambiental ZCR París ocupa toda el área de la capital francesa, ubicada dentro de la vía de circunvalación “Boulevard Périphérique”. La zona ZCR de París podría ser ampliada durante 2019 a toda la región metropolitana, esto correspondería con la actual ZPA de París, lo que afectaría con restricciones permanentes el tránsito vehicular en un sector más extenso.

La circulación por las zonas restringidas trae consigo multas de valores que van entre 68€ y 375€, incluso hasta podría procederse a la inmovilización del vehículo. El sistema de obleas les permite a las autoridades francesas tener grados de restricción a partir del nivel de contaminación y la calidad de emisión de contaminantes del vehículo. En los primeros cuatro meses de 2018 se habían distribuido más de 10 millones de obleas en el territorio francés.

Por otra parte, además del certificado de calidad de aire “Crit’Air”, Francia cuenta con un dispositivo de estímulo para la conversión de vehículos. Este estímulo, vigente a partir del 1 de enero de 2018, permite a los franceses comprar un vehículo nuevo o reciente, que emita menos de 130gCO₂/km, recibiendo un subsidio de 1000€, siempre que se desguace su viejo vehículo. La compra de vehículos eléctricos cuenta con un subsidio de 2.500€, en los tres primeros meses de implementación, esta medida tuvo 25.000 beneficiarios.

³³ Imagen tomada de la página Open Street Maps: https://umap.openstreetmap.fr/de/map/grossraum-paris-frankreich_235977#11/48.8356/2.3730 septiembre de 2018.

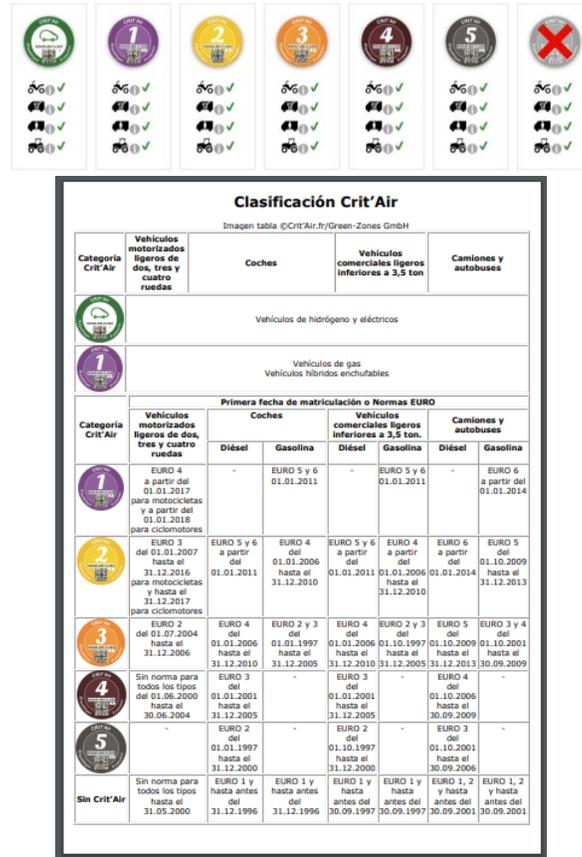


FIGURA N° 10: RESUMEN DE LAS OBLEAS DISTINTIVAS REFERIDAS A LAS NORMAS EURO (NORMATIVA EUROPEA SOBRE EMISIÓN DE CONTAMINANTES PARA VEHÍCULOS).³⁴

Las medidas entran en vigor en etapas sucesivas, en caso de continuar los niveles altos de contaminación, pueden aumentarse las restricciones. Se controlan los niveles de contaminación en el Instituto de calidad de aire activando controles en la velocidad de los vehículos hasta llegar a la restricción de la circulación de los mismos en función del nivel alcanzado.

³⁴ Información oficial del sistema "Crit'Air": <https://www.crit-air.fr/es/informacion-sobre-el-distintivo-critair/el-distintivo-critair/informacion-sobre-el-distintivo-critair.html> junio de 2018.



FIGURA N° 11: ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE EN LA REGIÓN DE PARÍS³⁵.

Ingresando a la página de Air Quality in Europe, se pueden obtener para diferentes ciudades de Europa, el estado de la calidad de aire. Cada uno de esos carteles indicadores da en tiempo real el valor del ICA. El acceso a la página es gratuito y muy simple, está pensado para que todo aquel que quiera conocer el estado del aire pueda hacerlo de manera muy simple.



FIGURA N° 12: EN LA PÁGINA DE AIR QUALITY IN EUROPE SE PUEDE COMPARAR LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN CON DÍAS ANTERIORES EN DIFERENTES CIUDADES³⁶.

³⁵ Estaciones de monitoreo de la Región de París: <http://aqicn.org/map/paris/es/#/@g/48.8889/2.3205/11z> junio 2018.

³⁶ Air Quality in Europe: https://www.airqualitynow.eu/es/comparing_city_details.php?paris junio 2018.

La discusión por la disminución del tránsito vehicular para limitar las emisiones se instaló en la sociedad francesa fuertemente. A principios de 2018 desde la alcaldía de París se planteó el debate público de promover la gratuidad del transporte público en la capital francesa para estimular su uso y reducir las emisiones de los vehículos particulares.

La cuestión se plantea desde la necesidad de reemplazar el aporte económico que realizan los usuarios, ya que la venta de billetes provee el 28% del costo anual del transporte estimado en 10 millones de euros. El gobierno alemán realizó una propuesta a la Comisión Europea para implementar en cinco ciudades del oeste del país (Bonn, Essen, Reutlingen, Mannheim y Herrenberg) el transporte público de pasajeros gratuitos con el fin de combatir más eficazmente la contaminación ambiental. De tener éxito la medida, está dentro de la planificación del gobierno extender el programa a otras seis ciudades.

Las propuestas de los planes a instrumentar en la comuna de París para el manejo del tránsito vehicular tiene un alto grado de discusión en el debate político de la sociedad parisina. El tercer fin de semana de septiembre (el domingo 16-09-18) se realizó el cuarto cierre a la circulación de automóviles particulares y motos en la zona centro de París. En diferentes sectores de la ciudad se confirmaron bajas significativas en el dióxido de nitrógeno (NO₂) que iban del 28% al 35% en comparación con otros domingos de características meteorológicas similares (147). La medida incluía una velocidad máxima para el transporte público de pasajeros de 30km/h en toda la capital y de 20km/h en la zona del centro. Las autoridades municipales indicaron que a partir del 07 de octubre de 2018 se cerrará la circulación de automóviles un domingo por mes en los cuatro distritos del microcentro de París.

v. Estados Unidos

Las bases legislativas fundamentales para la protección del aire en los Estados Unidos fueron generadas entre 1955 y 1970. Comienzan con promulgación de la Ley de Control de la Contaminación del Aire (1955), en la que se establece que la contaminación del aire era un problema nacional y se previeron fondos para la investigación de la contaminación del aire.

Posteriormente se implementó la primera Acta del Aire Limpio (1963), cuya tarea consistió en educar y llevar a cabo estudios con el objeto de limpiar el aire contaminado; y en una primera enmienda (1965) se establecieron las normas para emisión de los vehículos de motor ligero. Más tarde se promulgó la Ley de Calidad de Aire (1967), responsabilizando a los estados por el establecimiento de estándares regionales de calidad de aire basados en criterios federales de calidad de aire (149).

En 1970 se aprobó una nueva Acta del Aire Limpio (1970), en la que se establecen normas para seis contaminantes criterio: dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), material particulado (PM) y plomo (Pb); además de los requisitos para la implementación de programas de calidad de aire. En el mismo año, el Congreso de los Estados

Unidos estableció la Agencia de Protección Ambiental (EPA), con la tarea de supervisar la implementación de los estándares establecidos en la Ley de Aire Limpio de 1970. A los pocos años (1977) se establecieron los Estándares Nacionales de Calidad de Aire Ambiental (150).

Más recientemente, en la década de 1990, se hicieron modificaciones al Acta del Aire Limpio (enmienda 1990) que incluyeron el otorgamiento a la EPA de mayores poderes con respecto a la implementación y el cumplimiento de las normas destinadas a reducir las emisiones de contaminantes al aire, entre ellas podemos mencionar:

- Reducir el uso de las sustancias que agotan la capa de ozono.
- Reducir las emisiones de sustancias que causan la deposición ácida.
- Limitar las emisiones de contaminantes atmosféricos de fuentes específicas.
- Limitar el número de fuentes de contaminantes atmosféricos peligrosos a los que está expuesta la población.
- Proteger y mejorar la visibilidad en parques nacionales y áreas silvestres.
- Introducir normas más rigurosas para las emisiones de contaminantes de los vehículos de motor, utilizando combustibles alternativos.
- Reducir las emisiones de dióxido de azufre de las centrales eléctricas (151).

En 1991 se firmó un acuerdo entre Canadá y Estados Unidos de Norte América sobre calidad de aire³⁷. El propósito del mismo era establecer un instrumento práctico y eficaz para abordar las preocupaciones compartidas con respecto a la contaminación atmosférica transfronteriza. En el mismo se reconoce que la contaminación atmosférica transfronteriza puede causar daños considerables a los recursos naturales de vital importancia ambiental, cultural y económica, poniendo en riesgo la salud humana en ambos países; y que puede reducirse efectivamente mediante una acción cooperativa o coordinada que permita controlar las emisiones de contaminantes atmosféricos de ambos países.

También se incluye la intención de abordar en otros foros, cuestiones relacionadas con el aire a nivel mundial como el cambio climático y el agotamiento de la capa de ozono estratosférico. Se reafirma el Principio 21 de la Declaración de Estocolmo que establece que “los Estados tienen, de conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del derecho internacional, el derecho soberano de explotar sus propios recursos de conformidad con sus propias políticas ambientales, junto con la responsabilidad de garantizar que las actividades dentro de su jurisdicción o control no causen daños al ambiente de otros Estados o de áreas más allá de los límites de la jurisdicción nacional.

³⁷ Acuerdo de Calidad de Aire entre Canadá y Estados Unidos de Norte América:
http://www.ijc.org/en /Air_Quality_Agreement

vi. Comparación de las políticas y legislación de protección del aire de la Unión Europea y los Estados Unidos:

En muchos aspectos las políticas de protección del aire de la UE y los EE.UU. son muy similares. Ambas áreas geográficas tienen una situación económica parecida, nivel de tecnología, población y superficie similares. También tienen problemas similares respecto a la protección del medio ambiente.

Pero también tienen diferencias. En los EE.UU. la calidad del aire es una cuestión federal y las políticas relevantes se aplican a todo el país. Por el contrario la política de calidad de aire en la UE consiste en una mezcla de normas emitidas por la Comisión de la UE y la de los diversos Estados miembros. Esto significa que la UE establece los estándares y los Estados miembros determinan la mejor manera de cumplir los objetivos dentro de su país. En los EE.UU. la gestión de la contaminación del aire se implementa a través de una combinación del estándar de la calidad del aire y las estrategias de estándares de emisión, mientras que en la UE las emisiones están reguladas con impuestos y análisis de costo-beneficio.

La reducción de la contaminación atmosférica es un elemento importante de la política medioambiental de la UE y de los EE.UU. Las estrategias de protección del aire están diseñadas alrededor de contaminantes atmosféricos específicos, cuya presencia tiene un efecto adverso en el medio ambiente y en la salud humana. Los Estados miembros de la UE y los EE.UU. han elaborado sus propias reglas para limitar las emisiones y establecer objetivos de calidad del aire. Las sustancias perjudiciales en el aire se establecieron en función de las directrices de la OMS.

A continuación se muestra en la Tabla N°1 donde se ve la información básica sobre los niveles máximos permisibles de indicadores de calidad del aire en la UE y los EE.UU.

La Tabla N° 1 muestra que las normas de calidad de aire de la UE son algo más restrictivas que en los EE.UU. Además la UE monitorea un número mayor de compuestos que los establecidos en las recomendaciones de la OMS. Los EE.UU. monitorean solo siete contaminantes (SO_2 , NO_2 , PM_{10} , $PM_{2,5}$, CO , O_3 , Pb). En la UE y los EE.UU. hay un rango de calidad de aire "aceptable". Sin embargo la Ley de Aire Limpio estableció dos tipos de estándares nacionales de calidad de aire. Las normas primarias establecen límites para proteger la salud pública, incluida la salud de poblaciones "sensibles" (niños, asmáticos, etc). Mientras que en las secundarias, los estándares establecen límites para proteger el bienestar público (daño a animales, plantas y edificios) (EPA de EE.UU., 2012a). Los EE.UU. en el proceso de crear normas de calidad del aire se centran principalmente en evaluar el nivel de contaminación que sería un nivel aceptable de riesgo para la salud pública. Los valores límites de la mayoría de los contaminantes atmosféricos (CO , SO_2 y PM_{10}) no pueden excederse más de una vez al año (150).

Pollutant/Averaging Time	EU (AQS, 2011)	U.S. (U.S. EPA, 2012a)	WHO (WHO, 2006)
SO ₂	ppb	ppb	ppb
1 hour mean	134	75	–
3 hour mean	–	500	–
24 hour mean	47	140	8
Annual mean	–	30	–
NO ₂	ppb	ppb	ppb
1 hour mean	105	100	106
24 hour mean	–	–	–
Annual mean	21	53	21
PM ₁₀	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
24 hour mean	50	150	50
Annual mean	40	–	20
PM _{2.5}	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
24 hour mean	–	35	25
Annual mean	25	15	10
CO	ppb	ppb	ppb
8 hour mean	9 000	9 000	–
1 hour mean	–	35 000	–
Ozone	ppb	ppb	ppb
8 hour mean	40	75	50
1 hour mean	–	120	–
Benzene	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Annual	5	–	–
Lead	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Annual	0.5	0.15	–
PAH	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Benzo[a]pyrene	0.001	–	–

TABLA N° 1: COMPARACIÓN DE LOS VALORES LÍMITES ACTUALES DE CALIDAD DE AIRE EN LA UE Y LOS EE.UU. JUNTO CON LOS ESTABLECIDOS POR LA OMS (150).

La UE ha establecido límites de calidad del aire en niveles en los que la probabilidad del impacto de la contaminación en la salud humana es mínima o nula. Además la UE en este proceso se guió por directrices de la OMS. Sin embargo el número de excedencias de los valores límites de calidad de aire es mayor, en el caso de CO los valores límites no pueden excederse más de ocho veces por año calendario.

Algunos Estados miembros han introducido estándares más rigurosos que los indicados en las Directivas (valores límites más estrictos para las sustancias contaminantes) y el control de algunos contaminantes que no están regulados por las Directivas de la UE. Por ejemplo Austria ha promulgado valores más estrictos para NO₂ y PM₁₀ y el Reino Unido para el ozono. Además el Reino Unido es el único que mide 1-3 butadieno y Alemania monitorea nitratos, sulfatos y carbono elemental.

Para evaluar de forma transparente y comparativa el grado de contaminación del aire en varias ciudades, se introdujo el Índice de Calidad de Aire (AQI), explicado en detalle en el apartado anterior. Generalmente, el índice se calcula simultáneamente para varias sustancias.

En la UE, cada país tiene su propio índice de calidad del aire, por lo que se creó un programa CITEAIR especial y se introdujo el índice común de calidad del aire (CAQI). Este índice tiene una escala de cinco pasos [de muy baja (0/25) a muy alta (> 100)] de contaminación del aire y se basa en tres contaminantes principales: NO₂, O₃ y PM₁₀. El índice se puede expandir con tres contaminantes adicionales: SO₂, CO, PM_{2,5}. El CAQI define dos áreas de contaminantes. La primera área se relaciona con el monitoreo del entorno urbano (explicando la situación en la aglomeración) y el segundo se refiere al monitoreo en el camino (representa lugares cerca de las calles de la ciudad con mucho tráfico).

Las clases 1-3 tienen una calidad de aire satisfactoria (los niveles de contaminación no representan un riesgo para la salud humana). Las clases 4 y 5 son de mala calidad del aire: el nivel de contaminación que representa una amenaza para la salud, especialmente para grupos sensibles (clase 4) o para toda la población (clase 5) (152).

El objetivo principal de presentar indicadores CAQI no es advertir a las personas sobre posibles efectos adversos para la salud como resultado de la mala calidad del aire, sino llamar la atención del público sobre la contaminación del aire urbano y sus fuentes, la posibilidad de mejorar la calidad del aire, e indirectamente influir en la calidad de vida.

Sin embargo, en los EE. UU. El índice de calidad del aire (AQI) tiene 6 niveles con una escala de 0 a 500. El índice incluye cinco contaminantes principales que están regulados por la Ley de Aire Limpio: O₃, PM₁₀, CO, SO₂ y NO₂. Además del índice numérico, el AQI proporciona información sobre los efectos sobre la salud relacionados con la concentración medida. El índice de calidad del aire se centra en los efectos sobre la salud que pueden aparecer unas pocas horas o días después de inhalar aire no saludable (153).

Los objetivos de reducción de emisiones contaminantes específicos difieren entre la UE y los EE. UU. La UE estableció niveles de emisiones nacionales para contaminantes seleccionados, independientemente de sus fuentes. Los techos nacionales de emisiones en los EE. UU. que cubren las emisiones para todos los sectores no están explícitamente establecidos, pero el proceso del Plan de Implementación del Estado de los EE. UU. establece límites de emisiones para todas las fuentes y los tipos específicos de instalaciones emisoras (154).

Los Estados miembros de la UE pueden delimitar de forma autónoma las zonas de gestión del aire. Sin embargo, en los EE. UU., los estados pueden sugerir tales zonas para regiones determinadas. Estas zonas están sujetas a investigación y pueden modificarse para mejorar su eficacia. En la UE, los programas de protección del aire son necesarios solo para las áreas donde se exceden los niveles permisibles de emisiones. En los EE. UU., este programa se compila para todas las zonas, incluso para las que aún se encuentran en la etapa de planificación.

La UE y los EE. UU. tienen mecanismos para alentar o hacer cumplir la implementación adecuada de los planes y programas de protección del aire. Pero los derechos de exacción de los EE. UU. son más fuertes que en otros países: si los estados no cumplen con las NAAQS³⁸, la Administración Federal tiene un poder específico sobre ellos transferido por la Ley de Aire Limpio de EE. UU. Por el contrario, el sistema de la UE está mucho más orientado a la presión de los pares y la persuasión. Se enfoca en implementar y reportar aplicaciones, y en evaluar si se necesitan medidas adicionales. Si un estado miembro de la UE no cumple con los estándares de calidad del aire y no solicita una extensión del plazo para cumplir con la norma, la Comisión tiene el derecho de enviar cartas de advertencia y finalmente iniciar acciones legales contra el miembro.

Los procedimientos para garantizar una calidad de aire adecuada en la UE incluyen determinar el tipo y la intensidad del impacto de la contaminación en el medio ambiente y controlar los niveles de emisión. En los EE. UU., la calidad del aire se garantiza mediante la implementación de pautas precisas, modelado y análisis de la calidad del aire y la determinación de las emisiones contaminantes de fuentes estáticas y dinámicas. Las pautas se han diseñado para facilitar SIP en el logro de un nivel requerido de calidad del aire.

Como conclusión se puede decir que la gestión de la calidad del aire es un problema extremadamente importante, complejo e integral, que puede examinarse a nivel mundial, supranacional, nacional, regional y local. En todos los casos, el conjunto de instrumentos jurídicos, financieros, sociales y estructurales disponibles es diferente. Pero es común a todos, el objetivo de las acciones emprendidas, de garantizar la mejor calidad posible del aire. Esto se mide por los niveles de contaminantes del aire presentes en un área determinada y cómo estos se comparan con los niveles permisibles.

La gestión de la calidad del aire juega un papel importante en la configuración de una política ambiental del país. Su funcionamiento eficiente depende en una gran cantidad de factores, entre los más importantes se encuentran:

- Conocimiento del estado actual de la contaminación del aire.
- Capacidad de unir planes de acción con las condiciones locales.
- Estrecha cooperación entre las diversas agencias que participan en el sistema, para garantizar la realización efectiva de los planes comprometidos.
- Información completa y actualizada sobre todas las fuentes de emisiones contaminantes.

Los Estados miembros de la UE y los EE. UU. han logrado importantes mejoras en la calidad del aire en los últimos treinta años. Estos logros fueron consecuencia de:

- Promulgación y aplicación de normas internacionales, nacionales y regulaciones locales de calidad del aire.
- Introducción de mejores prácticas ambientales y mejor tecnología disponible, para reducción en el uso de energía, el uso de gasolina sin plomo.
- Promoción y aumento de fondos para actividades ecológicas en la protección del aire.

³⁸ NAAQS: sigla en inglés de Estándares Nacionales de Calidad de Aire Ambiental.

- Promoción de vehículos de transporte por carretera limpios y energéticamente eficientes.

Sin embargo, esta área aún requiere un ambiente más integrado y un enfoque más ambicioso. Independientemente del enfoque, la gestión efectiva de la calidad del aire es un conjunto de estrategias diseñadas para proporcionar aire más limpio en la ciudad y el país.

Dado que las masas de aire cruzan las fronteras de los países, la calidad del aire es un problema global, por lo que la acción internacional es crucial, solo de esta manera puede lograrse un consenso entre el desarrollo económico y la calidad ambiental. El problema global de la contaminación del aire solo puede resolverse con acuerdos internacionales y la gestión de la calidad del aire en los países en particular tendrá que unificarse.

América Latina

vii. México:

En marzo de 2017, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), presentó el documento Estrategia Nacional de Calidad de Aire (ENCA)³⁹. Es una herramienta orientada a controlar, mitigar y prevenir la emisión y concentración de contaminantes en la atmósfera, tanto en zonas urbanas como en zonas rurales con proyección al año 2030. El documento diseñado por la SEMARNAT tuvo el aval de once Secretarías de Estado y contó con la participación de la sociedad civil, la academia y la industria mediante un proceso de diálogo y consulta pública (155).

Del proceso de consulta pública y trabajo con los diferentes sectores, surgieron cinco ejes estratégicos, 21 estrategias y 69 líneas de acción que promueven la convergencia de responsabilidades con la finalidad de fomentar medidas de prevención, control y mitigación, desde diferentes sectores e instituciones para mejorar la calidad del aire.

Los cinco ejes son:

- Eje 1: Gestión integral de la calidad del aire.
- Eje 2: Instituciones eficientes y orientadas a resultados.
- Eje 3: Empresas comprometidas con la calidad del aire.
- Eje 4: Políticas para mejorar la calidad del aire con base científica.
- Eje 5: Sociedad responsable y participativa.

La ENCA está vinculada con el documento aprobado por la ONU, Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible⁴⁰.

³⁹ ENCA: Estrategia Nacional de Calidad del Aire (01/03/2017): <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/calidad-del-aire-98085> julio 2018.

⁴⁰ ONU Resolución de la Asamblea General A/RES/70/1, del 25 de septiembre de 2015, "Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire), son instrumentos de gestión de la calidad del aire que establecen medidas y acciones a corto, mediano y largo plazo. Buscan prevenir y revertir las tendencias al deterioro de la calidad del aire en una región determinada.

A través de estos programas se logran aspectos como los siguientes:

- Fomentar la participación de los tres órdenes del gobierno (federal, estatal y municipal), de la industria, la academia y la sociedad civil organizada, atendiendo la problemática de la contaminación del aire.
- Generar un diagnóstico de las causas que influyen en la calidad del aire en la zona de estudio.
- Identificar las principales fuentes de emisión de contaminantes del aire.
- Definir medidas y acciones enfocadas en la reducción de emisiones, fortalecimiento institucional, protección de la salud, estrategias de comunicación y educación ambiental.

Actualmente México tiene 31 Proaire vigentes, con una población potencialmente beneficiada de más de 103 millones de personas y 6 Proaire más que abarcarán otros 13 millones de habitantes.



FIGURA N° 13: PROGRAMAS PROAIRE VIGENTES Y EN ELABORACIÓN EN MÉXICO, EN EL MARCO DE LA ENCA⁴¹.

⁴¹ Imagen tomada de la página oficial de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire> septiembre de 2018.

México DF:

El primer Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica data del período 1990-1994 fue elaborado para la Zona Metropolitana de la ciudad de México, para esa región el siguiente Programa fue entre los años 1995-2000, luego hubo otro 2002-2010. Estos planes tuvieron sus informes de evaluación sobre los que trabajaron las autoridades gubernamentales para realizar los ajustes necesarios en función de los resultados obtenidos.

De los extensos informes de evaluación de los Programas, realizados por la Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco, se toma como ejemplo las reducciones obtenidas en CO, SO₂, Pb, PST y PM₁₀ (156).

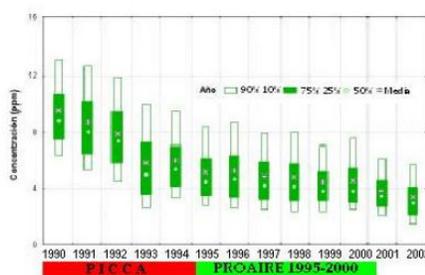


Figura 1.1 Tendencia anual del CO

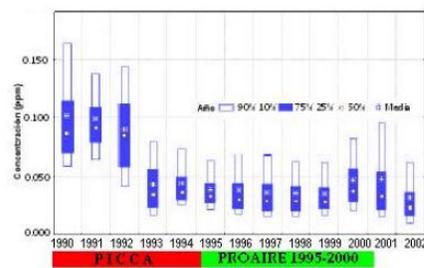


Figura 1.2 Tendencia anual del SO₂

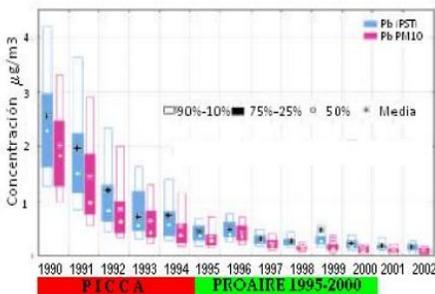


Figura 1.3 Tendencia anual del Pb en PST.

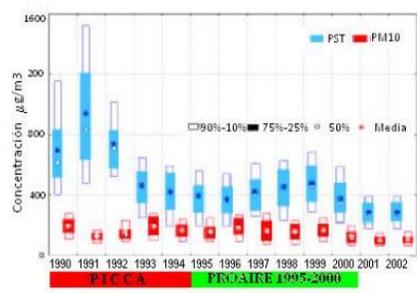


Figura 1.4 Tendencia anual de PST y PM₁₀

FIGURA N° 14: EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE MÉXICO⁴².

El inventario de emisiones de la ZMVM⁴³ del año 1998 se utilizó como base para la formulación de las estrategias y medidas de control de las fuentes que aportaban una mayor emisión de

⁴² Evaluación y seguimiento del Programa para mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 pag. 19, Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311624/EyS_ProAire_ZMVM_2002-2010.pdf

⁴³ ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México.

contaminantes. Para el diseño de las medidas de control, se analizaron las emisiones fuentes por fuente de cada sector.

En 1998, por ejemplo, las contribuciones más importantes de PM_{10} correspondían al suelo (40%) y a la flota vehicular (36%), principalmente a autobuses, tractocamiones y camiones a diésel. El CO provenía en 98% de las fuentes móviles, los NO_x en 80% de las fuentes móviles y 13% de las fuentes puntuales, en cuanto al SO_2 , las fuentes puntuales aportaban el 55%, las fuentes de área el 24% y las fuentes móviles el 21%, finalmente las fuentes de área eran las principales contribuyentes de hidrocarburos (HC) con 52% y las fuentes móviles con 40% (156).

La ENCA propone impulsar un ordenamiento integral y sustentable del territorio, reorientar las prioridades del planeamiento urbano, recorrer un camino hacia procesos productivos amigables con el medio ambiente a través del uso de energías limpias y renovables, además de contar con industrias y un parque automotor que apliquen nuevas tecnologías para mitigar la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Para lograr estos objetivos y dar cumplimiento a la normativa ambiental, instancias como la PROFEPA⁴⁴ y la ASEA⁴⁵ realizan tareas de regulación, autorización, inspección y vigilancia. Han tenido participación activa en el ámbito productivo desde su creación. El seguimiento y control ha dado lugar a que la industria tenga un desempeño cada vez más responsable, en 1992 casi una de cada cinco empresas visitadas por la PROFEPA presentaba irregularidades graves que ameritaban su clausura, hoy esto ocurre en una de cada 20 aproximadamente. Este progreso se da por el impulso de programas de inspección y auditoría ambiental donde las empresas conocen sus

⁴⁴ PROFEPA: Procuraduría Federal de Protección del Ambiente, creada en 1992. Es consecuencia del creciente interés de la población por los aspectos ambientales. En esa época México negociaba un tratado de libre comercio con Estados Unidos y Canadá que incluía aspectos ambientales de interés común. Había problemas ambientales urgentes a resolver, en la ciudad de México los niveles de ozono alcanzaban las concentraciones más altas de su historia, al mismo tiempo que en todo el mundo se buscaban opciones para reducir los contenidos de plomo de las gasolinas por los efectos nocivos a la salud comprobados científicamente. Había muchas especies en peligro de extinción por el impacto sobre el entorno natural del desarrollo económico, hacía poco se había producido el derrame del pozo Ixtoc y las explosiones de San Juanico y el sector Reforma en Guadalajara con graves consecuencias humanas y ambientales. Este contexto da pie a la promulgación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1988) con el fin de planificar las actividades productivas y así anticipar o prevenir sus impactos ambientales. Creándose la Secretaría de Desarrollo Social (1992), entre otros propósitos, buscando asociar las políticas sociales a los principios de desarrollo sustentable indicados en el Informe Brundtland (1987) ratificados luego en la Cumbre de Río de Janeiro (1992).

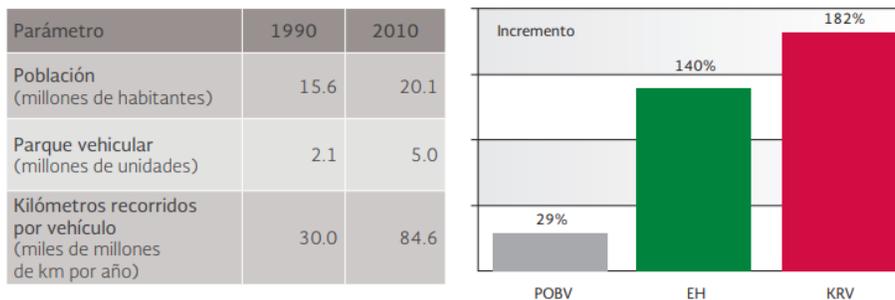
⁴⁵ ASEA: Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente, creada en marzo de 2015 tiene el mandato de asegurar el despliegue seguro y ambientalmente responsable del nuevo paradigma energético en México. Debe regular y supervisar la seguridad industrial y la protección del medio ambiente en el sector hidrocarburos. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/la-asea-con-resultados-a-tres-anos-de-su-creacion> septiembre 2018.

obligaciones, las consecuencias por no cumplirlas y al mismo tiempo son inducidas a aprovechar de manera eficiente los recursos naturales para hacerlas más rentables⁴⁶.

La ENCA propone una gestión integral y sustentable del territorio, el ordenamiento territorial y el desarrollo urbano hasta ahora no han tenido una vinculación específica y el crecimiento de las ciudades de manera no organizada genera fuertes presiones que amenazan la calidad ambiental de los asentamientos humanos y su entorno (155). La creciente necesidad de movilidad y sus externalidades incide fuertemente sobre la calidad del aire. La integración inadecuada para el desplazamiento de personas y bienes, el uso de espacios públicos que privilegian el tránsito y estacionamientos vehiculares, el desarrollo de infraestructura vial orientada a vehículos particulares, como segundos pisos, túneles y viaductos, que incrementan los kilómetros recorridos por los automotores.

Un gráfico tomado del documento de presentación de la ENCA muestra el crecimiento de las cantidades de población, vehículos y kilómetros recorridos para el Distrito Federal de México entre los años 1990 y 2010.

Figura 4. Población y flota vehicular de la ZMVM (1990-2010)



Fuente: Sánchez, S., 2016.

FIGURA N° 15: POBLACIÓN Y FLOTA VEHICULAR DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO⁴⁷. (FUENTE: ENCA) (155).

Estudios efectuados por el Instituto de Mexicano para la Competitividad sobre el efecto que tienen distintas concentraciones de contaminantes en la atmosfera sobre dos ciudades, Monterrey y el Distrito Federal, mostraron que a medida que aumentan los niveles de contaminación también se incrementan las visitas a los hospitales de ambas ciudades por enfermedades en las vías respiratorias. Los impactos más importantes ocurren cuando aumentan las partículas suspendidas y las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) (159,160).

⁴⁶ Página oficial del Gobierno de México: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/profepa-118502> septiembre 2018.

⁴⁷ Estrategia Nacional de Calidad y Evaluación del Aire. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/195809/Estrategia_Nacional_Calidad_del_Aire.pdf septiembre 2018.

México cuenta con una serie de normativas que establecen niveles adecuados para la emisión de gases contaminantes para vehículos ligeros y pesados. Tienen implementado un “Programa de verificación Vehicular Obligatorio” y un esquema de “Verificentros”. Uno de los principales desafíos de México es hacer frente a la gran cantidad de vehículos usados que ingresan de los países de la región de América del Norte. Están buscando limitar o prohibir el ingreso de unidades de desecho e impulsan la “chatarización” de vehículos obsoletos.

De acuerdo con información producida por CTS-EMBARQ México⁴⁸ entre otras, el transporte representa una de las principales fuentes de emisiones y consumo energético en México, en 2006 generó el 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero y consumió el 95% de la nafta del país. En 2010 el parque total de vehículos era de 24 millones de unidades, con una proyección de casi 54 millones para 2035.

Desde PEMEX⁴⁹ se está buscando proveer a todo el país la gasolina magna y el diésel ultra bajo azufre, combustibles de mejor calidad y menor cantidad de contaminantes, su alcance todavía es limitado.

El país encuentra dificultades en realizar los controles de emisiones en los procesos industriales, el transporte público requiere de mejoras para optimizar su funcionamiento y las políticas públicas todavía no logran mostrar avances en la mejora de la calidad del aire. Desde la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) se diseñó la Estrategia Nacional de Calidad de Aire (ENCA) para controlar, mitigar y prevenir la concentración de contaminantes en la atmósfera. Estableció cinco ejes y 69 líneas de acción⁵⁰.

La ENCA identificó 67 cuencas atmosféricas en el país, en las que el Gobierno Federal ha definido como sitios que deben ser atendidos por los programas Proaire. Se refiere a regiones geográficas delimitadas parcial o totalmente por obstáculos de origen natural como líneas costeras, formaciones montañosas, entre otros, que atrapan volúmenes de aire de manera que dentro de estas se modifica la circulación general del mismo, dando lugar a la formación de vientos locales, diferentes del flujo libre, que influyen en la dispersión de contaminantes que provienen de su interior o de fuentes exógenas.

⁴⁸ CTS-EMBARQ México fue el primer Centro de Transporte Sustentable de la red EMBARQ del World Resource Institute, que se transformó en una red durante la primera década de este milenio: Andino, Brasil, Turquía e India. Es una Organización No Gubernamental de capacidad técnica en sistemas integrados de transporte, seguridad vial, planeación y políticas de desarrollo urbano, calidad de aire, cambio climático, eficiencia energética, movilidad no motorizada, etc.

⁴⁹ PEMEX: Petróleos Mexicanos es la empresa estatal productora, transportista, refinadora y comercializadora de petróleo y gas natural de México. Fue creada en 1938.

⁵⁰ Estrategia Nacional de Calidad del Aire 2017-2030. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Estados Unidos Mexicanos. Noviembre 2016.

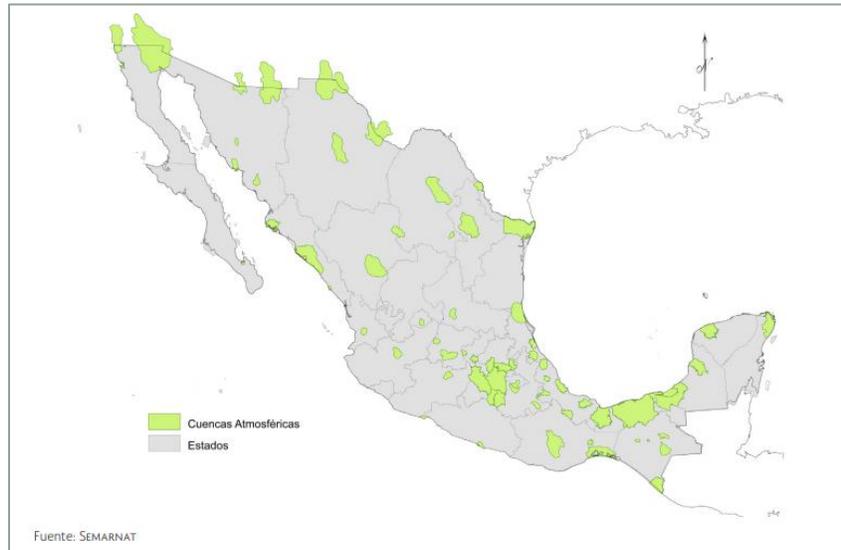


FIGURA N° 16: CUENCAS ATMOSFÉRICAS DE MÉXICO. (FUENTE: ENCA) (155).

El estado mexicano se encuentra en una etapa de revisión de su normativa técnica referida los límites de concentraciones de contaminantes, ya que en algunos casos estos límites se encuentran por arriba de los establecidos en la legislación de los Estados Unidos y de la Unión Europea. La actualización de estas normas remite a los criterios establecidos por la OMS, que son el referente mundial para establecer estándares de calidad de aire para proteger la salud de las personas. Estas normas vigentes también frenan la entrada de mejores tecnologías al país.

Asimismo requiere una revisión en sus normas referidas a los combustibles para tener disponibles combustibles con menor contenido de azufre. Desde la industria se ha hecho una apuesta importante a los vehículos con combustible diésel por su bajo consumo en combustible y menores emisiones de contaminantes.

Contaminante	NOM	Valores límite NOM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OMS ^f ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Periodo (promedio)
Partículas menores de 10 micrómetros (PM_{10})	NOM-025-SSA1-2014 ^a	75	50	24 horas
		40	20	Aritmético anual
Partículas menores de 2.5 micrómetros ($\text{PM}_{2.5}$)		45	25	24 horas
		12	10	Aritmético anual
Ozono (O_3)	NOM-020-SSA1-2014 ^b	186	---	1 hora
		137	100	8 horas
Monóxido de carbono (CO)	NOM-021-SSA1-1993 ^c	12,575	---	8 horas
Dióxido de azufre (SO_2)	NOM-022-SSA1-2010 ^d	---	500	10 minutos
		288	20	24 horas
		524	---	8 horas
		66	---	Aritmético anual
Bióxido de nitrógeno (NO_2)	NOM-023-SSA1-1993 ^e	395	200	1 hora
		---	40	Aritmético anual

Fuente: SEMARNAT

^a NOM-025-SSA1-2014. Salud ambiental. Valores límites permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

^b NOM-020-SSA1-2014. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O_3) en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

^c NOM-021-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO).

^d NOM-022-SSA1-2010. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al dióxido de azufre (SO_2).

^e NOM-023-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO_2).

^f Guías de calidad del aire de la OMS, Actualización mundial 2005.

TABLA N° 2: COMPARACIÓN DE ESTÁNDARES DE LA NORMATIVA DE MÉXICO Y DE LA OMS PARA CONTAMINANTES CRITERIO. (FUENTE: ENCA)⁵¹ (155).

Para cumplir con los objetivos planteados en la ENCA, México cuenta con reglamentos y licencias, administradas por las autoridades estatales y municipales, en las que las empresas que emiten o puedan emitir contaminantes a la atmósfera deben presentar las Cédulas de Operación Anual (COA), que son reportes sobre sus emisiones. También desarrollaron instrumentos económicos de incentivo para que modifiquen de manera voluntaria la emisión de sus procesos industriales.

En México operan 241 estaciones de medición de calidad de aire (134 automáticas, 73 manuales y 34 mixtas), agrupadas en 34 Sistemas de Monitoreo de la Calidad de Aire (SMCA) que se distribuyen en 30 Entidades Federativas. Del total de 59 zonas metropolitanas que hay en México, 35 cuentan con equipos automáticos o mixtos, 7 con equipos manuales y 17 aún no cuentan con medición de la calidad del aire.

⁵¹ NOM: Normas Oficiales Mexicanas.



FIGURA N° 17: MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN MÉXICO. (FUENTE: ENCA) (155).

Algunas de las estaciones generan información que es difundida en tiempo real por las autoridades locales mientras otras solamente envían los datos al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA). Según el objetivo que se persiga se define la ubicación y cantidad de estaciones necesarias para asegurar su representatividad y cobertura.

México ha desarrollado cinco inventarios nacionales de emisiones con cobertura nacional (1999, 2005, 2008, 2011 y 2013). Teniendo en cuenta cuatro categorías: fuentes fijas puntuales, fuentes móviles, fuentes de área y fuentes naturales. La disponibilidad y recopilación de información confiable es un desafío, por ello es importante tener metodologías homologadas y protocolos regulados para su elaboración.

Los cinco ejes que forman la ENCA se sostienen además por un sistema de información robusto, transparente y oportuno, que permite el seguimiento de los programas dando la posibilidad de una evaluación permanente. Es de uso de las autoridades para la toma de decisiones en el ámbito gubernamental, del sector privado, organizaciones de la sociedad civil, investigadores, académicos, expertos y para el público en general.

viii. Chile

En el año 2015 Chile adopta la Agenda 2030 de Naciones Unidas y el compromiso con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Vinculado con el ODS 11 sobre ciudades y asentamientos inclusivos, resilientes y sostenibles se plantearon nuevos planes de descontaminación atmosférica de varias ciudades alrededor del país, también asociados a este ODS se implementaron impuestos verdes y canales de acceso a la información pública para sociabilizar los instrumentos de gestión ambiental (157).

En relación a la calidad del aire se desarrolló e implementó la “Estrategia de Descontaminación en Chile 2014-2018” ejecutándose los planes de descontaminación que establecen metas y acciones específicas, definiendo actores que participan activamente para cumplir los objetivos. Existen 17 planes vigentes, con 6 planes más proyectados para fin de 2017, con más de 10 millones de personas bajo un marco de protección de su calidad de aire. Fijándose normas de calidad y de emisión de fuentes fijas, móviles y del rubro industrial, en especial para el sector de las centrales termoeléctricas.

En 2015 el Ministerio de Medio Ambiente declaró a las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví zona saturada de material respirable $PM_{2,5}$ y como zona latente por material PM_{10} . El plan de prevención y descontaminación de estas comunas de aprobó en diciembre de 2016, incluyéndolo en el Plan de Recuperación para Territorios Ambientalmente Vulnerables, coordinado por el Ministerio de Medio Ambiente.

Posee normas de calidad de aire para Material Particulado ($PM_{2,5}$ y PM_{10}), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO_2), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Plomo (Pb) y el contaminante secundario ozono (O_3); también cuenta con normas secundarias de calidad de aire para Dióxido de Azufre (SO_2) y Material Particulado Sedimentable (MPS).

La Estrategia de Descontaminación Atmosférica de Chile 2014-2018 tiene como objetivos el establecimiento de Planes de Descontaminación del Aire (PDA) que reduzcan las emisiones en zonas declaradas como saturadas o latentes. Plantea la incorporación de 14 PDA para los cuatro años en zonas donde la mayoría de las fuentes contaminantes son industriales (p.ej. Huasco), en zonas donde las fuentes son múltiples (por ejemplo en la Región Metropolitana) y ciudades donde la principal causa de la contaminación es la calefacción residencial (por ejemplo Coyhaique).

En aquellas zonas donde no existe un plan de descontaminación pero que cotidianamente se enfrentan episodios críticos de contaminación atmosférica, se implementarán medidas tendientes a informar a la población de los riesgos y a disminuir las emisiones que se generan a través de la paralización de las fuentes fijas y restricciones del uso de la leña domiciliaria (157).

En septiembre de 2014, Chile aprobó un impuesto verde a las emisiones de contaminantes. Este impuesto grava a las emisiones de procesos industriales contaminantes, afecta a establecimientos que cuentan con calderas o turbinas y se implementa a partir de 2017. No solo aumenta la

recaudación gravando los “males” asociados, sino que permite apoyar la reducción de la contaminación local y global. Se han implementado 11 planes de reducción de contaminantes para industrias.

Asimismo se han construido 46km de ciclovías de alto estándar, para circular de manera segura en 13 comunas de 10 regiones.

Se ha trabajado con el transporte público mejorando la infraestructura en el Transantiago, aumentando el 40% de las pistas segregadas respecto de 2014, como el corredor en el eje Vicuña Mackenna. Se ha impulsado la renovación de vehículos a través de los planes “Renueva tu taxi” y “Renueva tu Micro”, renovando 2.048 taxis colectivos y 960 micros. También se está aumentando la red de corredores de transporte público en la región del Biobío de 20km a 33km entre 2014 y 2018. El Metro de Santiago construye las nuevas Líneas 6 y 3, que sumarán 37km de recorrido comenzando a funcionar en 2017 y 2018 respectivamente, estas obras beneficiarán 11 comunas. También se puso en funcionamiento el Metrotrén a Nos beneficiando a usuarios de 5 comunas mejorando tiempos de traslados y utilizando una tarifa integrada.

En 2013, según el Primer Reporte del Medio Ambiente, Chile contaba con más de diez millones de personas expuestas a una concentración promedio anual de $MP_{2,5}$ superior a la norma. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004) la contaminación atmosférica es responsable de 4.000 muertes prematuras en Chile. Trabajar sobre este aspecto podría traer beneficios en salud valorizados en alrededor de 8.000 millones de dólares al año.

En la región de la ciudad de Santiago de Chile se lograron avances a partir de la implementación de varias medidas, prohibición de las chimeneas abiertas, renovación de las fuentes de calefacción, mejoras en la industria, renovación del parque automotor de vehículos privados y de transporte público de pasajeros. La última emergencia ambiental fue en 1998, a pesar de que los indicadores muestran un 30% por arriba del valor regulado por la normativa vigente para $MP_{2,5}$.

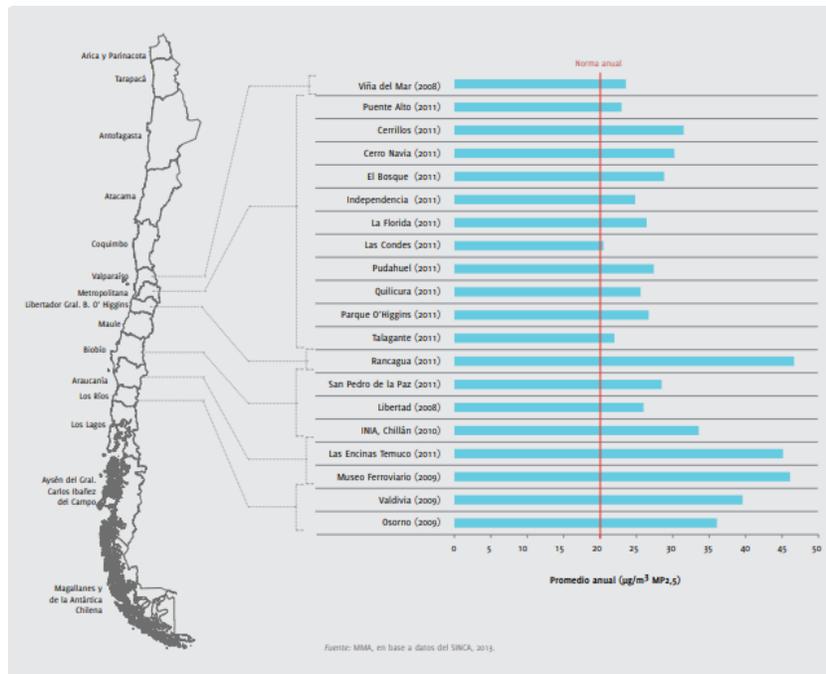


FIGURA N° 18: PROMEDIO ANUAL MP_{2,5} EN ESTACIONES DE MONITOREO A LO LARGO DEL TERRITORIO DE CHILE. (FUENTE: PRIMER REPORTE DEL MEDIO AMBIENTE, 2013).

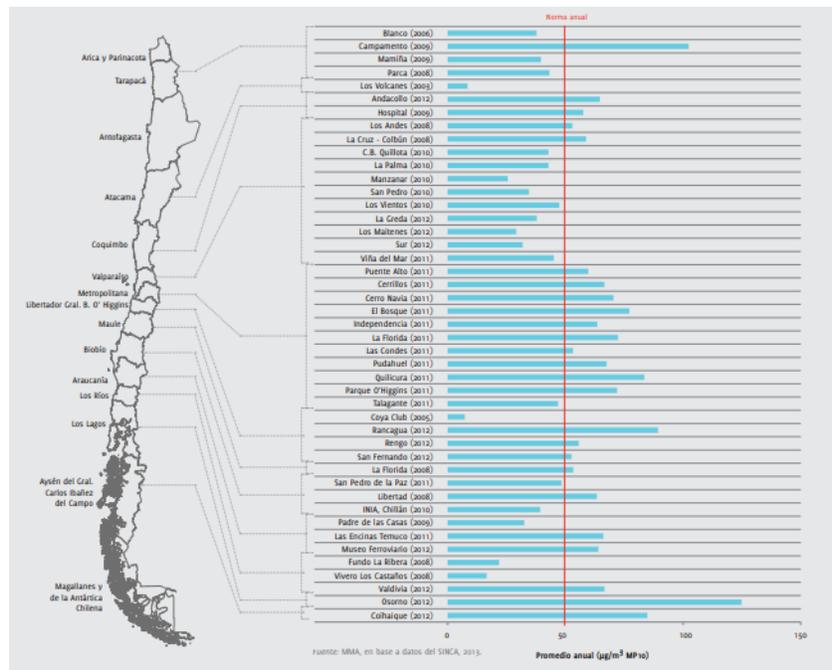


FIGURA N° 19: PROMEDIO ANUAL MP₁₀ EN ESTACIONES DE MONITOREO A LO LARGO DEL TERRITORIO DE CHILE. (FUENTE: PRIMER REPORTE DEL MEDIO AMBIENTE, 2013).

En Chile se monitorea la calidad de aire en más de 25 ciudades a través del SINCA⁵². Tienen planes de descontaminación distribuidos a lo largo del país, algunos de ellos están siendo actualizados. Los planes ubicados en las regiones del norte están ubicados en regiones mineras, en la zona centro son en la región metropolitana de Santiago, donde declaran un déficit histórico es en las ciudades del sur.

La normativa en Chile tiene como principal elemento la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N° 19.300, modificada por la Ley N° 20.417/2010), la que establece normas de calidad ambiental primaria y secundaria. La norma de calidad ambiental Primaria establece valores de concentraciones y períodos máximos o mínimos permisibles para diferentes concentraciones de contaminantes que constituyen un riesgo para la vida o salud de la población. La norma de calidad ambiental Secundaria establece valores de concentraciones y períodos máximos o mínimos permisibles para diferentes concentraciones de contaminantes que constituyen un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente.⁵³

SITUACIÓN	ÁREA
PLANES VIGENTES	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tocopilla 2. María Elena - Pedro de Valdivia 3. Chuquicamata 4. Potrerillos 5. Paipote - Tierra Amarilla 6. Puchuncaví y Quintero (Ventanas)* 7. Metropolitana de Santiago* 8. Valle Central de la VI Región 9. Caletones 10. Temuco y Padre Las Casas*
ANTEPROYECTOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calama (Plan de Gestión) 2. Huasco 3. Puchuncaví y Quintero (Ventanas)* 4. Talca - Maule 5. Chillán - Chillán Viejo 6. Temuco y Padre Las Casas (MP2,5)* 7. Osorno 8. Coyhaique
PROYECTOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Andacollo
ZONAS POR DECLARAR SATURADAS O LATENTES	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metropolitana de Santiago (MP2,5)* 2. Curicó - Teno 3. Gran Concepción (MP2,5) 4. Los Ángeles 5. Valdivia 6. Coyhaique (MP2,5)

*Planes que están siendo actualizados.

TABLA N° 3: SITUACIÓN DE LOS PLANES DE DESCONTAMINACIÓN EN CHILE. (FUENTE: PDA)⁵⁴ (158).

⁵² SINCA: Sistema de Información de Calidad de Aire. Ministerio de Medio Ambiente.

⁵³ A través de la página del Ministerio de Medio Ambiente, SINCA, se puede acceder a toda la legislación vigente que posee Chile, junto a otros documentos como antecedentes de diferentes Planes de Prevención y Descontaminación, informes de seguimiento y otros antecedentes:
<https://sinca.mma.gob.cl/index.php/documentos> septiembre 2018.

⁵⁴ PDA: Planes de Descontaminación Atmosférica. Ministerio de Medio Ambiente (2014).

Los principales ejes de la Estrategia de Descontaminación Atmosférica en Chile 2014-2018 son:

- I- Establecimiento de planes de descontaminación que presenten medidas efectivas en la reducción de emisiones en las zonas declaradas como saturadas o latentes de Chile.
- II- Implementar medidas de corto plazo en zonas donde no hay planes y existe información de monitoreo que arroja altas concentraciones de material particulado.

La EDA tiene como objetivo tener vigentes 20 planes de descontaminación en 2018, abarcando más del 57% de la población del país y un 87% de la población expuesta a la contaminación. En las zonas donde no existe un plan de descontaminación o prevención vigente, pero que se cuente con evidencia que la población está expuesta a altas concentraciones de contaminantes, se implementarán medidas para informar a la población de los riesgos y se disminuirán las emisiones generadas paralizando las fuentes fijas y restringiendo el uso de leña domiciliaria (158). En este Plan de Alertas Sanitarias se encuentran nueve zonas, dependiendo del Ministerio de Salud se pueden establecer alertas sanitarias mediante un decreto, dependiendo del nivel a que llegue la concentración de $MP_{2,5}$.

La Estrategia de Descontaminación en Chile 2014-2018, tiene por principal objetivo decretar seis zonas saturadas nuevas⁵⁵ más la culminación de 7 anteproyectos que se encuentran en diferentes estados de avance. Estas zonas tienen como principal parámetro a controlar el $MP_{2,5}$ y MP_{10} .

Dependiendo del nivel de concentración se darán alertas activando las siguientes medidas:

- Restricción del uso de leña para calefaccionar, se establecen polígonos urbanos de restricción que permita disminuir emisiones durante la ocurrencia de episodios.
- Paralización de fuentes fijas con grandes emisiones.
- Informar a la población de riesgos para la salud, restricción de actividades deportivas masivas y al aire libre; reemplazo de las actividades de educación física por actividades docentes en el aula.
- Programa multisectorial de fiscalización.

Ante una alerta determinada se siguen una serie de pasos perfectamente definidos y establecidos. Una de las principales fuentes de contaminación en el sur del país es el uso de la leña como combustible para la calefacción domiciliaria. Mientras los precios de los combustibles limpios estén muy por encima del costo de la leña, será difícil un cambio de la matriz energética domiciliaria. La estrategia de calefacción domiciliaria sustentable apunta a lograr menos contaminación y mayor eficiencia energética abordando la aislación térmica de los hogares para disminuir la energía requerida para la calefacción.

⁵⁵ Zona saturada: Aquella en que una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas (Ley N° 19.300 de Bases del Medio Ambiente).

Zona latente: Aquella en que la medición de la concentración de contaminantes en el aire, agua o suelo se sitúa entre el 80% y 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental (Ley N° 19.300 de Bases del Medio Ambiente).



FIGURA N° 20: ESTACIONES DE MONITOREO A LO LARGO DEL TERRITORIO DE CHILE, SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL DE CALIDAD DE AIRE PARA LAS ESTACIONES CON MONITOREO CONTINUO. (FUENTE: SINCA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, CHILE⁵⁶).

El monitoreo en línea del SINCA brinda información del material particulado ($MP_{2,5}$ y MP_{10}) como promedios móviles de 24hs; para el ozono (O_3), el dióxido de azufre (SO_2) y el dióxido de nitrógeno (NO_2) se presenta como promedios aritméticos de 1h, para el monóxido de carbono (CO) se presenta como promedios aritméticos de 8h.

A través del SINCA el Ministerio de Medio Ambiente estandarizó los procedimientos de monitoreo y reporte de la información sobre contaminación del aire. Al haber tenido históricamente diferentes instituciones responsables del monitoreo de la calidad de aire, concluyen en un informe que esta multiplicidad de actores no colaboró con la eficiencia de la gestión.⁵⁷ El sistema está integrado por una red de relevamiento pública dependiente del Departamento de redes de monitoreo (dependiente del Ministerio de Medio Ambiente a partir de enero de 2012) y

⁵⁶ SINCA: Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire <https://sinca.mma.gob.cl/> septiembre 2018.

⁵⁷ SINCA: Motivaciones del Programa: <https://sinca.mma.gob.cl/index.php/pagina/index/id/quienes>

- 1- Elaboración de procedimientos y protocolos para el monitoreo de contaminantes atmosféricos.
- 2- Evaluación de redes de monitoreo a lo largo del país.
- 3- Desarrollo del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA), sustentado en un software Airviro, que permite el manejo de grandes volúmenes de información de todas las redes del país y la conexión a otros sistemas y redes de monitoreo.

estaciones de monitoreo de propiedad privada coordinadas y controladas por la Superintendencia del Medio Ambiente cuyos datos también pasan por un sistema de validación.

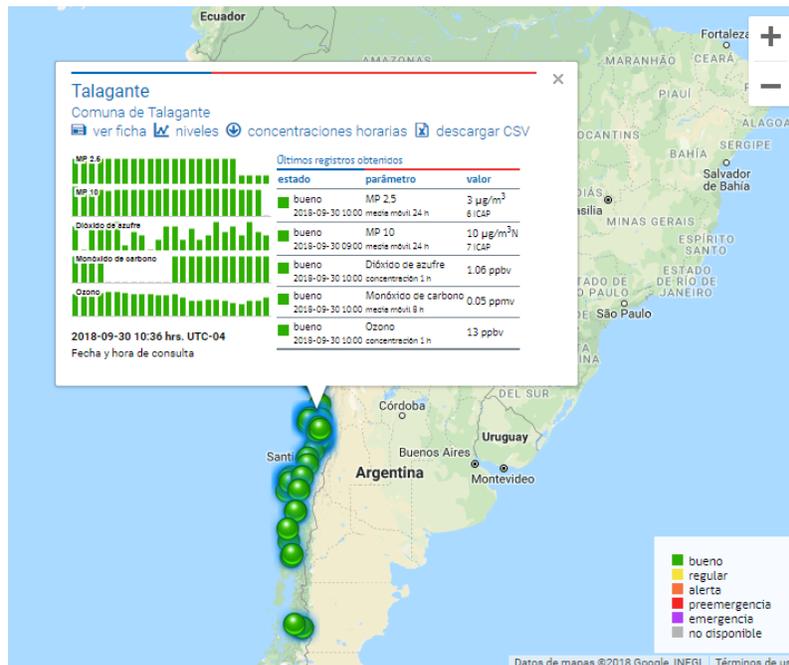


FIGURA N° 21: ESTACIONES DE MONITOREO A LO LARGO DEL TERRITORIO DE CHILE, SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL DE CALIDAD DE AIRE PARA LAS ESTACIONES CON MONITOREO CONTINUO. (FUENTE: SINCA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, CHILE⁵⁸).

Las redes de monitoreo privadas del país son aquellas que fueron instaladas para seguimiento y control de emprendimientos privados. Al aprobarse el proyecto se les indica el requerimiento de un control continuo debido a las características del mismo, es así como se instala una estación de monitoreo que tiene compatibilidad y características requeridas por la repartición pública (por ejemplo las redes de Cemento Melón, Central Renca, Petrox, San Isidro-Nehuenco, entre otras).

⁵⁸ SINCA: Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire, cada estación muestra la información histórica de los cinco contaminantes relevados. <https://sinca.mma.gob.cl/> septiembre 2018.

ix. Argentina: Experiencia nacional, provincial y municipal

Normativa Nacional:

Corresponde destacar en primer lugar que en el Artículo N°41 de la Constitución Nacional se expresa:

“Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley.

Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales.

Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales.

Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos.”

Por otra parte, hay un grupo de leyes nacionales generales que regulan en la materia:

1. **Ley Nacional N° 20.284.** Contaminación Atmosférica. Plan de prevención de situaciones críticas de contaminación atmosféricas. Sancionada y promulgada en Abril de 1973⁵⁹. (162).

En la misma se establecen normas de calidad de aire y de los niveles máximos de emisión (Capítulo II) que incluyen a las fuentes fijas y a los automotores con motor por ignición a chispa (Anexo I de la ley), estableciendo niveles de referencia para CO, NO_x, SO₂, O₃, partículas en suspensión (MP_{2,5}) y sedimentables (MP₁₀) (Anexo II de la ley) y define contaminante, método de muestreo, y método de análisis.

⁵⁹ Ley N° 20.284: fuente (<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/40000-44999/40167/norma.htm>) agosto 2018.

Contaminante [Unidad]	Norma Calidad de Aire	Alerta	Alarma	Emergencia
CO [ppm]	10ppm - 8h 50ppm - 1h	15ppm - 8h 100ppm - 1h	30ppm - 8h 120ppm - 1h	50ppm - 8h 150ppm - 1h
NOx [ppm]	0,45ppm - 1h	0,6ppm - 1h 0,15ppm - 24h	1,2ppm - 1h 0,3ppm - 24h	0,4ppm - 24h
SO ₂ [ppm]	0,03ppm (70ug/m ³) (promedio mensual)	1ppm - 1h 0,3ppm - 8h	5ppm - 1h	10ppm - 1h
O ₃ (y oxidantes en general) [ppm]	0,10ppm - 1h	0,15ppm - 1h	0,25ppm - 1h	0,40ppm - 1h
Partículas en suspensión MP _{2,5} [mg/m ³]	150ug/m ³ (promedio mensual)	No aplicable	No aplicable	No aplicable
Partículas sedimentable MP ₁₀ [mg/m ²] 30 días	1,0mg/cm ² 30 días	No aplicable	No aplicable	No aplicable

TABLA N° 4: ANEXO II DE LA LEY N° 20.284 (16/04/1973) ⁶⁰.

2. Ley Nacional N° 25.675. Ley General del Ambiente. Bien jurídicamente protegido. Promulgada parcialmente en Noviembre 2002⁶¹ (163).

Donde se establecen los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Principios de la política ambiental tales como el de congruencia, de prevención, precautorio, de equidad intergeneracional, de progresividad, de responsabilidad, de subsidiariedad, de sustentabilidad, de solidaridad y de cooperación. Presupuesto mínimo. Competencia judicial. Instrumentos de política y gestión. Ordenamiento

⁶⁰ Tabla del Anexo II de la Ley N° 20.284: fuente

(<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/40000-44999/40167/norma.htm>) septiembre 2018.

⁶¹ Ley N° 25.675: fuente (<http://www.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79980/norma.htm>) agosto 2018.

ambiental. Evaluación de impacto ambiental. Educación e información. Participación ciudadana. Seguro ambiental y fondo de restauración. Sistema Federal Ambiental. Ratificación de acuerdos federales. Autogestión. Daño ambiental. Fondo de Compensación Ambiental.

Entre los objetivos a cumplir por la política ambiental nacional, se destacan:

- Asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales (naturales y culturales), en la realización de las diferentes actividades antrópicas.
- Promover el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.
- Fomentar la participación social en los procesos de toma de decisión.
- Promover el uso racional y sustentable de los recursos naturales.
- Organizar e integrar la información ambiental, asegurando el libre acceso de la población.
- Establecer un sistema federal de coordinación interjurisdiccional, para la implementación de políticas ambientales de escala nacional y regional.

Como instrumentos de la política y la gestión ambiental se establecen:

- El ordenamiento ambiental del territorio.
- La evaluación de impacto ambiental.
- El sistema de control sobre el desarrollo de las actividades antrópicas.
- La educación ambiental.
- El sistema de diagnóstico e información ambiental, incluyendo el derecho a la información ambiental y a la participación ciudadana.
- El régimen económico de promoción del desarrollo sustentable, incluyendo la implementación de un seguro ambiental, un fondo de restauración y el fondo de compensación ambiental.

Finalmente, en los anexos primero y segundo, mediante el Pacto Federal Ambiental, se conforma el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA), como organismo permanente para la concertación y elaboración de una política ambiental coordinada entre los Estados miembros, y persona de derecho público. Se destacan los siguientes objetivos a cumplir:

- Formular una política ambiental integral, tanto en lo preventivo como en lo correctivo, en base a los diagnósticos correspondientes.
- Coordinar estrategias y programas de gestión regionales en el medio ambiente.
- Formular políticas de utilización conservante de los recursos del ambiente.
- Promover la planificación del crecimiento y desarrollo económico con equidad social en armonía con el medio ambiente.
- Difundir el concepto de que responsabilidad en la protección y/o preservación del ambiente debe ser compartida entre la comunidad y el Estado.

3. Resolución N° 1.327/2014. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Jefatura de Gabinete de Ministros (Bs. As. 10/12/2014)⁶² (164).

A partir de esta resolución se adopta el Plan de Acción Regional de Cooperación Intergubernamental en Materia de Contaminación Atmosférica para América Latina y el Caribe, aprobado en la XIX Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, realizada en marzo de 2014 en Los Cabos, México; y se crea el Plan de Acción Nacional sobre Contaminación Atmosférica, con los siguientes objetivos:

- Mejorar la calidad del aire y la salud pública mediante la elaboración, aplicación y cumplimiento de planes nacionales de reducción de los contaminantes prioritarios del aire, a través de estrategias integrales articulando las políticas sectoriales pertinentes, la creación y mejoramiento de instrumentos de política y directrices para los gobiernos locales.
- Adoptar normativas relacionadas al monitoreo, control y fiscalización de la contaminación atmosférica que permitan reducir las emisiones de los contaminantes prioritarios.
- Establecer medios, mecanismos, indicadores e instrumentos para la medición de la eficacia de las estrategias de reducción de contaminantes prioritarios que se adopten, a nivel local, nacional y regional.
- Coordinar con las respectivas autoridades todos los esfuerzos tendientes a lograr una calidad de aire que cumpla con las normas establecidas en la legislación nacional, provincial y futura, con el fin de garantizar en los centros urbanos involucrados una calidad de aire mínima o base para proteger la salud humana y el medio ambiente.

El Plan contemplará entre otras, la realización de las siguientes tareas:

- Efectuar un relevamiento de la situación actual de la contaminación atmosférica a nivel nacional.
- Establecer contactos con las jurisdicciones involucradas.
- Coordinar la realización de un taller con las partes intervinientes, a fin de exponer la situación actual en cada ciudad y unificar criterios en cuanto a objetivos del plan, parámetros de calidad de aire a medir, cantidad y sitios de muestreo, equipos de muestreo y técnicas de análisis.
- Fijar criterios en base a los estándares internacionales y nacionales, y elaborar documentos a fin de asegurar la calidad de los datos involucrados.
- Establecer un sistema de información sobre la calidad del aire, el cual deberá ser accesible para el público e incluir los estimados de las emisiones, las mediciones de la calidad del aire que se hayan realizado y su relación con los estándares nacionales de calidad del aire y los niveles de estado de alerta nacionales.

⁶² Resolución N° 1.327/2014, fuente: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/235000-239999/239997/norma.htm> agosto 2018.

- Crear una Red Nacional de Calidad del Aire que tendrá una base de datos con las mediciones de las estaciones instaladas y que se instalen, a fin de realizar un diagnóstico e informe anual sobre la calidad del aire del país.
- Recabar de aquellas jurisdicciones que ya estén realizando monitoreo, los registros de calidad de aire y meteorológicos.

También se establecen los contaminantes prioritarios, considerando sus impactos en la calidad del aire y/o el cambio climático, así como los importantes beneficios de su control en la salud, sobre los ecosistemas y sobre la economía y otros co-beneficios:

- Material particulado respirable (MP₁₀ y MP_{2,5}) con especial atención a su tamaño y toxicidad incluyendo el carbono negro (BC).
- Ozono troposférico (O₃), incluyendo sus precursores:
 - Hidrocarburos (HC), incluidos los compuestos orgánicos volátiles (COVs).
 - Óxidos de nitrógeno (NOx).
- Dióxido de azufre (SO₂).
- Monóxido de carbono (CO).
- Compuestos tóxicos del aire (sustancias que se sabe o se sospecha que causan cáncer u otros efectos graves para la salud, como los efectos reproductivos o defectos de nacimiento, o los efectos ambientales adversos, por ejemplo benceno, percloroetileno, cloruro de metileno, dioxinas, asbesto, tolueno y metales como el cadmio, mercurio, cromo y plomo).

4. Ley N° 24.051. Residuos peligrosos.⁶³

Esta Ley fue Promulgada de hecho en enero de 1992.

Los capítulos que componen esta ley son: Ámbito de aplicación y disposiciones generales. Registro de Generadores y Operadores. Manifiesto. Generadores. Transportistas. Plantas de Tratamiento y disposición final. Responsabilidades. Infracciones y sanciones. Régimen penal. Autoridad de Aplicación. Disposiciones Complementarias.

Entre noviembre de 1991 y diciembre de 2015 que se crea el Ministerio de Medio Ambiente, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable tuvo diferentes denominaciones y dependencia. Entre 1991 y 1996 fue Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano, entre 1996 y 1999 Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable dependiendo de la Presidencia de la Nación; entre 1999 y 2002 Secretaría de Desarrollo Humano y Política Ambiental dependiendo del Ministerio de Desarrollo Social; entre 2002 y 2015 Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable dependiendo entre 2002 y 2007 del Ministerio de Salud y Ambiente y desde 2007 a 2015 de la Jefatura de Gabinete de Ministros. Entre 2015 y 2018 se crea el Ministerio de Medio

⁶³ Ley N° 24.051 Residuos Peligrosos: fuente <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/450/texact.htm> agosto 2018.

Ambiente para volver a ser Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y depender de la Secretaría General de la Presidencia.

Entre sus principales objetivos se destacan:

- La planificación de las políticas y programas ambientales nacionales y coordinación de la inserción de la política ambiental en los Ministerios y demás áreas de la Administración Pública Nacional.
- La coordinación de las políticas de gobierno nacional con impacto en la política ambiental y de la gestión ambiental de los organismos responsables de ejecutar la política ambiental nacional. La SAyDS⁶⁴ integró COFEMA⁶⁵.
- La regulación normativa en cuanto a proponer y elaborar regímenes normativos para instrumentar la gestión ambiental, el ordenamiento ambiental del territorio, la conservación y el uso racional de los recursos ambientales y la calidad ambiental.
- La difusión y educación ambiental sobre los problemas ambientales del país y coordinar con el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología programas y acciones que fortalezcan la implementación de la educación ambiental formal y no formal.
- La vinculación internacional en referencia a entender en la aplicación de los tratados ambientales internacionales (tales como la Convención Marco sobre el Cambio Climático, el Protocolo de Kyoto, el Acuerdo de Basilea), intervenir en la formulación de convenios internacionales y conducir la gestión y obtener cooperación técnica y financiera internacional, en coordinación con los demás organismos del estado para su implementación.

Para llevar adelante estos objetivos contaba con las siguientes unidades: Dirección Nacional de Control Ambiental, Dirección de Residuos Peligrosos, Dirección de Prevención y Recomposición Ambiental, Dirección de Infracciones Ambientales, Unidad de Sustancias y Productos Químicos.

Al asumir la actual gestión creó el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS), a partir de la elevación a ministerio de la SAyDS, en diciembre de 2015. Su principal objetivo es asistir al Presidente de la Nación, al Jefe de Gabinete de Ministros y los otros ministerios en temas vinculados con el área, como así también “coordinar las políticas del gobierno nacional que tengan impacto en la política ambiental, estableciendo la planificación estratégica de políticas y programas ambientales del gobierno nacional”.

El MAyDS tenía a su cargo la promoción, difusión y el desarrollo de actividades para contribuir en su ámbito integrándose con diversos organismos estatales, como así también el cumplimiento del derecho a un medio ambiente sano garantizado por la Constitución argentina en su Artículo N° 41, funciones que a partir de septiembre de 2018 pasan a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable⁶⁶. Estaba organizado en Secretarías y otros organismos, entre los más destacados se

⁶⁴ SAyDS: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

⁶⁵ COFEMA: Consejo Federal de Medio Ambiente.

⁶⁶ Decreto N° 802/2018 del 05 de septiembre de 2018, complementario del Decreto N° 801/2018.

pueden nombrar a la Secretaría de Cambio Climático y Desarrollo Sustentable, la Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental, la Unidad de Coordinación General, la Secretaría de Política Ambiental en Recursos Naturales, la Administración de Parques Nacionales, y la Autoridad de la Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR).

Tenía como función el MAYDS asistir al Presidente de la Nación y al Jefe de Gabinete de Ministros en orden a sus competencias, en todo lo inherente a la política ambiental y su desarrollo sustentable y la utilización racional de los recursos naturales.

En particular, entre las funciones reservadas se encuentran:

- Entender en la determinación de los objetivos y políticas del área de su competencia.
- Ejecutar los planes, programas y proyectos del área de su competencia elaborados conforme las directivas que imparta el Poder Ejecutivo Nacional.
- Asistir al Presidente de la Nación en la formulación, implementación y ejecución de la política ambiental como política de Estado, en el marco de lo dispuesto en el Artículo N° 41 de la Constitución Nacional, en los aspectos técnicos específicos, proponiendo y elaborando regímenes normativos relativos al ordenamiento ambiental del territorio y su calidad ambiental.
- Intervenir en el COFEMA, integrando y proporcionando instrumentos administrativos adecuados para una adecuada gestión del organismo.
- Entender en la gestión ambientalmente sustentable de los recursos hídricos, bosques, fauna silvestre y en la preservación del suelo.
- Entender en la promoción del desarrollo sustentable de los asentamientos humanos, asegurando la calidad de vida y la disponibilidad y conservación de los recursos naturales.
- Entender en el relevamiento, conservación, recuperación, protección y uso sustentable de los recursos naturales, renovables y no renovables.
- Intervenir desde el punto de vista de su competencia en el desarrollo de la biotecnología.
- Entender en las relaciones con las organizaciones no gubernamentales vinculadas a los temas ambientales y al desarrollo sustentable, y establecer un sistema de información pública sobre el estado del ambiente y sobre las políticas que se desarrollan.
- Entender en la preservación y administración de los bosques, parques y reservas nacionales, áreas protegidas y monumentos naturales.
- Supervisar el accionar de la Administración de Parques Nacionales.
- Entender en la planificación y ordenamiento ambiental del territorio nacional.
- Entender en el control y fiscalización ambiental y en la prevención de la contaminación.
- Entender en la administración de programas de financiamiento internacional dedicados a proyectos sobre medio ambiente, cambio climático y preservación ambiental.
- Entender en la incorporación de nuevas tecnologías e instrumentos para defender el medio ambiente y disminuir el cambio climático.

- Entender en la materia de su competencia las acciones preventivas y ante las emergencias naturales y catástrofes climáticas.

A partir de las últimas políticas de ajuste implementadas por el Gobierno Nacional, el MAdyS perdió su jerarquía y volvió al rango de Secretaría. En la planilla anexa al Artículo N° 4 del Decreto N° 802/2018 del 05 de septiembre de 2018 se observa que todas las funciones reservadas del anterior Ministerio pasan en su totalidad a la actual Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable⁶⁷.

Normativa Provincial:

La Constitución de la Provincia de Buenos Aires incorpora en la reforma de 1994 el Artículo N° 28, equivalente al Artículo N° 41 de la Constitución Nacional pero dándole una mayor amplitud al texto (168):

Artículo N° 28 – “Los habitantes de la Provincia tienen el derecho a gozar de un ambiente sano y el deber de conservarlo y protegerlo en su provecho y en el de las generaciones futuras.

La Provincia ejerce el dominio eminente sobre el ambiente y los recursos naturales de su territorio incluyendo el subsuelo y el espacio aéreo correspondiente, el mar territorial y su lecho, la plataforma continental y los recursos naturales de la zona económica exclusiva, con el fin de asegurar una gestión ambientalmente adecuada.

En materia ecológica, deberá preservar, recuperar y conservar los recursos naturales, renovables y no renovables del territorio de la Provincia; planificar el aprovechamiento racional de los mismos; controlar el impacto ambiental de todas las actividades que perjudiquen al ecosistema; promover acciones que eviten la contaminación del aire, agua y suelo; prohibir el ingreso en el territorio de residuos tóxicos o radiactivos; y garantizar el derecho a solicitar y recibir la adecuada información y a participar en la defensa del ambiente, de los recursos naturales y culturales.

Asimismo, asegurará políticas de conservación y recuperación de la calidad del agua, aire y suelo compatible con la exigencia de mantener su integridad física y su capacidad productiva, y el resguardo de áreas de importancia ecológica, de la flora y la fauna.

Toda persona física o jurídica cuya acción u omisión pueda degradar el ambiente está obligada a tomar todas las precauciones para evitarlo.”

La estructura normativa de la provincia de Buenos Aires es de gran relevancia, más aún respecto a la contaminación atmosférica. En tal sentido, se cuenta entre otras con:

⁶⁷ <http://www.uio.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/Poder-Ejecutivo-Nacional-Decreto-802-2018-ADMINISTRACION-PUBLICA-NACIONAL-Conformacion-Organizativa-Anexo-1..pdf> noviembre 2018.

1. Ley N° 11.723/95. Ley Integral del medio ambiente y los recursos naturales de la provincia de Buenos Aires⁶⁸.

Tiene por objeto la protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito de la Provincia a fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica. Como lo hace la Ley Nacional, se ocupa de la Política Ambiental Provincial y define sus instrumentos (169).

En su tercer capítulo del Título III, denominado “De la Atmósfera” establece que la autoridad de aplicación competente se regirá por los siguientes principios para definir los parámetros de calidad del aire de manera tal que resulte satisfactorio para el normal desarrollo de la vida humana, animal y vegetal:

- Definir criterios de calidad del aire en función del cuerpo receptor.
- Especificar los niveles permisibles de emisión por contaminantes y por fuentes de contaminación.
- Controlar las emisiones industriales y vehiculares que puedan ser nocivas para los seres vivos y el ambiente teniendo en cuenta los parámetros establecidos en el inciso anterior.
- Coordinar y convenir con los municipios, la instalación de equipos de control adecuados según las características de la zona y las actividades que allí se realicen.
- Determinar las normas técnicas a tener en cuenta para el establecimiento e implementación de los sistemas de monitoreo del aire.
- Expedir en coordinación con el ente Provincial Regulador Energético las normas y estándares que deberán ser observados, considerando los valores de concentración máximos permisibles.
- Controlar las emisiones de origen energético incluida las relacionadas con la actividad nuclear, en todo lo que pudiera afectar a la salud humana, animal y vegetal.
- Implementación de medidas de alerta y alarma ambiental desde el municipio.

Mientras que en el Título IV, en el capítulo único denominado “Disposiciones Orgánicas”, respecto a los Organismos de Aplicación, establece que serán organismos de aplicación de la presente ley el Instituto Provincial de Medio Ambiente, y cada una de las reparticiones provinciales con incumbencia ambiental conforme el deslinde de competencias que aquél efectúe en virtud de la Ley N° 11.469 y sus modificatorias Ley N° 11.693 y Ley N° 11.737, esta última derogada por la Ley N° 12.355 de 1999.

2. Ley N° 5.965/58. Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera, de la provincia de Buenos Aires⁶⁹.

⁶⁸ Ley N° 11.723/95 fuente: <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/Ley%20%2011723.pdf> octubre 2018.

⁶⁹ Ley N° 5.965/58 fuente: <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/LEY%205965.pdf> octubre 2018.

Esta ley expresa claramente en su Artículo N° 2 que “Prohíbese a las reparticiones del Estado, entidades públicas y privadas y a los particulares, el envío de efluentes residuales sólidos, líquidos o gaseosos, de cualquier origen, a la atmósfera, a canalizaciones, acequias, arroyos, riachos, ríos y a toda otra fuente, cursos o cuerpo receptor de agua, superficial o subterráneo, que signifique una degradación o desmedro del aire o de las aguas de la provincia, sin previo tratamiento de depuración o neutralización que los convierta en inocuos e inofensivos para la salud de la población o que impida su efecto pernicioso en la atmósfera y la contaminación, perjuicios y obstrucciones en las fuentes, cursos o cuerpos de agua” (170).

Obliga los Municipios a ejercer controles y no expedir certificados de terminación ni habilitación de establecimientos, inmuebles o industrias que emitan efluentes hasta no tener la aprobación previa de los organismos competentes en el área ambiental con la verificación de que sus emisiones no contaminan el aire, agua o suelo. También los habilita a aplicar multas por incumplimientos a esta u otras disposiciones ambientales.

- 3. Decreto N° 3.395/96.** Reglamento de la Ley N° 5.965/58.⁷⁰ Del 6 de septiembre de 1996, compuesto por su articulado, cinco Anexos y un Apéndice (202). Recientemente fue actualizado por el **Decreto N° 1.074/2018** del 13 de septiembre de 2018, publicado en boletín oficial del 5 de octubre de 2018.

Aquí se establece que todo generador de emisiones gaseosas que vierta las mismas a la atmósfera, y se encuentre ubicado en el territorio de la provincia de Buenos Aires, en especial los establecimientos industriales según la definición de la Ley N° 11.459/93 (Radicación industrial) y su decreto reglamentario, queda comprendido dentro de los alcances del presente, y sus anexos, según corresponda a establecimientos existentes o a instalarse. De todos modos quedan excluidas las fuentes móviles (vehículos rodados y naves de aeronavegación que generen efluentes gaseosos y los viertan a la atmósfera), salvo que se encuentren incluidos en la definición de establecimiento industrial de la Ley N° 11.459 y su decreto reglamentario.

Se indica además, entre las disposiciones particulares, las condiciones requeridas para obtener los permisos de descarga, en función del cumplimiento con los valores especificados en las tablas de los anexos respecto de la calidad de aire y la emisión específica del establecimiento en sus fuentes fijas. En la tabla referida a la Norma de calidad de aire ambiente, se establecen cinco Contaminantes Básicos a regular: dióxido de azufre (SO₂), material particulado en suspensión (PM₁₀), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), óxidos de nitrógeno (NO_x) y plomo (Pb). También se considera un sistema específico para la detección de infracciones, penalidades y juzgamiento (202).

Finalmente, y a los efectos de actualizar las normas y valores fijados en los Anexos del decreto reglamentario, y para resolver problemas puntuales por el incumplimiento de las Tablas de

⁷⁰ Decreto N° 3.395/96, Reglamento de la Ley N° 5.965/58. Fuente OPDS: <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/Decreto%203395%2096.pdf> octubre 2018.

referencia, se crea una Comisión Revisora Permanente. Esta comisión deberá estar compuesta por reconocidos profesionales especialistas en efluentes gaseosos, incluyendo además a las universidades, colegios profesionales y cámaras industriales.

4. Ley Provincial N° 11.720/95. Residuos Especiales. Acata los preceptos de la Ley Nacional N° 24.051 de Residuos Peligrosos.⁷¹

La generación, manipulación almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires, quedan sujetos a las disposiciones de esta Ley. Considera residuos especiales a los que pertenezcan a cualquiera de las categorías enumeradas en su Anexo 1, a menos que no posean ninguna de las características descriptas en el Anexo 2; y todo aquel residuo que posea sustancias o materias que figuren en el Anexo 1 en cantidades, concentraciones a determinar por la Autoridad de Aplicación, o de naturaleza tal que directa o indirectamente representan un riesgo para la salud o el medio ambiente en general (171).

Estos residuos, por sus características peligrosas, reciben una gestión aparte de los denominados residuos sólidos urbanos (RSU), los cuales se rigen por la norma provincial Ley N° 13.592.

Por otro lado, se conformaron organismos específicos para la supervisión del cumplimiento de esta legislación.

La aplicación de la ley Integral del medio ambiente y los recursos naturales (Ley N° 11.723/95), quedó a cargo del Instituto Provincial de Medio Ambiente (IPMA)⁷², y cada una de las reparticiones provinciales con incumbencia ambiental conforme el deslinde de competencias que aquél efectúe en virtud de la Ley 11.469/93, que dio lugar a su creación.

La propuesta de creación del IPMA, fue enmarcada en el compromiso asumido por la Provincia en el Pacto Federal Ambiental suscripto con fecha 5 de Julio de 1993 con la Nación y el resto de los Estados Provinciales, en el sentido de promover a nivel local la unificación y/o coordinación de todos los organismos que se relacionen con la temática ambiental, concentrando en el máximo nivel posible la fijación de las políticas de recursos naturales y medio ambiente.

Entre los objetivos asignados al IPMA, se destacan:

- Promover el ordenamiento ambiental provincial teniendo en cuenta los aspectos sociales, culturales, físicos, económicos, políticos, jurídicos y ecológicos.
- Preservar la calidad de los recursos naturales.

⁷¹ Ley N° 11.720/95 – Ley de Residuos Especiales de la provincia de Buenos Aires. Fuente OPDS: <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/LEY%2011720.pdf> octubre 2018.

⁷² Instituto Provincial de Medio Ambiente (IPMA): creado mediante la Ley N° 11.469/93, donde se lo responsabiliza de la formulación de la política ambiental, la coordinación de su ejecución con los organismos del estado provincial corresponsables de la misma y velar por su cumplimiento.

- Propender a la utilización racional de los recursos naturales, preservando y restaurando el equilibrio ecológico.
- Promover y proteger actividades productivas y/o de servicios, destinados a la preservación del medio ambiente y/o reconversión ambiental de las existentes.
- Prevenir los riesgos ambientales que pudieran derivarse de obras o acciones del hombre o de la naturaleza.
- Fomentar y promover conciencia y educación ambiental de la población y favorecer su participación en la gestión y protección del ambiente.
- Establecer un sistema provincial de información para generar un diagnóstico permanente de la situación ambiental.
- Atender y proponer alternativas de desarrollo ambientalmente adecuadas.
- Promover la ejecución descentralizada de la política ambiental, en forma coordinada con otros organismos públicos y/o privados, nacionales, provinciales y/o municipales.
- Estimular el uso de tecnologías ambientales adecuadas.
- Fomentar el uso racional de la energía y la utilización de fuentes alternativas y/o no convencionales de energía.

Las funciones asignadas al IPMA, fueron conferidas a la Secretaría de Política Ambiental (SPA) por la Ley 11.737/95, luego modificada por la Ley N° 12.355/99 Artículo N° 28⁷³. Específicamente, se determina que la SPA tendrá a su cargo, en el marco resultante de los principios del desarrollo sustentable, formular, proyectar, fiscalizar y ejecutar la política ambiental del Estado provincial, así como la relativa a la preservación de los recursos naturales, incorporando las potestades, objetivos, régimen financiero y atribuciones que la Ley N°11.469 confería al suprimido Instituto Provincial del Medio Ambiente (172).

En la Ley N° 12.355 se definen como competencias específicas de la SPA:

- Fiscalizar el cumplimiento de las normas que regulan la materia ambiental.
- Coordinar la ejecución descentralizada de las políticas ambientales y de ordenamiento territorial con otros organismos y los municipios de la Provincia.
- Ejercer el control de gestión sobre los organismos que tengan a su cargo cualquier aspecto de la ejecución de la política ambiental que fije el Poder Ejecutivo.
- Coordinar las competencias de otros organismos en materia ambiental.
- Establecer y fiscalizar el cumplimiento de las normas relativas a efluentes industriales en coordinación con otras carteras con competencia en la materia.
- Ejecutar las acciones conducentes a la adecuada fiscalización de todos los elementos que puedan ser causa de contaminación del aire, agua, suelo, y, en general, todo lo que pudiere afectar el ambiente.
- Intervenir en la determinación del impacto ambiental.

⁷³ Ley N° 12.355 de Ministerios de la Provincia de Buenos Aires, fuente página del gobierno de la provincia de Buenos Aires: <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/L-12355.html> octubre 2018.

- Intervenir en la determinación de los procesos de disposición de residuos y de toda otra materia vinculada, en coordinación con otros organismos con competencia en la materia.
- Ejecutar y coordinar las acciones de educación ambiental.
- Intervenir en el ejercicio del poder de policía ambiental, en concurrencia con otras autoridades de aplicación que la Ley determine y en la forma y modo que establezca la reglamentación.
- Atender las relaciones con entidades intermedia no gubernamentales en coordinación con otras áreas de gobierno.
- Atender las cuestiones administrativas, económico financieras y de recursos humanos de su jurisdicción.

Posteriormente, mediante los Artículos N° 44 y N° 45 de la Ley N° 14.989/07⁷⁴ (nueva Ley de Ministerios) se crea el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS), como Autoridad de Aplicación en materia ambiental en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, como entidad autárquica de derecho público en la órbita de la Jefatura de Gabinete de Ministros, con capacidad para actuar de forma pública y/o privada dentro del ámbito de la competencia que le asigna dicha ley; y será la Autoridad de Aplicación de la Ley N° 11.723 y sus modificatorias, y de las que en adelante se sancionen, en su carácter de sucesor institucional de la Ex Secretaría de Política Ambiental. En particular, el OPDS es organismo de aplicación de la Ley de Bosques Nativos y de la Ley de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (173).

En especial, las competencias de la OPDS son (173):

- Planificar, formular, proyectar, fiscalizar, ejecutar la política ambiental, y preservar los recursos naturales; ejerciendo el poder de policía, y fiscalizando todo tipo de efluentes, sin perjuicio de las competencias asignadas a otros organismos.
- Planificar y coordinar con los organismos competentes, la ejecución de programas de educación y política ambiental destinada a mejorar y preservar la calidad ambiental, participando en la ejecución de la misma a través de la suscripción de convenios con otros organismos públicos y/o privados, nacionales o internacionales.
- Intervenir en la conservación, protección y recuperación de reservas, áreas protegidas, y bosques, de los recursos naturales y de la fauna silvestre, del uso racional y recuperación de suelos, de protección y preservación de la biodiversidad, diseñando e implementando políticas a esos fines.
- Desarrollar acciones para diversificar la matriz energética provincial a través de las energías generadas por medio de fuentes renovables, alternativas o no fósiles.
- Promover la investigación, el uso de fuentes alternativas de energía, desarrollar políticas orientadas a la sustentabilidad y eficiencia energética en el sector público y privado como prevención del cambio climático; y acciones tendientes a la promoción y la

⁷⁴ Ley N° 14.989/07 nueva Ley de Ministerios, se crean 14 ministerios, el Artículo N° 44 describe las atribuciones y funciones que tendrá el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS).

- instalación de unidades de generación energética a partir de fuentes renovables o no fósiles tendientes a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Ejecutar las acciones conducentes a la fiscalización de los elementos que puedan causar contaminación del aire, agua, suelo, como así también lo que pudiere afectar el ambiente e intervenir en los procedimientos para la determinación del impacto ambiental.
 - Fiscalizar, según su competencia, a los organismos que tengan a su cargo aspectos de la ejecución de la política ambiental que fije el Poder Ejecutivo.
 - Intervenir en los procedimientos de prevención, determinación, evaluación y fiscalización en materia de residuos, sin perjuicio de los lineamientos que establecen las Leyes N° 11.347, N° 11.720, N° 13.592 y sus modificatorias, de las obligaciones que en ellas se establecen para los Municipios y del Decreto-Ley 9.111/78 y sus modificatorias.
 - Elaborar y ejecutar programas sobre el ecosistema del Delta Bonaerense y de las demás cuencas del territorio de la Provincia, en coordinación con otros organismos competentes en la materia.

Normativa Municipal:

A nivel municipal también existen numerosas ordenanzas que reglamentan diferentes aspectos de los elementos contaminantes, la rareza encontrada en la compilación realizada por la Facultad de Derecho de la UNLZ, es la ordenanza del Municipio de Lomas de Zamora N° 1.038 que data del año 1929 donde ya se buscaba reducir la contaminación efectuada a partir de la utilización de chimeneas para hornos, calderas, fraguas, generadores de vapor, cocinas, etc. Definiendo sus aspectos constructivos (altura, separación de viviendas aledañas, etc.) como el filtrado del fluido para evitar la salida del hollín o humo denso (174).

La Ordenanza N° 168/73 plantea que el Departamento Ejecutivo del municipio no podrá extender certificados de terminación ni habilitación de establecimientos, inmuebles e industrias, ni siquiera con carácter precario, cuando los mismos evacuen efluentes en contravención a lo establecido en la Ley N° 5.965, sin la aprobación previa de dicho efluente por los organismos competentes de la provincia de Buenos Aires (174). De esta forma queda supeditada la reglamentación municipal a toda la estructura legal de la Provincia, la que es muy amplia y cubre los aspectos más críticos de esta problemática.

Normativa en CABA

Si bien el límite jurisdiccional es la legislación provincial de Buenos Aires, es necesario indagar sobre la legislación de territorios que se encuentran en la proximidad de la zona de estudio. También se destaca el desarrollo más avanzado del tratamiento de esta problemática en la Ciudad

Autónoma de Buenos Aires, logrando tener ejes de trabajo que presentan una política pública territorial más articulada en este aspecto.

La legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires sancionó la Ley N° 1.356/2004, tiene por objeto la regulación en materia de preservación del recurso aire y la prevención y control de la contaminación atmosférica, orientando las políticas y planificación urbana en salud y la ejecución de acciones correctivas o de mitigación. Es de aplicación a todas las fuentes públicas o privadas capaces de producir contaminación atmosférica en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, propendiendo a la coordinación interjurisdiccional e interinstitucional en lo atinente a su objeto, sin perjuicio de lo establecido en la Ley Nacional N° 20.284.

En su Artículo N° 34 establece que “La Autoridad de Aplicación debe implementar un programa de monitoreo permanente, continuo y sistemático de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas, que permitan conocer la variación de la concentración o nivel en el tiempo para las zonas que se determinen en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Los datos provenientes del mismo deben publicarse en forma trimestral como máximo, en el Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en la página de Internet del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. El programa de monitoreo permanente de contaminantes debe incluir criterios sobre la calidad de los datos, métodos de referencia validados internacionalmente para muestreo y análisis de contaminantes” (175).

La misma Ley indica que el Programa de preservación y control del recurso aire debe:

- Establecer para cada contaminante inventariado estándares de calidad atmosférica y/o niveles de emisión y criterios de alerta, alarma y emergencia de acuerdo a los alcances que establecerá la Autoridad de Aplicación para estos tres últimos términos.
- Determinar a lo largo del tiempo los niveles de calidad atmosférica y sus tendencias.
- Realizar mediciones sistemáticas de la concentración de los contaminantes atmosféricos, tanto en zonas receptoras de emisiones de fuentes móviles como de fuentes fijas, según los objetivos del programa.
- Determinar los niveles de base de la calidad atmosférica antes del inicio de operación de nuevas fuentes fijas de emisión.
- Analizar la dinámica de la contaminación atmosférica y sus variables meteorológicas, físico-químicas y topográficas.
- Evaluar los movimientos o desplazamientos de los contaminantes atmosféricos.
- Identificar episodios o accidentes atmosféricos para el diseño de políticas de acción.
- Monitorear la calidad atmosférica en puntos y en tiempos acotados por denuncias de personas afectadas.
- Evaluar las modificaciones ambientales atribuibles a los contaminantes atmosféricos.
- Aportar información al sistema de vigilancia epidemiológica ambiental para evaluación del impacto en la salud de la población.
- Desarrollar, evaluar y validar los modelos de dispersión.
- Describir, analizar, evaluar e interpretar los datos obtenidos.

- Evaluar el cumplimiento de las normas de calidad atmosférica.
- Plantear la modificación de los estándares de calidad atmosférica, toda vez que se detecte que las mismas no resultaren efectivas para proteger la salud humana o el ambiente.
- Auxiliar al Estado Nacional en todos los programas que actualmente esté implementando o implemente en el futuro para la prevención de la contaminación del aire y de la atmósfera.

El Decreto N° 198/2006, reglamenta la Ley N° 1.356, entre las cosas que establece, en su Capítulo IV, Artículo N° 22, regula los Planes de Monitoreo indicando que “Los titulares de fuentes fijas generadoras de contaminantes atmosféricos, una vez obtenida la Constancia de Inscripción Definitiva o el Permiso de Emisión, deberán presentar ante la Autoridad de Aplicación un Plan de Monitoreo”. Para la planificación del Plan de Monitoreo plantea la utilización de la Norma IRAM⁷⁵ 29.227: Calidad del Aire. Calidad Ambiental. Planificación del monitoreo de la calidad del aire (176).

En la Ley N° 123/1998 se establece el Procedimiento Técnico Administrativo para la realización de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), donde entre sus objetivos se encuentran “coadyuvar a: Racionalizar el uso de materiales y energía en el desarrollo del hábitat... Mejorar y preservar la calidad del aire, suelo y agua...”

Estaciones de monitoreo en CABA:

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires, donde se encuentran asentadas las autoridades del gobierno de la ciudad y del gobierno nacional, posee un territorio plano con algunas suaves ondulaciones que no superan los 30m, con una leve pendiente hacia el Río de La Plata con el que limita al noreste. Al sudeste se encuentra el Riachuelo que constituye el límite con ese sector de la provincia de Buenos Aires y el resto de la ciudad tiene como límite geográfico la Avenida General Paz, también con la provincia de Buenos Aires. Dada su geografía plana y una buena ventilación provocada por los vientos predominantes desde el Río de La Plata, han proporcionado una interesante dilución de los contaminantes atmosféricos (224).

La CABA tiene una densidad poblacional de 14.680 habitantes por km², es el sector más densamente poblado del país, forma parte del Gran Buenos Aires que como megalópolis ocupa el tercer lugar en América Latina y el décimo a nivel mundial. Las fuentes de contaminantes provienen fundamentalmente del tránsito vehicular, el sector industrial y centrales de generación de energía ubicadas en el este de la ciudad.

Cuenta con tres estaciones activas de monitoreo tipo EPA: La Boca, Centenario y Córdoba. Existe una cuarta estación, Palermo que fue instalada en 2002, pero la misma se encuentra fuera de servicio por problemas técnicos desde 2010. Las tres en funcionamiento proveen datos sobre NO₂,

⁷⁵ IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

CO y PM₁₀ según los estándares del Título 40, Parte 53 del Código Federal de Regulación (40 CFR Part 53, U.S.A. EPA). En la página del Gobierno de la Ciudad se indica que también se relevan datos sobre NO y NO_x⁷⁶.

La estación ubicada sobre Avenida Córdoba monitorea un sector con fuerte influencia del tránsito, una zona de gran concentración de comercios y edificios altos. La ubicada en La Boca se encuentra en la Región de influencia de la Cuenca del Matanza-Riachuelo, próxima a la autopista que cruza sobre el Riachuelo e inserta en una zona industrial, próxima a la refinera de petróleo de Dock Sud y a la Central Eléctrica de Costanera Sur.

Mientras que las estaciones de La Boca y Córdoba están operativas desde 2009, la estación Centenario recolecta datos desde 2005, está ubicada a muy cerca del Parque Centenario, un sector con una alta densidad de vegetación, con un área comercial importante y tránsito urbano moderado⁷⁷.

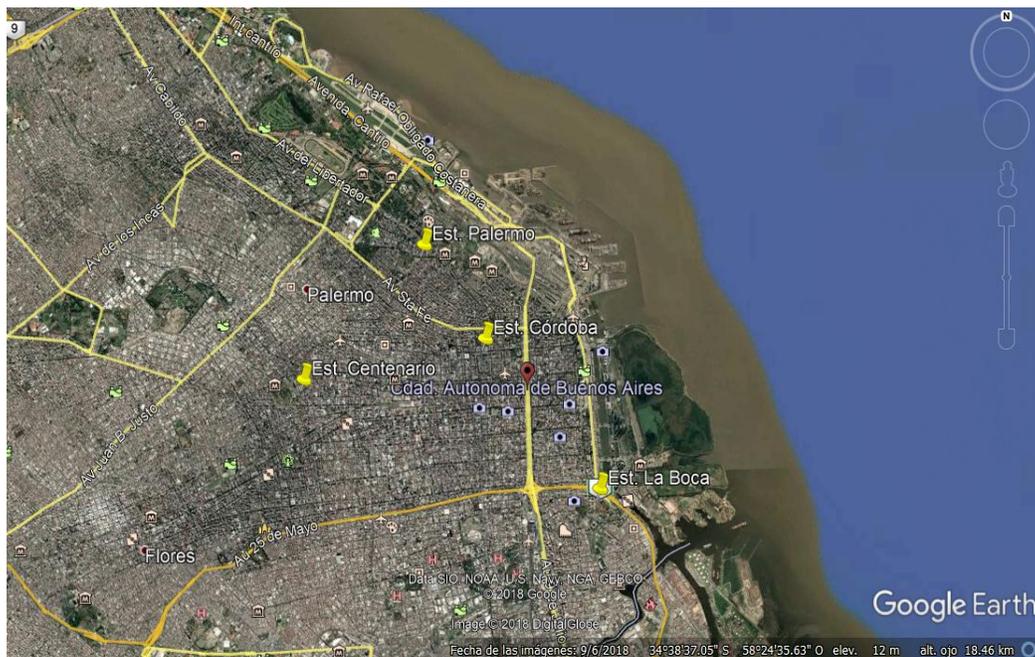


FIGURA N° 22: ESTACIONES DE MONITOREO EN LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES. (FUENTE: PÁGINA DEL GOBIERNO DE CABA, IMAGEN DE GOOGLE EARTH).

⁷⁶ Página del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Estaciones ambientales. <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/calidad-de-aire> octubre 2018.

⁷⁷ Datos obtenidos de la página del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, octubre 2018

En la página se puede acceder a la información diaria de los niveles medios de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y material particulado respirable menor a 10 micrones en las estaciones de La Boca, Córdoba y Centenario⁷⁸.

IRAM

Si bien se cuenta con una abundante legislación en el campo ambiental (nacional, provincial y municipal) los aspectos específicos referidos a la metodología, análisis de los contaminantes a estudiar, son muy genéricos y hacen referencia a los de otros países (USEPA por ejemplo). En este sentido las metodologías aprobadas en el marco de IRAM vienen a cubrir esta falencia, de allí la importancia que adquiere la normativa desarrollada por este Instituto en el ámbito nacional.

Dentro del conjunto de normas específicas respecto a la Calidad del Aire, elaboradas por el Instituto Argentino de Normalización, se encuentran:

- IRAM 29.227:1999 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad del Aire. Planificación del monitoreo de la calidad del aire. Equivalente a ISO/TR 4227:1989.
- IRAM 29.201:2010 (Segunda edición), Calidad Ambiental. Calidad del Aire. Aspectos generales. Definiciones.
- IRAM 29.215:1998, Calidad del Aire. Aspectos generales. Unidades de Medición.
- IRAM 29.279:2000 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Características de desempeño y de conceptos relacionados con los métodos de medición de la calidad del aire. Equivalente a ISO 6879:1995.
- IRAM 29.236:2003 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método para la determinación de MP₁₀. Procedimiento a caudal de muestreo constante.
- IRAM 29.237:2003 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método para la determinación de las emisiones de material particulado condensable en chimeneas o conductos de evacuación.
- IRAM 29.238:2003 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método para la determinación de las emisiones de dióxido de azufre en chimeneas o conductos de evacuación.
- IRAM 29.239:2003 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método para la determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en chimeneas o conductos de evacuación.
- IRAM 29.240:2003 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método para la determinación de las emisiones de cromo. Método isocinético.

⁷⁸ La publicación corresponde al Ministerio de Ambiente y Espacio Público. Agencia de Protección Ambiental (APRA), página web: <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/calidad-de-aire> octubre 2018.

- IRAM 29.242:2003 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método para la determinación de compuestos orgánicos volátiles por cromatografía gaseosa.
- IRAM 29.243:2003 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método para la determinación de emisiones de plomo inorgánico.
- IRAM 29.244:2003 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Método para la determinación de la emisiones de ácido sulfúrico y dióxido de azufre.
- IRAM 29.245-1:2004 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Procedimiento de analizador instrumental. Parte 1: Determinación de dióxido de azufre.
- IRAM 29.245-2:2004 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Procedimiento de análisis instrumental. Parte 2: Determinación de dióxidos de nitrógeno.
- IRAM 29.246-1:2004 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Parte 1: Procedimiento de evaluación de los sistemas de medición continua de emisiones de SO₂ y NO_x.
- IRAM 29.246-2:2005 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Parte 2: Procedimiento de evaluación de los sistemas de medición continua de emisiones de O₂ y CO₂.
- IRAM 29.249:2006 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Procedimiento para la toma de muestra y análisis de amoníaco.
- IRAM 29.250:2005 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Procedimiento para la determinación de metales.
- IRAM 29.254:2009 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Método de referencia y procedimiento de ensayo de campo para demostrar la equivalencia de los métodos de medida al de referencia para muestreadores MP₁₀.
- IRAM 29.255:1999 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Monitoreo automático de las concentraciones máscas de material particulado. Características de desempeño, métodos de ensayo y especificaciones. Equivalente a ISO 10.155:1995.
- IRAM 29.257-1:2007 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Parte 1: Determinación de haluros de hidrógeno y halógenos. Método no-isocinético.
- IRAM 29.257-2:2007 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Parte 2: Determinación de haluros de hidrógeno y halógenos. Método isocinético.
- IRAM 29.268:1999 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración máscas de dióxido de nitrógeno. Método de Griess Saltzman modificado. Equivalente a: ISO/FDIS 6768:1998.

- IRAM 29.280:1998 (Primera edición), Emisiones de fuentes fijas. Medición de la velocidad y del caudal volumétrico de corrientes gaseosas en conductos. Equivalente a ISO 10.780:1994.
- IRAM 29.284:1999 (Primera edición), Calidad Ambiental. Calidad de Aire. Determinación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en fase gaseosa y particulada en el aire ambiente. Recolección sobre adsorbente con filtro y análisis por cromatografía gaseosa/espectrometría de masa. Equivalente a ISO/DIS 12.884:1998.
- IRAM 29.286:1998 (Primera edición), Aire ambiente. Determinación de la concentración másica de monóxido de carbono. Método por cromatografía en fase gaseosa. Equivalente a ISO 8.186:1989.
- IRAM 29.296:1998 (Primera edición), Aire Ambiente. Determinación de la concentración másica de los óxidos de nitrógeno. Método de la quimiluminiscencia. Equivalente a ISO 7.996:1986.
- IRAM 29.299:2008 (Primera edición), Calidad ambiental. Calidad del aire. Método para la recolección y determinación de material particulado sedimentable.
- IRAM 29.355:2001 (Primera edición), Calidad ambiental. Calidad del aire. Determinación del contenido de plomo particulado en aerosoles recolectado en filtros. Método de la espectrometría de absorción atómica.
- IRAM 29.396: 1999 (Primera edición), Calidad ambiental. Calidad del aire. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración y del caudal másico del material particulado en conductos.

También se pueden mencionar las normas ISO⁷⁹:

- ISO 7168:1985, Calidad del Aire – Presentación de datos de calidad del aire ambiente en forma alfanumérica.
- ISO 8601:1988, Componentes y formatos de intercambio de los datos. Intercambio de información. Representación de fechas y tiempos.
- ISO 9359:1989, Calidad del Aire - Método de muestreo estratificado para la evaluación de la calidad del aire ambiente

⁷⁹ ISO: International Organization for Standardization.

verdes y áreas de ferrocarril tienen una densidad poblacional que no supera los 150 habitantes por hectárea (225).

Las zonas industriales se ubican en los límites del partido, no existiendo zonas industriales de relevancia en centro. Existen tres grandes zonas de Reserva y Recuperación, están ubicadas en el noroeste del partido, en las ciudades de Fiorito, Budge y Villa Centenario. Entre esos grandes espacios se encuentra la zona del Autocamping Villa Albertina, el sector del Cementerio Municipal, la zona del Parque Municipal y la Reserva de la Laguna Santa Catalina. Esta última tiene 500 hectáreas y una amplia variedad de ambientes, tales como relictos de talar, pastizal pampeano, bajos y laguna, plantaciones forestales, parcelas agropecuarias y áreas de parque con edificaciones antiguas (225).

El sitio de la reserva de Santa Catalina fue declarado Lugar Histórico Nacional por Decreto del PEN Nº 877 en 1961, luego por un convenio fue declarada Reserva Micológica “Dr. Carlos Spegazzini” en 1981 hasta que en julio de 2011, por la Ley Nº 14.294 de la Provincia de Buenos Aires se la declara reserva natural, abarcando un total de 728 hectáreas aproximadamente (226). El espacio de la Laguna de Santa Catalina está ubicado próximo a los Bañados y Laguna de Rocha, los que se encuentran vinculados hidrológicamente.

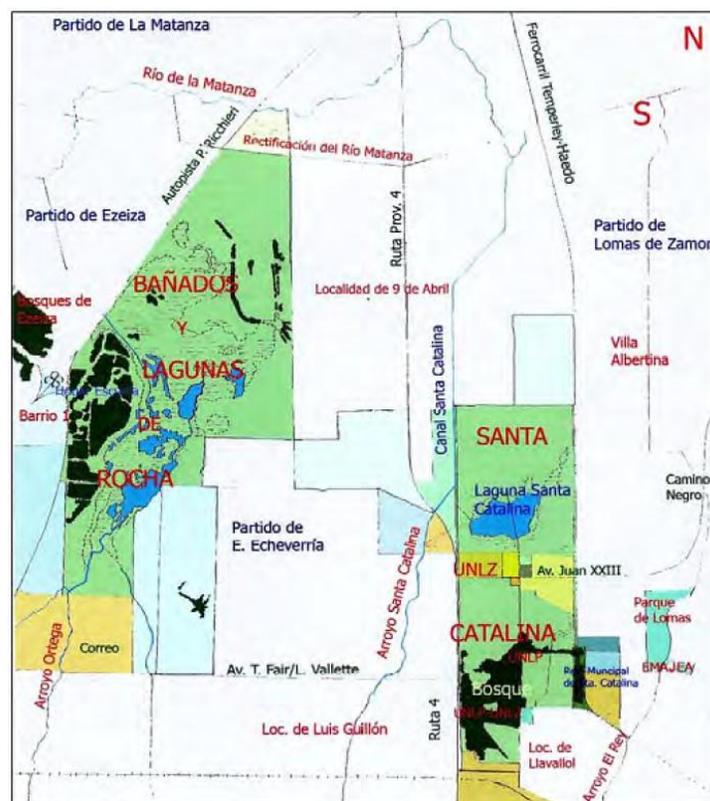


FIGURA N° 24: MAPA REGIONAL QUE MUESTRA EL CONJUNTO DE LAS LAGUNAS DE SANTA CATALINA Y LOS BAÑADOS Y LAGUNAS DE ROCHA (225).

El Municipio tiene la característica de pertenecer a dos cuencas hidrológicas, por un lado la porción oeste se encuentra ubicada sobre la Cuenca Matanza-Riachuelo, mientras que la porción este se halla en la Cuenca Zona Sur. La división de las cuencas se encuentra prácticamente siguiendo el recorrido de la Ruta Nacional Nº 205 a lo largo del partido desde el norte hasta conectarse en el sur con la Ruta Provincial Nº 16.

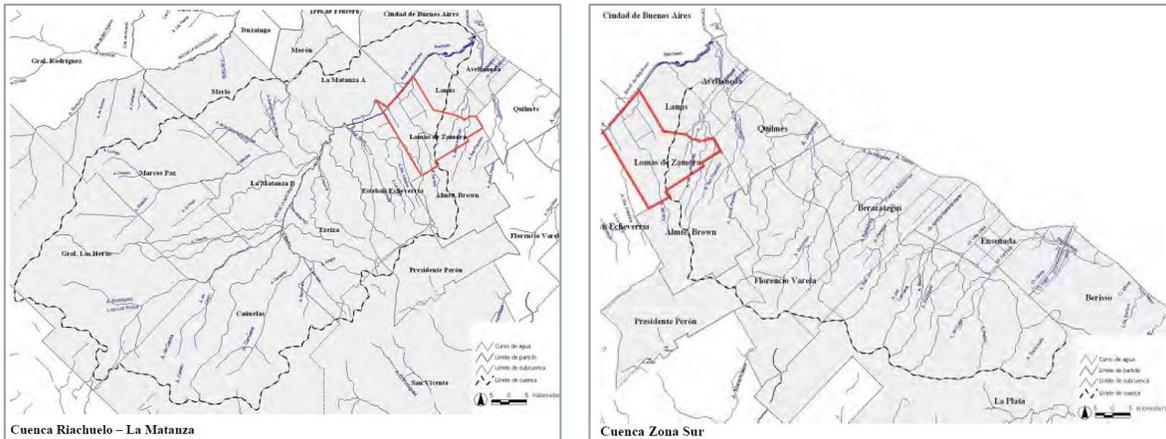


FIGURA Nº 25: MAPA REGIONAL INDICANDO LAS CUENCAS MATANZA-RIACHUELO Y ZONA SUR SOBRE LAS QUE SE ENCUENTRA EL MUNICIPIO DE LOMAS DE ZAMORA (225).

El municipio está organizado en diecinueve (19) delegaciones municipales: Fiorito, Villa Centenario, Banfield Oeste, Banfield Este, Temperley Oeste, Temperley Este, Lomas Oeste, Villa Albertina, Ing. Budge, Villa Lamadrid, Santa Catalina, Parque Barón, Santa Marta, Lomas Centro, Turdera, San José Este, San José Oeste, Llavallol Norte, Llavallol Sur.



FIGURA Nº 26: MUNICIPIO DE LOMAS DE ZAMORA, DISTRIBUCIÓN DE DELEGACIONES MUNICIPALES (IMAGEN TOMADA DE LA PÁGINA WEB DE LA MUNICIPALIDAD DE LOMAS DE ZAMORA⁸¹).

⁸¹ Página web del Municipio de Lomas de Zamora: Delegaciones <http://www.lomasdezamora.gov.ar/TuDelegacion.aspx> octubre 2018.

El clima en la región en que se encuentra ubicado el Partido de Lomas de Zamora en general tiene veranos calientes, húmedos, parcialmente lluviosos y mayormente despejados. Los inviernos suelen ser fríos, ventosos y parcialmente nublados. A lo largo del año la temperatura en general oscila entre 7°C y 29°C, es poco probable que baje a menos de 1°C o suba a más de 34°C⁸². La temporada templada dura 3,4 meses, desde principios de diciembre a mediados de marzo. La temporada fresca dura tres meses, desde fines de mayo a fines de agosto.

Respecto a la nubosidad se aprecia que la parte más despejada del año se extiende entre finales de septiembre hasta fines de abril, resultando enero el mes más despejado. Siendo lo que resta del año la parte más nublada, particularmente los comienzos de junio presentan los mayores niveles de días nublados. La temporada más lluviosa va de principios de octubre a mediados de abril.

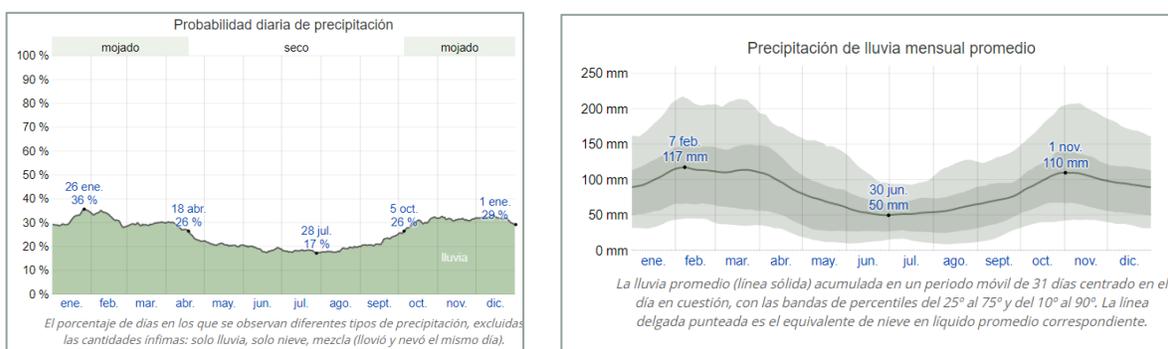


FIGURA N° 27: PROBABILIDAD DIARIA DE PRECIPITACIÓN Y PRECIPITACIÓN DE LLUVIA PROMEDIO MENSUAL DE LOMAS DE ZAMORA⁸³ (FUENTE: PÁGINA WEB WATHER SPARK).

En la Figura N° 28 se muestra la rosa de los vientos anual para el período de 01-10-2009 a 21-02-2018, los datos fueron tomados de la estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional ubicada en la localidad de Ezeiza. En los distintos colores se observa la velocidad del viento, donde el ancho de cada sector representa la frecuencia con que ocurren los mismos.

⁸² Página que da características del clima en diferentes localidades:

<https://es.weatherspark.com/y/28970/Clima-promedio-en-Lomas-de-Zamora-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o> octubre 2018.

⁸³ Página Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/28970/Clima-promedio-en-Lomas-de-Zamora-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Humidity> octubre 2018. Las estaciones meteorológicas que aportan información climatológica, incluida nubosidad, precipitación, velocidad y dirección del viento y flujo solar vienen de MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis de NASA. Hay tres estaciones meteorológicas suficientemente cerca que contribuyen a esta reconstrucción, se utilizan series estadísticas y se corrigen valores en función de la altura y la distancia de las estaciones, estas son Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini (60%, 14 kilómetros, suroeste), Aeropuerto de Buenos Aires (32%, 21 kilómetros norte) y Aeropuerto de La Plata (8%, 52 kilómetros, sureste).

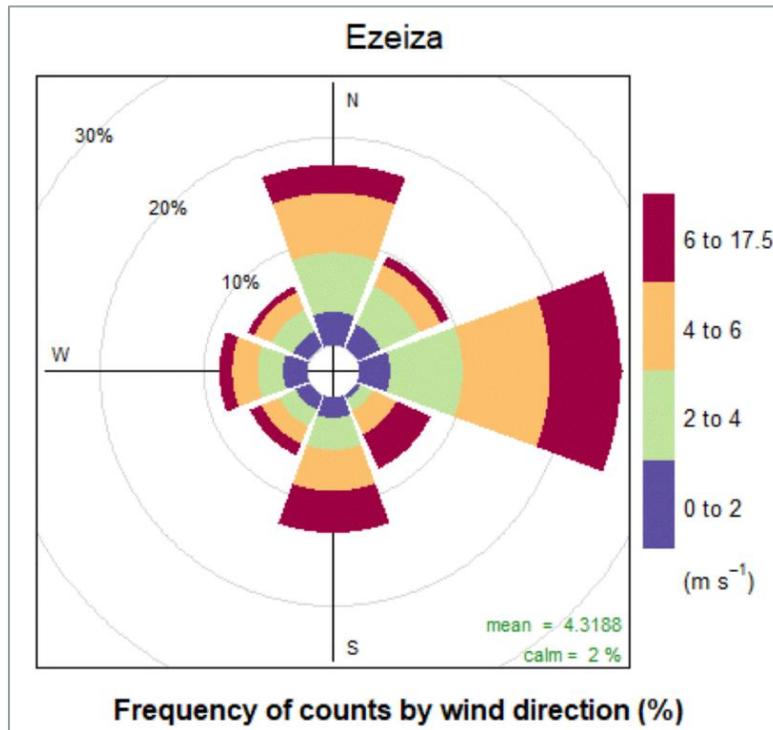


FIGURA N° 28: ROSA DE LOS VIENTOS PROMEDIO ANUAL.

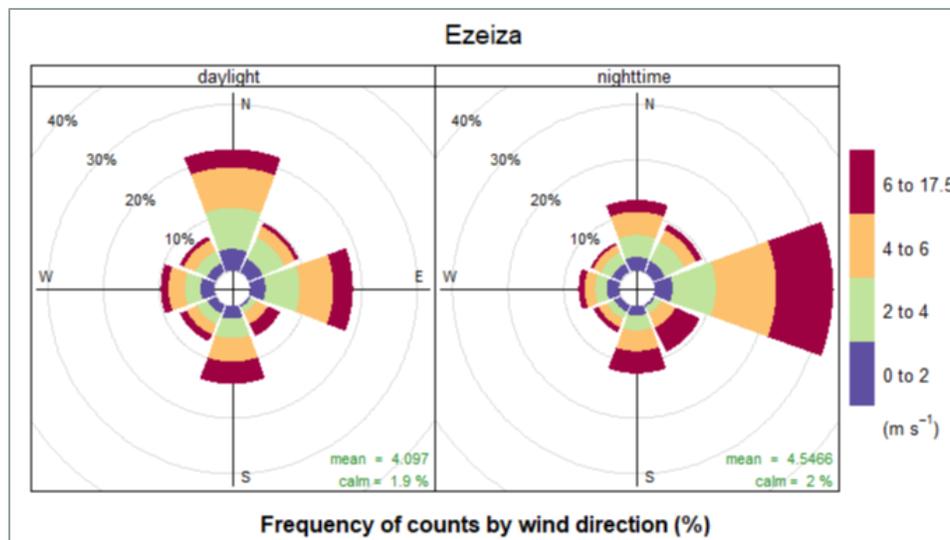


FIGURA N° 29: ROSA DE LOS VIENTOS PROMEDIO DIURNO Y NOCTURNO.

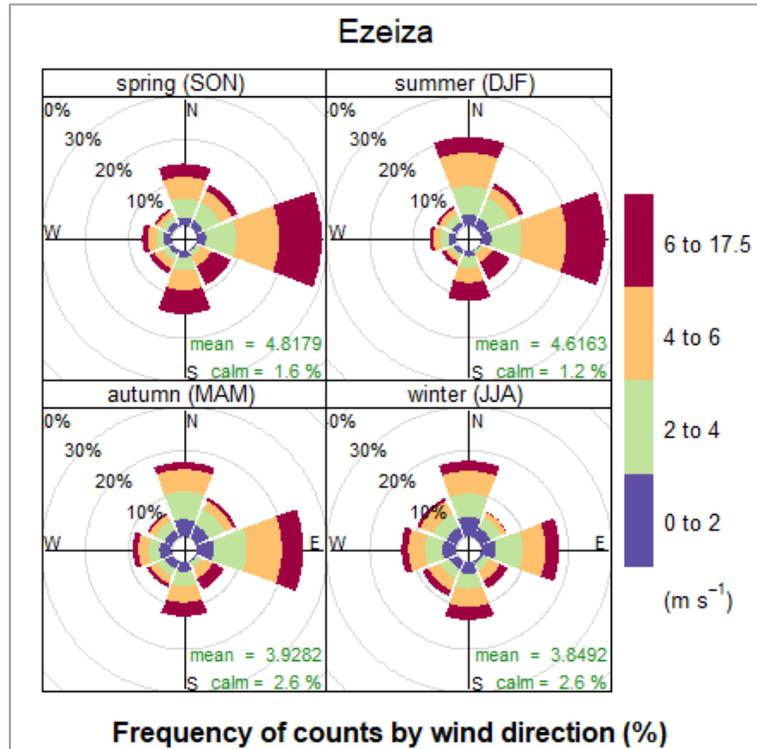


FIGURA N° 30: ROSA DE LOS VIENTOS PROMEDIO PARA CADA ESTACIÓN DEL AÑO.

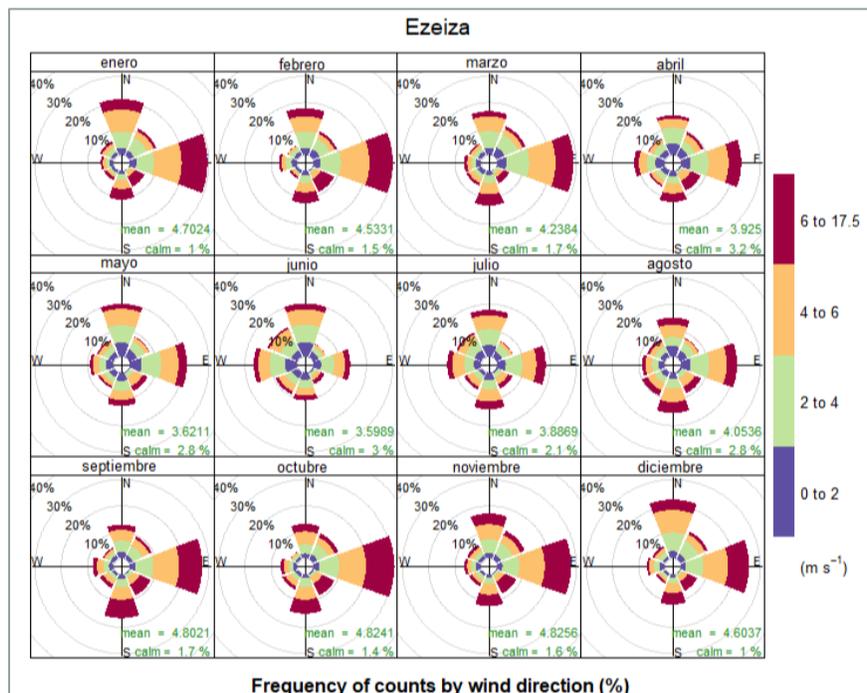


FIGURA N° 31: ROSA DE LOS VIENTOS PROMEDIO PARA CADA MES DEL AÑO.

b) Centros de Salud de Lomas de Zamora

La infraestructura de salud del distrito cuenta con 43 Centros de Atención Primaria de la Salud donde se realizan las primeras consultas y en caso de ser necesario los pacientes son derivados a alguno de los seis centros de segundo nivel. En caso de ser requerido, los pacientes que demandan una intervención de mayor cuidado pueden ser derivados a los hospitales de alta complejidad, en el municipio se cuenta con cuatro establecimientos de esta jerarquía.

Los cuatro hospitales de alta complejidad del Municipio de Lomas de Zamora son:

- Hospital L. C. de Gandulfo
- Hospital José Estévez
- Hospital Dr. Alende
- Región Sanitaria VI

El Municipio cuenta con seis Centros de Salud con atención de baja complejidad:

- Centro Odontológico Infantil
- Centro Asistencial Nazaret
- Centro de Recepción de Lomas de Zamora
- Centro de Salud 25 de Mayo
- Centro de Salud Dr. E. Finochietto
- Centro SEA – Servicios Adicionales

Los 43 Centros de Atención Primaria de la Salud del Municipio de Lomas de Zamora se encuentran distribuidos a lo largo del municipio:

Santa Rosa	Bartolomé Mitre	Las Casuarinas
Villa Gral. San Martín	San José	Dr. Ángel A. Tullio
Alicia Moreau de Justo	Dr. José M. Oliveras	Posta Cementerio
Dr. Gregorio A. Alfaro	Temperley Oeste	Dr. Federico E. Payas
Nuevo Fiorito	Prosperidad	Dr. Juan Bruno Tavano
Vicente López	Llavallo	Ingeniero Budge
El Progreso	Dr. Néstor Kirchner	Santa Marta
Villa Albertina	Villa El Faro	Dr. Mariano Moreno
Provincias Unidas	19 de Diciembre	Villa Independencia
Sala Juan Bans	Nueva Esperanza	Barrio Obrero
Solidaridad	Juan Manuel de Rosas	2 de Abril
Santa Catalina	General Lamadrid	La Cortada
Eva Perón	Villa Urbana	La Salud como Derecho
Dr. Luis Agote	Dr. Ramón Carrillo	Dr. A. Fonrouge
UPA 24hs		

TABLA Nº 5: CENTROS DE ATENCIÓN PRIMARIA DE LA SALUD (FUENTE: PÁGINA DEL MUNICIPIO DE LOMAS DE ZAMORA)⁸⁴.

c) Tránsito vehicular

Según el censo de tránsito automotor publicado por la Gerencia Técnica de la Dirección Provincial de Vialidad (T.M.D.A. 2003)⁸⁵, se observa que en la Ruta Provincial N° 4 en el tramo (Tr.4) que va desde Ruta Provincial N° 16 (Av. Irigoyen) hasta la Ruta Nacional N° 205, con una longitud aproximada de 5,07km, cuatro carriles (dos por mano), presenta un TMDA medido en abril de 2003 de 31.023 vehículos/día. Se destaca un 84% de automóviles, 3% de ómnibus, 10% de camiones livianos y 3% de camiones pesados.

⁸⁴ Datos relevados de la página oficial del Municipio de Lomas de Zamora:

<https://desarrollosocialz.wordpress.com/contacto/unidades-sanitarias-de-lomas-de-zamora/> agosto 2018.

⁸⁵ T.M.D.A.: es el volumen promedio diario de tránsito registrado a lo largo de un año calendario sobre una sección de un camino o arteria. La demanda de tránsito varía según el mes del año, el día de la semana, la hora del día. Estas relaciones quedan expresadas por factores de ajuste que surgen de la relación de Tránsitos Medios Diarios y también de estos con Tránsitos Medios Horarios. Estos datos suelen ser relevados en puestos permanentes, tal es el caso en los puestos de medición que posee la Dirección Nacional de Vialidad. Para la arteria considerada (Ruta Provincial N° 4) sólo se cuenta con la información relevada por la Dirección Provincial de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires en el año 2003 para los Tramos 4, 5 y 6. En 2016 la DPV BA hizo una nueva medición pero solamente en los Tramos 4 y 6.

http://www.vialidad.gba.gov.ar/tmda_actualizacion_2013.pdf julio 2018.

http://transito.vialidad.gov.ar:8080/SelCE_WEB/intro.html julio 2018.

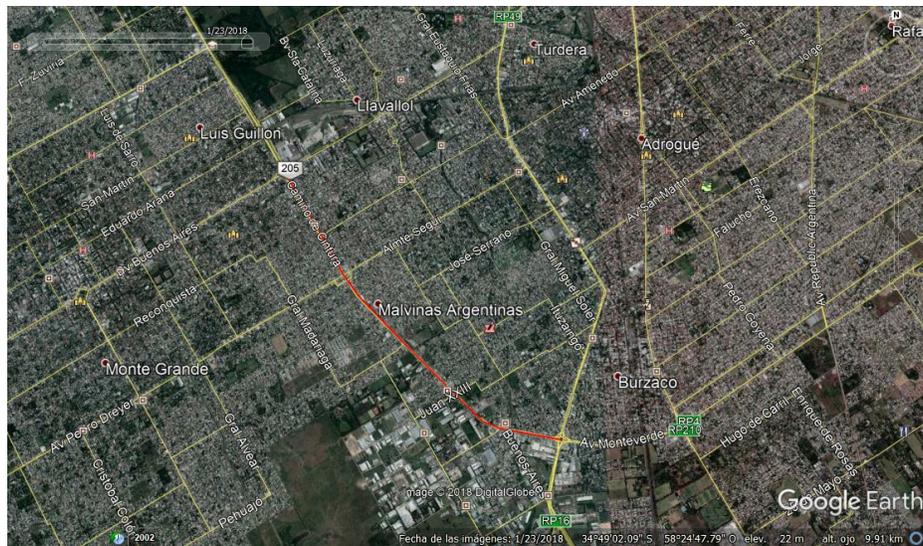


FIGURA N° 32: RUTA PROVINCIAL N° 4 - TRAMO 4 (ELABORACIÓN PROPIA, IMAGEN TOMADA DEL GOOGLE EARTH).

Para el tramo siguiente (Tr.5) que va desde la Ruta Nacional N° 205 hasta la Av. Juan XIII (un tramo con 3,39km de longitud aproximada), con una continuidad de cuatro carriles (dos por mano) se midió en abril de 2003 un tránsito de 43.113 vehículos/día. Se destaca un 85% de automóviles, 3% de ómnibus, un 10% de camiones livianos y un 3% de camiones pesados.

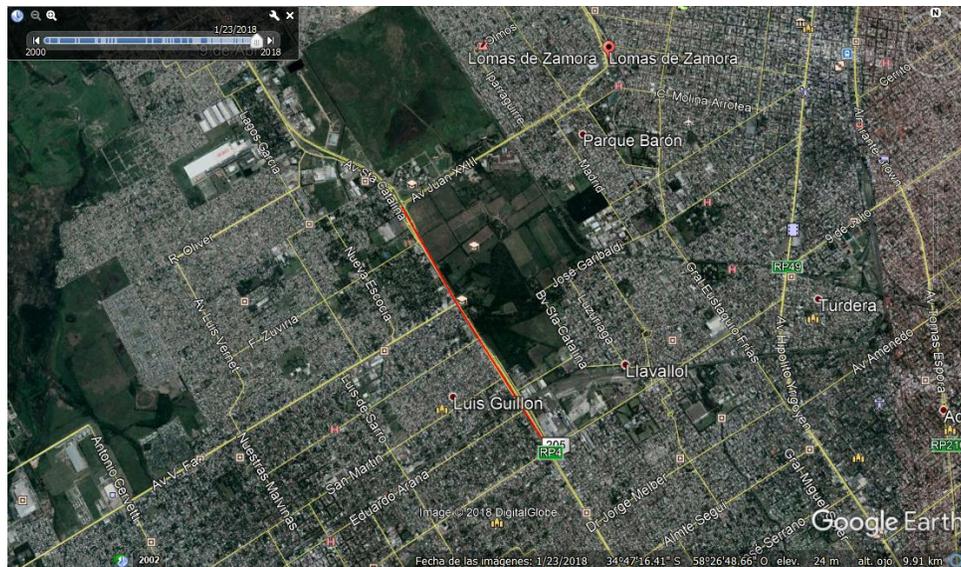


FIGURA N° 33: RUTA PROVINCIAL N° 4 - TRAMO 5 (ELABORACIÓN PROPIA, IMAGEN TOMADA DEL GOOGLE EARTH).

Para el tramo siguiente (Tr.6) entre Av. Juan XXIII y Autopista Ricchieri (R.N.N° A002) (un tramo de 8,19km de longitud aproximada), presenta un TMDA medido en julio de 2003 de 56.595 vehículos/día con una distribución en función del tipo de 83%, 3%, 8% y 6% respectivamente.

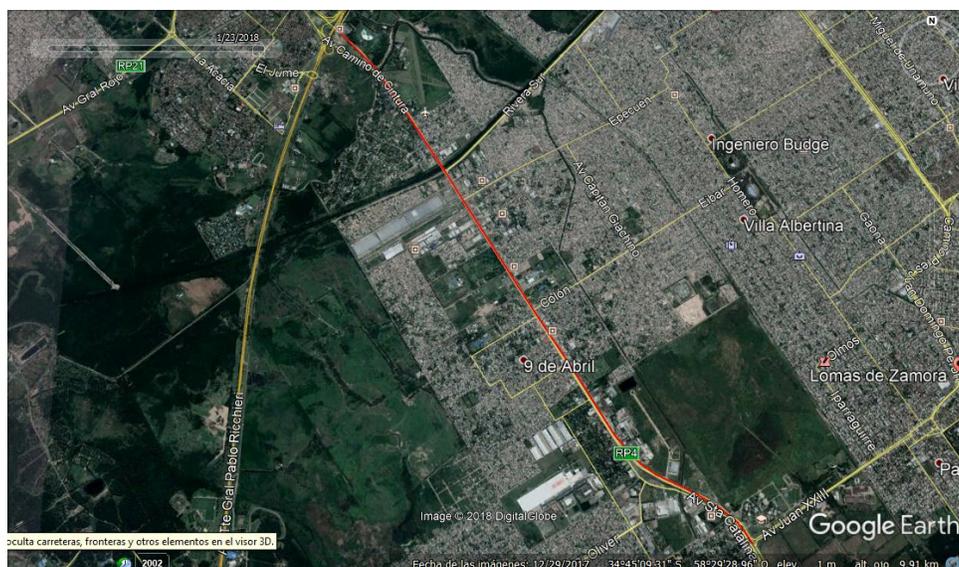


FIGURA N° 34: RUTA PROVINCIAL N° 4 - TRAMO 6 (ELABORACIÓN PROPIA, IMAGEN TOMADA DEL GOOGLE EARTH).

La misma DPV en otra publicación del (T.M.D.A. 2016), presenta nuevas mediciones que muestran un incremento del tránsito para los dos sectores que pueden compararse. En el Tramo 4 la medición realizada en septiembre de 2016 da un valor de 52.306 vehículos/día, lo que representa un incremento del 69% del tránsito en trece (13) años. Para el Tramo 6 la medición realizada en septiembre de 2016 da un valor de 68.023 vehículos/día, en este caso para igual período de tiempo el incremento es de un 20%.

	T.M.D.A. 2003 [vehículos/día]	T.M.D.A. 2016 [vehículos/día]	Incremento [%]	Incremento neto [vehículos/día]
Tramo 4	31.023	52.306	69%	21.283
Tramo 6	56.595	68.023	20%	11.428

TABLA N° 6: COMPARACIÓN DE T.M.D.A. (FUENTE DVBA).

En cuanto a la distribución se nota un leve incremento de los camiones livianos y pesados. En la metodología de conteo para este año (2016) la DPV incorpora una nueva categoría denominada “motos” midiendo un peso relativo de 4% y 3% para los tramos 4 y 6 respectivamente (130,131).

El uso de esta información debe realizarse con cuidado. Nos da una idea aproximada de la cantidad de vehículos que transitan por esta importante vía de comunicación. Pero fueron tomados en un período breve y puntual, utilizando coeficientes que permiten extrapolar las lecturas tomadas a un valor promedio anual, no son un dato exacto del tránsito.⁸⁶ Sin embargo

⁸⁶ Para una revisión general de lo que implica el valor de TMDA se tomó de referencia la Tesis de Maestría del Ing. Julián Rivera, “Metodología para la estimación del TMDA (Tránsito Medio Diario Anual) mediante

debemos considerar el tránsito como un factor dinámico, varía permanentemente aunque sus variaciones son repetitivas y responden a ciclos relativamente constantes (127-129).

La información disponible de puntos de muestreo de T.M.D.A. para la región de estudio es escasa, pero a modo indicativo se puede apreciar el incremento del volumen de tránsito ocurrido sobre la Ruta Provincial N° 4 entre el año 2003 y 2016. Para el Tramo 4 el incremento del volumen de tránsito fue de 69% y para el Tramo 6 del 20%. Un seguimiento continuo de medición permanente ayudaría a prever el volumen de tránsito que se incrementa en las principales arterias del distrito (143).

En la base de datos de Vialidad Nacional figuran para la Ruta Nacional N° 205, Primer Tramo, entre Ruta Nacional A002 (Autopista Riccheri) y la intersección con la Variante de la Ruta Nacional N° 205, en el año 2016 el T.M.D.A. era 64.220 cuando para el mismo Tramo en el año 2006 el T.M.D.A. era de 40.100 vehículos diarios. Un aumento del 60,1% en diez años (132).

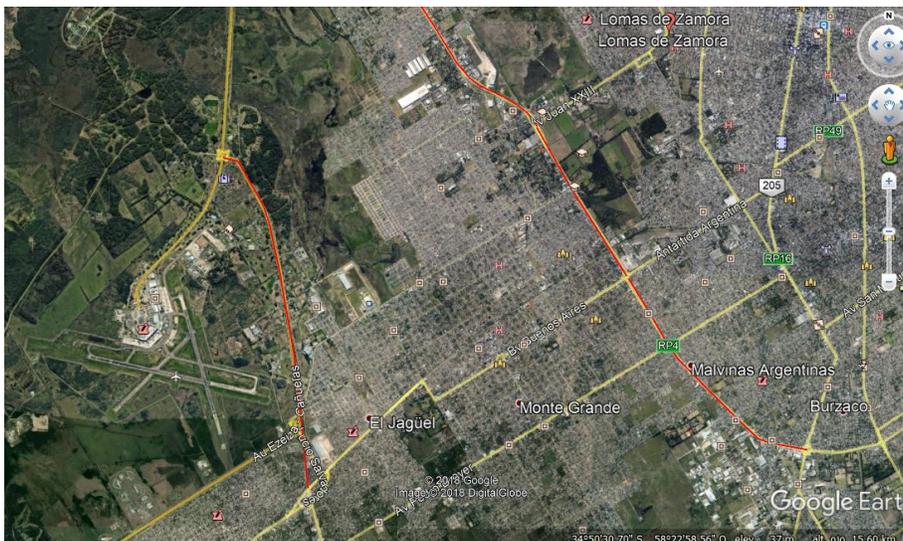


FIGURA N° 35: R.N.N° 205 1ER. TRAMO, ENTRE R.N.N° A002 (AUTOPISTA RICCHERI) Y VARIANTE DE LA R.N.N° 205.

Según el Observatorio Nacional de Datos del Transporte de la Universidad Tecnológica Nacional, el parque automotor nacional tuvo un incremento en diez años (entre los años 2006 y 2016) de 7.175.370 vehículos a 14.134.565, es decir un aumento del 97%. En diez años prácticamente se duplicó el parque automotor a nivel país. En automóviles pasó de 5.325.231 a 10.711.696, un aumento del 100%. Mientras que el aumento de ómnibus fue de 62.785 a 85.023, es decir 35,4% más colectivos en diez años.

conteos de tránsito esporádicos. Aplicación en la Zona Central de la República Argentina” UTN-Facultad Regional Santa Fe.

<https://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/04/Tesis-Posgrado-JulianRivera.pdf> septiembre 2018.

Año	Automóviles	Vehículos utilitarios livianos	Vehículos de carga	Ómnibus	Total
2006	5.325.231	1.370.312	417.042	62.785	7.175.370
2016	10.711.696	2.657.562	680.284	85.023	14.134.565
Incremento [%]	101%	94%	63%	35%	97%

TABLA N° 7: EVOLUCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR EN LA ARGENTINA (FUENTE: OBSERVATORIO NACIONAL DE DATOS DE TRANSPORTE, CENTRO TECNOLÓGICO DE TRANSPORTE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL, UTN, DATOS TOMADOS DE ADEFA).

Año	Automóviles	Vehículos utilitarios livianos	Vehículos de carga	Ómnibus	Total
2006	2.039.238	461.890	133.805	22.262	2.657.195
2016	4.297.791	909.055	680.284	31.019	5.918.149
Incremento [%]	110%	97%	408%	39%	122%

TABLA N° 8: EVOLUCIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (FUENTE: OBSERVATORIO NACIONAL DE DATOS DE TRANSPORTE, CENTRO TECNOLÓGICO DE TRANSPORTE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL, UTN, DATOS TOMADOS DE ADEFA).

d) Industrias instaladas

Según el relevamiento realizado por ACUMAR⁸⁷ el municipio cuenta con 2.735 (10,2% del total relevado) establecimientos productivos, de los cuales 54 (2%) fueron categorizados como agentes contaminantes.

Entre las categorías que comprenden a dichos establecimientos productivos según la clasificación de la Organización Internacional del Trabajo⁸⁸ se destacan “Explotación de minas y canteras” (C, sólo canteras) e “Industrias manufactureras”, incluyendo Elaboración de productos alimenticios y bebidas; Fabricación de productos textiles; Fabricación de prendas de vestir, adobo y teñido de pieles; Curtido y adobo de cueros, fabricación de maletas, bolsos de mano, artículos de talabartería y guarnicionería, y calzado; Fabricación de papel y de productos de papel; Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones; Fabricación de sustancias y productos químicos; Fabricación de productos de caucho y plástico; Fabricación de productos elaborados de

⁸⁷ ACUMAR: Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo, ente autónomo, autárquico e interjurisdiccional de derecho público creado en 2006 por la Ley Nacional N° 26.168. Articula políticas públicas comunes y coordina los esfuerzos interjurisdiccionales para la implementación del Plan Integral de Saneamiento (PISA).

⁸⁸ OIT - Organización Internacional de Trabajo (OIT-ONU). Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIU). Tercera revisión. (2015).

<http://www.ilo.org/public/spanish/bureau/stat/class/isc.htm> junio 2017.

metal, excepto maquinaria y equipo; Fabricación de maquinaria y equipo N.C.P. (no clasificados en otra parte); Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática; Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos N.C.P.; Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques; Fabricación de muebles, industrias manufactureras N.C.P.; Reciclamiento (55).

Este es uno de los aspectos que quedaron pendientes en el desarrollo del presente trabajo. Se requiere para futuras líneas de investigación un estudio más detallado de las características de los contaminantes atmosféricos emitidos por los parques industriales asentados en el distrito y en los distritos adyacentes. Se pueden identificar la ubicación de tres parques industriales en el área de trabajo, dos de ellos con perfil claramente productivo. El Parque Luis Guillón, donde se asientan 48 PyMES; el Parque 9 de Abril con 15 PyMES instaladas, en ambos casos de rubros muy diversos, desde laminado de cobre a refrigeración industrial. Se puede ubicar un tercer Parque Empresarial de Esteban Echeverría, enfocado en servicios de logística para grandes empresas, con el consecuente elevado tránsito vehicular utilizando camiones de mediano y gran porte. También se encuentra en las proximidades de la zona de estudio pero en un partido vecino, el Parque Industrial de Burzaco, en el que se pudieron realizar tomas de muestra de material particulado y COVs.

En la Figura N° 36 se ubicaron geográficamente aquellos emprendimientos industriales, registrados como agentes contaminantes con domicilio en el municipio, que han podido ser localizados.

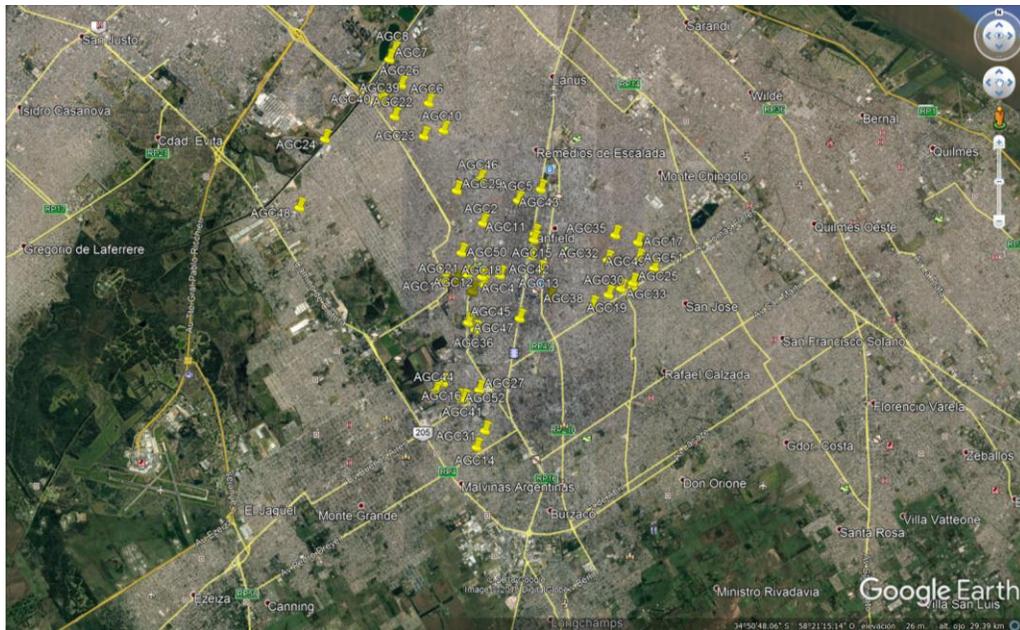


FIGURA N° 36: DISTRIBUCIÓN DE LAS INDUSTRIAS DECLARADAS AGENTES CONTAMINANTES EN EL DISTRITO DE LOMAS DE ZAMORA (ELABORACIÓN PROPIA).

e) Puntos de monitoreo

En función de lo expuesto se pueden distinguir dos grandes grupos de fuentes de emisión de contaminantes. En primer lugar el parque automotor (vehículos particulares, transporte público de pasajeros y transporte de mercaderías en general con camiones livianos y pesados). Como segundo grupo se encuentran las emisiones provenientes del sector productivo.

Dadas las características de las fuentes y luego de los relevamientos realizados por el CIGATE⁸⁹ se definieron cuatro sitios de monitoreo. A lo largo de los últimos cuatro años se han muestreado en estos cuatro sitios⁹⁰ (Figura N° 37):

- Facultad de Ingeniería UNLZ (FI), en el predio del Rectorado, Avda. Juan XXIII y Ruta Provincial N° 4, Lomas de Zamora.
- Indelama SRL, carpintería industrial cuyo predio es sede del primer ciclo de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria “Ing. Giúdice”, P. Suarez 349, Montegrande.
- Sector Industrial Planificado de Almirante Brown, o Parque industrial Burzaco, L.M. Drago y J. Melián, Burzaco.
- Sector urbano, microcentro de Monte Grande, con gran intensidad de tránsito urbano, intersección de calles General Las Heras y Boulevard Buenos Aires, Monte Grande.

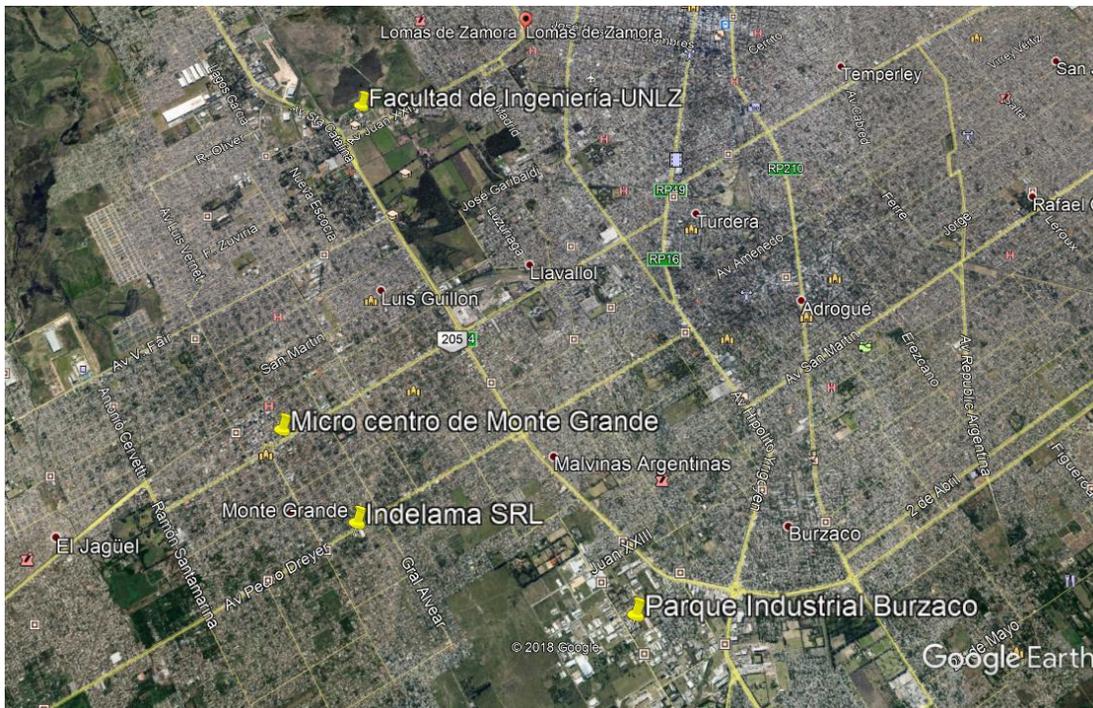


FIGURA N° 37: UBICACIÓN DE LOS CUATRO SITIOS DE MUESTREO DENTRO DEL PARTIDO DE LOMAS DE ZAMORA (ELABORACIÓN PROPIA, IMAGEN TOMADA DEL GOOGLE EARTH).

⁸⁹ CIGATE: Centro de Investigación en Gestión Ambiental Territorial - Facultad de Ingeniería, UNLZ.

⁹⁰ Trabajo presentado en PROIMCA – PRODECA 2017. Material particulado y compuestos orgánicos volátiles en aire extramuros del partido de Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires. Efectos asociados sobre la salud juvenil. Blanco E., Lafflito C., Colman Lerner E., Penida M, Aguilar M., Giuliani D., Porta A.



FIGURA N° 38: UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO DENTRO DEL PARTIDO DE LOMAS DE ZAMORA (ELABORACIÓN PROPIA, IMAGEN TOMADA DEL GOOGLE EARTH).

4. Línea de base de calidad del aire de Lomas de Zamora

a) Determinación de MP y COVs

i. Material particulado (MP), mediciones

Muestreo de Material Particulado (MP):

Cuando se realizaron las mediciones para comprobar los niveles de MP_{100} , MP_{10} y $MP_{2,5}$, se verificó que no hubieran ocurrido fenómenos naturales tales como erupciones volcánicas o incendios forestales. Estos eventos pueden modificar fuertemente el valor de los datos relevados. También es importante tener en cuenta si hubo precipitaciones. Las lluvias influyen como un efecto “limpieza” del material en suspensión. Respecto a este último aspecto se relevaron de la estación meteorológica de Ezeiza el nivel de precipitaciones y las características más importantes del tiempo (tipo de evento climático, duración, milímetros caídos de precipitación, incorporados en el Anexo IV) durante cada período de medición (178).

Para el muestreo y análisis de material particulado y compuestos asociados, se realizaron muestreos de MP inhalable⁹¹ (MP_{10} partículas < $10\mu\text{m}$) y respirable ($MP_{2,5}$ partículas < $2,5\mu\text{m}$) utilizando un muestreador MiniVol TAS, con una duración máxima de cinco (5) días por zona, registrando el punto de muestreo por geo-referenciamiento satelital. El contenido de MP_{10} y $MP_{2,5}$ en cada muestra se determina por gravimetría (7, 59, 90, 178-184).

En este estudio se muestrearon cuatro sitios distintos, como se indicó en el apartado anterior (Figura N° 37 y 38):

- La Facultad de Ingeniería UNLZ (FI), en el predio del Rectorado, Avda. Juan XXIII y Ruta Provincial N° 4, Lomas de Zamora. Dada su ubicación en el campus de la universidad, se lo puede considerar como zona residencial.
- Indelama SRL, carpintería industrial cuyo predio es sede del primer ciclo de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria “Ing. Giúdice”, P. Suarez 349, Montegrande.
- El Sector Industrial Planificado de Almirante Brown, o Parque industrial Burzaco, L.M. Drago y J. Melián, Burzaco.
- Sector urbano, microcentro de Monte Grande, con gran intensidad de tránsito urbano, intersección de calles General Las Heras y Boulevard Buenos Aires, Monte Grande.

En todos los casos fueron recolectadas ambas fracciones MP_{10} y $MP_{2,5}$ utilizando un caudal de 5L/min durante 3 y 5 días respectivamente (7, 90, 178-184). Como referencia de las variables meteorológicas se adoptan los datos provenientes de la Estación Meteorológica de Ezeiza del Servicio Meteorológico Nacional⁹².

⁹¹ MP inhalable (MP_{10}): es el material particulado cuyas dimensiones se encuentran entre $10\mu\text{m}$ y $2,5\mu\text{m}$. El material respirable ($MP_{2,5}$) es aquel que penetra en las vías respiratorias no ciliadas, es decir más profundamente.

⁹² SMN: Servicio Meteorológico Nacional ([wttp://www.smn.gov.ar/](http://www.smn.gov.ar/)).

Fueron tomadas dos (2) muestras durante abril 2015 en un balcón del primer piso de la Facultad, con una duración de 6 días para $MP_{2,5}$ y 3 días para MP_{10} ; para lo cual se utilizaron metodologías de muestreo estandarizadas (54, 56, 58).

En septiembre de 2016 se tomaron una muestra de MP_{10} y otra de $MP_{2,5}$ tanto en la Facultad como en Indelama.

Durante los meses de agosto y septiembre del año 2017 se tomaron 3 muestras de MP_{10} y de $MP_{2,5}$ en la Facultad e Indelama; en el mes de octubre del mismo año se tomaron muestras de MP_{10} y de $MP_{2,5}$ en el sector urbano y en el Parque Industrial respectivamente.

También se tomaron dos muestras de TSP (MP_{100}) durante el mes de agosto de 2017 en la Facultad e Indelama y una muestra en el sector urbano y en el Parque Industrial.

Los datos individuales del monitoreo de material particulado se presentan en el Anexo II.

Funcionamiento del muestreador de material particulado en suspensión:

Las muestras de material particulado fueron recolectadas por medio del muestreador de bajo volumen MiniVol TAS Airmetrics. En este, por medio de una bomba, el aire es forzado a pasar a través de un separador de tamaños de partículas (mediante impactadores) y luego a través de un medio filtrante, donde queda depositado el material particulado a analizar. Para el MiniVol, la tasa real de flujo volumétrico debe ser de 5L/min. Como medio filtrante se utilizaron filtros de politetrafluoroetileno (PTFE) y de fibra de vidrio de 46,2mm de diámetro. Lo mismos son pesados antes y después del muestreo en condiciones estabilizadas y la concentración del material particulado en cada muestra se determina mediante la razón de esta diferencia gravimétrica y el volumen total de aire que pasó a través del filtro (56-59).

El muestreador de material particulado en suspensión MiniVol TAS (Tactical Air Sampler) permite realizar muestreos de aire ambiente utilizando un bajo caudal (5 litros/minuto). Es ligero y portátil, ofrece resultados precisos y es ideal para áreas remotas o lugares donde no se ha establecido una estación de monitoreo permanente. Entre sus usuarios se incluye la EPA, el ejército de los Estados Unidos, la Organización Mundial de la Salud, distintos gobiernos y consultores internacionales.

Con el MiniVol TAS⁹³ es posible tomar muestras de tres fracciones de material particulado (MP): $MP_{2,5}$ (2,5 micrones), MP_{10} (10 micrones) y TSP (partículas en suspensión totales hasta 100 micrones).

Sus especificaciones técnicas son:

Bomba de aspiración:

- Doble diafragma con tecnología de flujo laminar.

⁹³ Un instructivo muy sencillo sobre cómo utilizarlo se puede encontrar en el portal de YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=hJjBaZzC5wU> o <https://www.youtube.com/watch?v=Lb81p6m9J5s> septiembre 2018.

- Calificado para 10.000 horas de operación continua.
- Motor de núcleo sin hierro con conmutación de metales preciosos.
- Rango de flujo 0-10 LPM (litros/minuto).

Características macroscópicas:

- Caja de muestras a prueba de agua de copolímero de polipropileno.
- Dimensiones: 10" x 12" x 7"
- Peso: menos de 10lbs. Completamente configurado.
- Todo en un estuche de transporte.
- Dimensiones: 19,75" x 12" x 18"
- Peso: menos de 40lbs. Con todos los accesorios.

Minutero:

- Temporizador programable de 7 días con batería de respaldo.
- Hasta seis períodos de muestra por día.

Porta filtro de pre-separador/cassette:

- Diseño de entrada de persiana no direccional.
- Se quita fácilmente para limpiar.
- Porta filtro estándar de 47mm.
- Nominal de 10 micras o 2,5 micras de "punto de corte" a una velocidad de muestreo de 5L/min.



FIGURA N° 39: IMAGEN DEL PORTA FILTRO DE PRE-SEPARADOR/CASSETTE.

Electrónica:

- Circuito de control de flujo constante.
- Funcionamiento de CA o CC.
- Ajuste de flujo variable.
- Totalizador de tiempo transcurrido.
- Indicador de batería baja y apagado.
- Indicador de baja tasa de flujo y cierre.

Paquete de baterías:

- Baterías de Litio Ion.
- 14,8V/118Watt hora.
- Cargador de batería externo de 1,2 Amperios.
- Recarga completa en menos de seis horas.



FIGURA N° 40: IMAGEN DEL PAQUETE DE BATERÍAS.



FIGURA N° 41: IMAGEN DEL EQUIPO MONTADO.

Funcionamiento básico:

Como se esquematiza en las Figuras N° 42 y 43, el muestreador de aire MiniVol se puede configurar para recoger muestras de MP_{2,5}, MP₁₀ o TSP, pero solo un tipo a la vez. La bomba del MiniVol extrae aire a 5 litros/minuto a través de un separador de tamaño de la partícula (impactador) y luego a través de un filtro 47mm de diámetro. La separación de partículas de 10 micras o 2,5 micras se logra mediante la impactación, o se puede recolectar una muestra de TSP retirando el impactador.

La muestra de partículas del tamaño seleccionado queda atrapada en el filtro, que debe pesarse antes y después de la exposición con una microbalanza de hasta un microgramo. Los resultados del muestreo se informan en microgramos/metro cúbico.

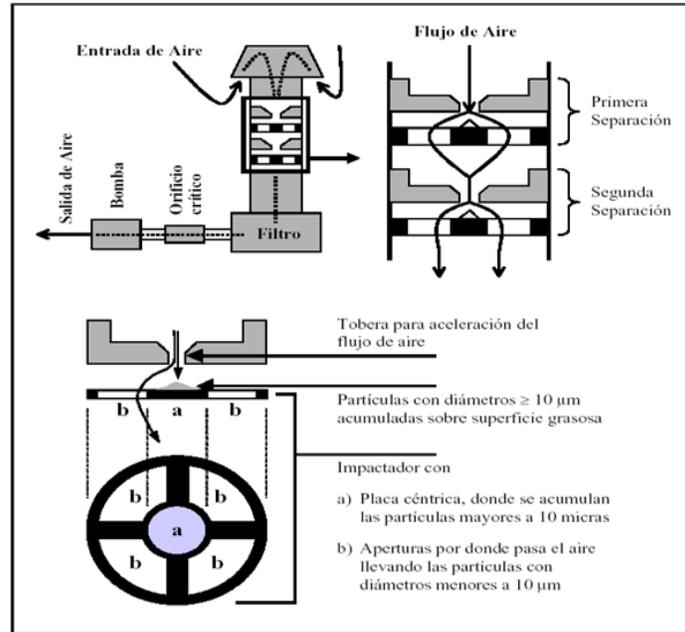


FIGURA N° 42: ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO (FUENTE: FICHA TÉCNICA MINIVOL TAS).

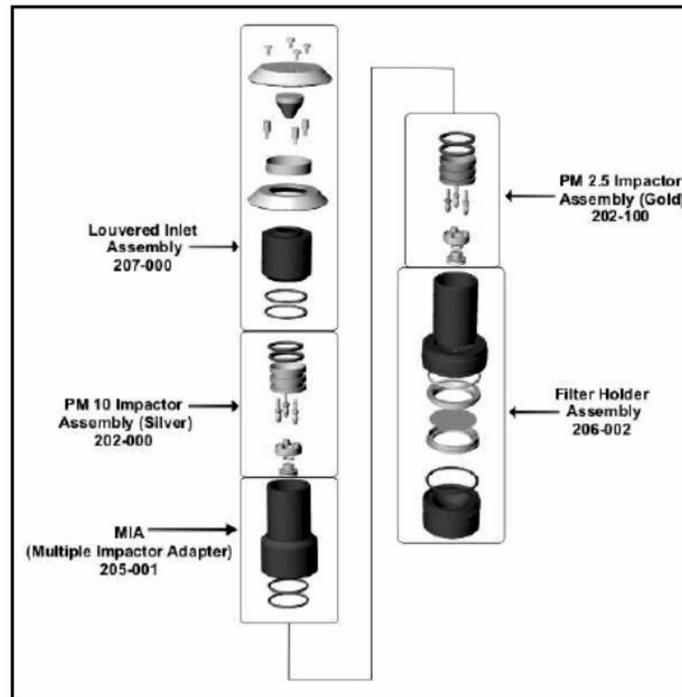


Figure 4.3 - PM2.5 Impactor/Filter Holder Assembly

FIGURA N° 43: DETALLE DE LOS COMPONENTES DEL IMPACTADOR Y FILTRO PARA MP₁₀ Y MP_{2.5}.

El MiniVol viene equipado con un flujo bajo y apagado de batería baja, funciona con una batería de litio recargable. La batería puede alimentar la muestra durante 24hs de muestreo continuo antes de cambiar el paquete de baterías por uno nuevo. El MiniVol también cuenta con un temporizador programable de siete (7) días, un totalizador de tiempo transcurrido y una construcción robusta en PVC.

Para cada proyecto de muestreo se debe establecer una nueva tasa de flujo indicada y corregida. Esta calibración asegura que la muestra tenga un índice de flujo ambiental de 5 litros por minuto y que haya un rendimiento constante del separador de tamaño inercial. La calibración tiene en cuenta las diferentes temperaturas del aire y las presiones atmosféricas debidas a la elevación y los cambios estacionales.

Antes de llevar a cabo un programa de monitoreo, todos los equipos de muestreo y análisis deben estar calibrados adecuadamente. Las calibraciones cuidadosas y precisas de los instrumentos de muestreo y el equipo asociado proporcionan la seguridad requerida de la red troncal para cualquier monitoreo. La realización de auditorías periódicas permite garantizar la integridad y evaluar la precisión de los datos de muestreo.

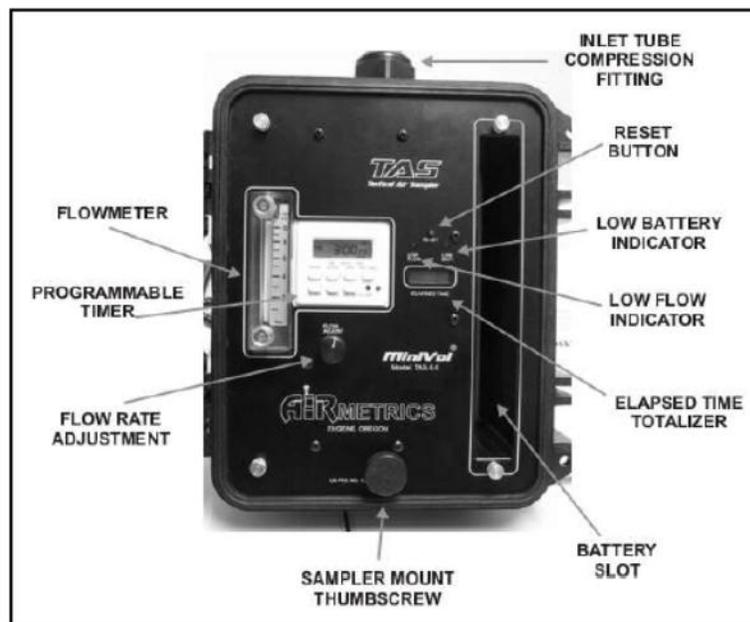


Figure 3.1 - Sampler Layout

FIGURA N° 44: DETALLE DE LAS FUNCIONES DISPONIBLES PARA EL PROCEDIMIENTO DE MONITOREO (FUENTE: FICHA TÉCNICA DEL MINIVOL TAS).

ii. Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), mediciones

El monitoreo de COVs en aire extramuros se realizó mediante uso de monitores de vapores orgánicos (OVM)⁹⁴, específicamente el modelo 3M 3500. El monitor de vapor orgánico (OVM) consta de una membrana hidrofóbica permeable a gases y COVs y una placa de carbón activado de unos 180mg montados en una matriz plástica. La sección del área por la cual difunden y adsorben los COVs es aproximadamente de 7,07mm² y la distancia de difusión es aproximadamente 1cm. En la Figura N° 45 se muestra una imagen de un monitor 3M 3500 y una representación esquemática de su configuración (185).



FIGURA N° 45: 3M 3500 UTILIZADO EN ESTE ESTUDIO (DIMENSIONES 50MM X 30MM, FUENTE: FICHA TÉCNICA DE MONITOREADORES ORGÁNICOS 3M).

El modelo OVM 3M-3500 usa un adsorbente de carbono vegetal. Son dispositivos simples y eficaces que recogen contaminantes por difusión, para luego desorberlos con solventes adecuados e inyectados en un cromatógrafo de gases. Cumplen con las exigencias de exactitud de la OSHA⁹⁵ del $\pm 25\%$ en el nivel de confianza del 95% para los contaminantes más representativos (185-188).

La concentración media C de cada componente (en $\mu\text{g}/\text{mm}^3$) durante el intervalo de muestreo se calculó según la fórmula adoptada en el Boletín de Aplicación de 3M (185).

Muestreo extramuro. Procedimiento experimental:

Se desarrolló un monitoreo extramuro durante el período 2014-2016, colocando equipos monitores pasivos (3M 3500) en tres de los sitios indicados anteriormente:

⁹⁴ OVM: Monitores de vapores orgánicos 3510 con análisis incluido de 3M (MR), este monitor utiliza una única oblea de carbón absorbente para recoger los vapores orgánicos. Precisión de $\pm 25\%$ a un nivel de confianza del 95% para la mayoría de los contaminantes. Página comercial: https://www.3m.com.mx/3M/es_MX/inicio/todos-los-productos-3m/~Monitor-para-Vapores-Org%C3%A1nicos-3510-con-an%C3%A1lisis-incluido-de-3M-MR-/?N=5002385+3294770266&rt=rud octubre 2018.

⁹⁵ OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. Departamento de Trabajo de los EE.UU.

- La Facultad de Ingeniería UNLZ (FI), en el predio del Rectorado, Avda. Juan XXIII y Ruta Provincial N°4, Lomas de Zamora.
- Indelama SRL, carpintería industrial cuyo predio es sede del primer ciclo de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria "Ing. Giúdice", P. Suarez 349, Montegrande.
- El Sector Industrial Planificado de Alte. Brown, o Parque industrial Burzaco, L.M. Drago y J. Melián, Burzaco.

El período de muestreo fue de 30 días, período que permite alcanzar la sensibilidad adecuada, y obtener una muestra integrada de la concentración de exposición para quienes habitan en ese lugar. En todos los casos se dispusieron a cubierta de la lluvia, entre 1,5m a 2,0m de altura (6, 7, 57, 62, 87, 180). Como referencia de las variables meteorológicas se adoptan los datos provenientes de la Estación Meteorológica de Ezeiza del Servicio Meteorológico Nacional⁹⁶.

Análisis de COVs por cromatografía gaseosa con detección FID:

Fue utilizado un método de separación y cuantificación para 20 COVs (n-hexano, n-decano, n-dodecano, ciclohexano, metilciclohexano, tricloroetileno, tetracloroetileno, metiletilcetona, metilisobutilcetona, 2-hexanona, benceno, tolueno, etilbenceno, m-xileno, p-xileno, o-xileno, estireno, naftaleno, cumeno y limoneno), mediante el uso de soluciones estándares de los mismos y la optimización de las condiciones cromatográficas de modo de obtener un tiempo de análisis razonable.

El equipamiento y las condiciones óptimas establecidas para la realización de los análisis son las siguientes: cromatógrafo gaseoso Agilent serie 6890N, columna zebron ZB-624 de 30m x 320µm x 1,80µm, detección FID (250°C), rampa de temperatura: 35°C, 7min.; incremento de 4°C/min. hasta 80°C durante 1min.; nueva rampa de 6°C/min. hasta 160°C durante 3min. (tiempo total 36min.). Inyector modo Split (relación 1:1, 145°C), carrier hidrógeno, caudal de columna 3,7ml/min, programa de adquisición de datos ChemStation revisión A.08.03.

En la Tabla N° 9, se muestran los valores obtenidos en los parámetros cromatográficos típicos como t_R , número de platos medio de la columna y altura equivalente de plato teórico medio (7, 189, 190).

⁹⁶ SMN: Servicio Meteorológico Nacional <http://www.smn.gov.ar>

Compuesto	t_R (minutos)	N	H
n-Hexano	5.109		
Metiletilcetona	6.189		
Cloroformo	6.610		
Ciclohexano	6.768		
Tetracloruro de carbono	7.034		
Benceno	7.480		
1,2-Dicloroetano	7.635		
Tricloroetileno	8.903		
Metilciclohexano	9.146		
Metilisobutilcetona	12.037		
Tolueno	12.160		
Percloroetileno	13.626	67472	0.446
2-Hexanona	14.561		
Etilbenceno + m-Xileno	16.801		
p-Xileno	17.209		
o-Xileno	18.482		
Estireno	18.614		
Cumeno	19.920		
n-Decano	22.366		
Limoneno	24.015		
n-Dodecano	29.174		
Naftaleno	30.440		

Referencias: N = número de platos teóricos promedio

H = altura equivalente de plato teórico promedio (mm/plato).

TABLA N° 9: VALORES OBTENIDOS EN LAS CONDICIONES DESCRIPTAS PARA LOS PARÁMETROS CROMATOGRÁFICOS MÁS REPRESENTATIVOS.

El rango de linealidad para el sistema utilizado (CG-FID) quedó comprendido entre 1 y 100mg/L en la inyección, en la Tabla N° 10 se muestran los valores límites de detección en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada analito. La concentración media C de cada componente (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) durante el intervalo de muestreo se calculó según la fórmula adoptada en el Boletín de la aplicación de 3M (185, 189, 190).

$$C = \frac{m A}{r t}$$

Donde m es la masa absoluta del contaminante adsorbido (en μg), t es el intervalo de tiempo muestreado (en minutos), r el factor de recuperación y A es una constante que incluye el coeficiente de difusión del contaminante, el área de difusión en la pastilla de carbón activado y la distancia de difusión dentro del muestreador 3M.

Compuesto	LD
n-Hexano	0.28
Metiletilcetona	0.51
Cloroformo	0.50
Ciclohexano	0.31
Tetracloruro de carbono	0.74
Benceno	0.18
1,2-Dicloroetano	0.64
Tricloroetileno	0.53
Metilciclohexano	0.43
Metilisobutilcetona	0.38
Tolueno	0.39
Percloroetileno	1.11
2-Hexanona	0.47
Etilbenceno + m-Xileno	0.38
p-Xileno	0.49
o-Xileno	0.50
Estireno	1.89
Cumeno	0.51
n-Decano	0.60
Limoneno	0.41
n-Dodecano	0.47
Naftaleno	0.79

TABLA N° 10: LÍMITES DE DETECCIÓN PARA CADA ANALITO (LD, EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Se procedió a determinar experimentalmente el factor de recuperación (r) para cada analito. La desorción de los analitos de la matriz del monitor se llevó a cabo con una mezcla de diclorometano: metano (50:50). Para la determinación de cada factor de recuperación se utilizó la técnica estandarizada (185, 189, 190). El método consiste en colocar sobre el monitor de un disco de 2cm de diámetro de Wathman N° 1 de papel de filtro, luego se impregna de una solución que contenga los COVs de concentración conocida; se mantuvo a temperatura ambiente durante 48hs. después de cerrar herméticamente el monitor. Posteriormente se procede a desorber los analitos presentes en la matriz adsorbente (carbón activado) en series de 6 monitores, con 1ml de mezcla diclorometano (50%)- metanol (50%). Todos fueron sometidos a agitación mecánica de 10 minutos, 60 ciclos por minuto. Luego de 15 minutos de reposo, se procedió a la extracción de muestras para inyectar en el CG⁹⁷. En la Tabla N° 11 se muestran los factores de recuperación obtenidos.

Los estándares fueron adquiridos a la firma Accustandard de 20mg/ml en metanol cada uno (Chemicals referente estándar), el diclorometano (J.T.Baker, 99,8%) y el metanol (Mallinckrodt, 99,9%).

⁹⁷ CG: Cromatógrafo gaseoso.

Compuesto	r	σ
n-Hexano	1.022	0.013
Metiletilcetona	1.030	0.014
Cloroformo	0.964	0.038
Ciclohexano	0.923	0.007
Tetracloruro de carbono	1.030	0.017
Benceno	0.712	0.006
1,2-Dicloroetano	0.981	0.010
Tricloroetileno	0.981	0.010
Metilciclohexano	0.923	0.007
Metilisobutilcetona	1.011	0.010
Tolueno	0.756	0.005
Percloroetileno	0.660	0.013
2-Hexanona	1.000	0.010
Etilbenceno + m-Xileno	0.893	0.018
p-Xileno	0.692	0.007
o-Xileno	0.683	0.018
Estireno	0.254	0.006
Cumeno	0.923	0.007
n-Decano	1.000	0.013
Limoneno	0.923	0.007
n-Dodecano	1.000	0.013
Naftaleno	0.712	0.006

Referencias: r: factor de recuperación; σ : desviación estándar
 TABLA N° 11: FACTORES DE RECUPERACIÓN POR ANALITO.

b) Efectos sobre la salud

i. Espirometrías forzadas

La medición objetiva de la función pulmonar se determina mediante la espirometría. Este es un ensayo clínico que permite medir el volumen de aire que un individuo inhala o exhala en función del tiempo; también permite medir flujos o la tasa de cambio de volumen en función del tiempo. Con los datos individuales que se obtienen se realiza un análisis estadístico de modo de caracterizar posibles afectaciones en la salud respiratoria (179, 191-194).

Una espirometría forzada es una exploración en la que a partir de una inspiración máxima se solicita realizar una espiración fuerte y sostenida, durante la cual se miden el volumen y la velocidad del aire espirado, con el máximo esfuerzo posible durante al menos seis (6) segundos.

Normativa para la espirometría forzada: (191, 192, 195, 196)

Cada individuo es medido, descalzo y con la espalda apoyada en el tallímetro; pesado, con ropa ligera, y se preguntará su fecha de nacimiento para calcular la edad en el día en que se realiza la prueba. La espirometría forzada es realizada por el paciente sentado erecto, con la nariz ocluida

por pinzas. La espirometría supondrá siempre un mínimo de tres maniobras de espiración forzada, y un máximo de ocho cuando no sean juzgadas adecuadas.

Para lograr una buena espirometría debe vigilarse de manera especial que el esfuerzo del paciente haya sido máximo, que el comienzo haya sido bueno y que no haya producido tos ni maniobra de Valsalva por cierre de glotis⁹⁸. Hay que poner particular atención en evitar una finalización excesivamente temprana de la espiración, lo que se detectaría en el extremo de la curva que alcanzaría demasiado perpendicular la línea horizontal de base.

Los parámetros espirométricos que se tienen en cuenta para el análisis estadístico incluyen:

- **FVC [l]**: Capacidad Vital Forzada: volumen de aire expulsado durante toda la espiración.
- **FEV1 [l]**: Volumen Espiratorio Forzado en el 1er. segundo: volumen expulsado durante el primer segundo de espiración.
- **FEV1/FVC [%]**: relación porcentual entre los parámetro anteriores.
- **FEF25-75% [l/s]**: Flujo Mesoexpiratorio Forzado: flujo máximo a la mitad de la espiración o flujo espiratorio entre el 25% y el 75% de la FVC.

A esto se suman tres parámetros antropométricos: Edad, Peso y Talla, obtenidos en el momento de realizar las pruebas.

Criterios de aceptabilidad:

Antes de la interpretación de los resultados de una espirometría es necesario comprobar si la misma ha sido realizada correctamente. Para ello se recurre a los “criterios de aceptabilidad” propuestos por la normativa para la espirometría forzada recomendada por SEPAR, ERS o ATS⁹⁹, realizando un mínimo de tres maniobras y un máximo de ocho cuando éstas no sean juzgadas adecuadas para que una espirometría sea aceptable (192, 195, 196, 227). Para que una espirometría forzada sea aceptable se considerará su inicio, transcurso y finalización:

- 1- El **Inicio** debe ser rápido y sin vacilaciones. El principal criterio de inicio adecuado exige un volumen de extrapolación retrógrada (punto de la curva donde el tiempo vale cero,

⁹⁸ Maniobra de Valsalva: consiste en una inspiración y luego una espiración forzada contra la glotis cerrada o por extensión a una resistencia, de lo cual se desprenden dos métodos, uno a) no instrumental donde el paciente inspira y “puja” durante 10 a 15 segundos, soltando el aire bruscamente y otro b) instrumentado, donde el paciente sopla una boquilla conectada a una columna de mercurio hasta alcanzar 40-60mmHg, manteniendo este nivel de presión durante 10 a 15 segundos y posteriormente se libera por una válvula dejando escapar el aire bruscamente. Antonio María Valsalva (1666-1723) médico italiano, publicó en 1704 su Tratado sobre el oído humano, donde explica detalladamente la maniobra inicialmente pensada para aliviar la presión de las trompas de Eustaquio y posiblemente para la eliminación de pus del oído medio (Fuente: Trabajo de revisión: La maniobra de Valsalva. Una herramienta para la clínica. Carlos Alberto Trejo Nava. Hospital General Regional N°72, Instituto Mexicano del Seguro Social. Rev. Mex. Cardiol. Vol.24 N°1. México, ene./mar.2013)

⁹⁹ SEPAR: Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica.

ERS: European Respiratory Society.

ATS: American Thoracic Society.

VBE) inferior a 0,15l o al 5% de la FVC. Como criterio adicional para valorar el inicio de la maniobra, se puede utilizar el tiempo en alcanzar el flujo espiratorio máximo (PET), que debe ser inferior a los 120s. Si es mayor se repite la maniobra con soplido más rápido.

- 2- El **transcurso** de la maniobra espiratoria debe ser continuo, sin artefactos ni evidencias de tos en el primer segundo que podrían afectar el FEV1. Para verificarlo, debe observarse tanto la gráfica de volumen-tiempo como la de flujo-volumen. En caso de no obtener un transcurso de maniobra correcto, generalmente debido a tos o a una excesiva presión y cierre de la glotis, se repite la maniobra más relajada (sin dejar de soplar fuerte).
- 3- La **finalización** no debe mostrar una interrupción temprana ni abrupta de la espiración, por lo que los cambios de volumen deben ser inferiores a 0,025l durante ≥ 1 s. La maniobra debe tener una duración no inferior a seis (6) segundos. En caso de una mala finalización, se pedirá no parar hasta que se indique.

Repetibilidad: Es un criterio más para la aceptación de la espirometría. La diferencia entre las dos mejores FVC y FEV1 aceptables debe ser inferior a 0,15l. En pacientes con una FVC menor de 1l, se recomienda utilizar un criterio de repetibilidad $< 0,10$ l.

Selección de los resultados: Se seleccionará la mayor FVC y el mejor FEV1 de todas las maniobras aceptables y sin artefactos, aunque sus valores no provengan de la misma maniobra. El resto de los parámetros, se obtendrá de aquella curva aceptable donde la suma de los valores de FVC y FEV1 alcance su valor máximo.

Una maniobra será considerada aceptable cuando no existan errores en el inicio, transcurso ni finalización. Como criterio indispensable, las dos mejores espiraciones de las tres mejores curvas aceptables no deberán variar entre sí más de 200ml de la FVC o de la FEV1.

Para realizar las maniobras espirométricas, se utilizó un espirómetro DATOSPIR-120, es un equipo de adquisición de señales físicas y procesador de la información que proporciona la señal relacionada con la función pulmonar. Dispone de un transductor de turbina que realiza la función de transducción en dos fases: el volumen que se desea medir atraviesa la turbina e imprime un giro del rotor de ésta y que es proporcional a dicho volumen. Este giro del rotor se detecta por la interrupción de un haz de luz infrarrojo cuyo sensor convierte la luz recibida en señal eléctrica de tipo digital, directamente proporcional al volumen de fluido que atraviesa la turbina y la constante de proporcionalidad depende de la forma física de la misma. Un programa de control es el encargado de que el tratamiento de las señales de las espirometrías cumpla las normas aplicables, atendiendo especialmente a los cálculos de:

- Identificación del inicio de la espiración: el inicio de la prueba se determina por el rebasamiento de un nivel mínimo de flujo, aproximadamente 100ml/s aunque de todos modos no se desechan los valores inmediatamente anteriores.
- Extrapolación retrógrada: la determinación del inicio de la maniobra de FVC se efectúa mediante la extrapolación retrógrada según los criterios ATS y SEPAR (191-192, 195-196).

Trabajo de campo:

En una etapa inicial (a fines de octubre de 2014) se trabajó con el ciclo superior de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria Ing. Carlos Giúdice, ubicada en el predio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, contando a tal efecto con la autorización de su Director, Técnico Superior Ricardo Marcelo Bertoglio, y el acompañamiento de los docentes y los estudiantes de la misma.

El apoyo de la Escuela resulta fundamental como espacio de articulación para la implementación de las encuestas, las espirometrías y el monitoreo. En esta instancia se realizaron unas 76 espirometrías totales, 71 correspondientes a los estudiantes de 4to., 5to. y 6to. año, además de cinco (5) docentes. En la Figura N° 46 se indica la ubicación de los domicilios de los alumnos en los casos que lo dejaron escrito en la encuesta.

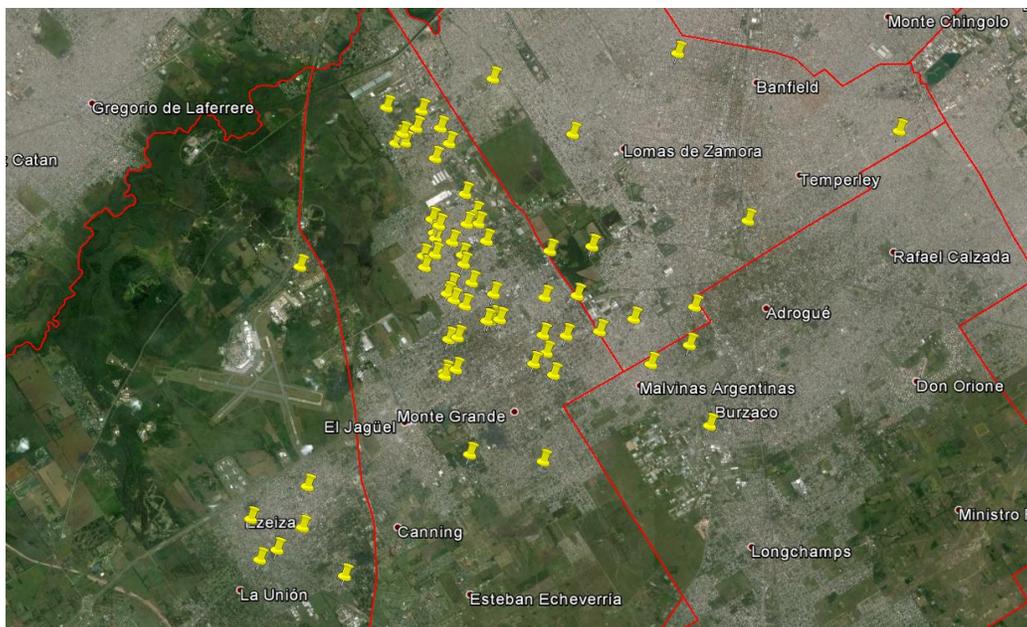


FIGURA N° 46: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS DOMICILIOS DE LOS ALUMNOS QUE PARTICIPARON EN LA MUESTRA PERTENECIENTES AL CICLO SUPERIOR DE LA ESCUELA TECNOLÓGICA PREUNIVERSITARIA (ELABORACIÓN PROPIA SOBRE GOOGLE EARTH).

En la segunda etapa (a fines de septiembre de 2016), se trabajó con los alumnos del primer ciclo de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria Ing. Carlos Giúdice, ubicada en el predio de Indelama SRL¹⁰⁰, contando a tal efecto con la autorización de su Directora, Licenciada Estela Campos, y el

¹⁰⁰ Indelama SRL: es una carpintería en cuyo predio se encuentran las instalaciones del ciclo inicial de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria Ing. Carlos Giúdice. A partir de un convenio marco celebrado entre la Facultad de Ingeniería de la UNLZ con esta institución industrial (que construyó las instalaciones y se encarga de proveer los recursos e infraestructura) fue creada la primera escuela media tecnológica del país, con orientación en robótica y mecatrónica. Los alumnos egresan con el título de Bachiller en Tecnología Industrial. La planta tiene un predio de 24.000m² y 9.200m² cubiertos.

acompañamiento de los docentes y estudiantes de la misma. En este caso se realizaron unas 94 espirometrías totales, 91 correspondientes a los estudiantes de 1ro., 2do. y 3er. Año, además de tres (3) docentes.



FIGURA N° 47: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS DOMICILIOS DE LOS ALUMNOS QUE PARTICIPARON EN LA MUESTRA PERTENECIENTES AL CICLO BÁSICO DE LA ESCUELA TECNOLÓGICA PREUNIVERSITARIA, QUE FUNCIONA EN INDELAMA SRL. (ELABORACIÓN PROPIA SOBRE GOOGLE EARTH).

Para cada participante se realizaron como mínimo tres ensayos, aceptando solo aquellos que cumplieran con los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad reconocidos internacionalmente¹⁰¹. Se consideró significativo si el VEF1¹⁰² era mayor al 12%. Las espirometrías se realizaron en la escuela, previo consentimiento firmado de los padres. Junto con las espirometrías se relevaron también peso, talla, edad y otros datos complementarios para evaluar los datos obtenidos (179, 191-194).

La Figura N° 47 muestra la ubicación de los domicilios de los alumnos que lo indicaron en las encuestas, se ve un pequeño recuadro apartado de un alumno que viaja desde Cañuelas.

¹⁰¹ De la American Thoracic Society (ATS, www.thoracic.org), la European Respiratory Society (ERP, www.ersnet.org) (<http://dev.ersnet.org/>) y la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR, www.hca.es).

¹⁰² VEF1: Volumen espiratorio forzado en el primer segundo.

ii. Encuesta epidemiológicas

Con el objeto de recabar información referida a los factores de exposición y socio-económicos, se aplicaron breves cuestionarios desarrollado en bases a las recomendaciones y criterios internacionales (ISSAC, GINA)¹⁰³ y en base a la propia experiencia del equipo del CIMA¹⁰⁴. Estos cuestionarios incluyen datos de los participantes, historia clínica (individual y familiar), características de la zona de residencia, de la vivienda, datos demográficos del grupo familiar y las autorizaciones correspondientes para la realización de la encuesta y la espirometría, contando con la aprobación del Comité Consultivo de Bioética de la Universidad Nacional de La Plata (193, 197-200). Las planillas para la carga de datos fueron confeccionadas mediante el programa Epi Info (Epi7).

Como se explicó en el apartado anterior, la tarea se realizó en dos etapas. En la primera fue posible relevar 91 encuestas en el Ciclo Superior de la Escuela, correspondientes a los alumnos de 4to., 5to. y 6to. año, además de 5 docentes. Las mismas fueron georreferenciadas, en aquellos casos en que se consignaron los domicilios, a efectos de considerar su ubicación dentro de la región de estudio (Ver Figuras N°46 y 47).

En la segunda etapa, fue posible relevar 94 encuestas correspondientes a los estudiantes de 1ro., 2do. y 3er. año, además de 4 docentes.

Respecto de las encuestas, además de contar con el espacio para solicitar el “Consentimiento” para la realización de Cuestionarios y del “Asentimiento” para la realización de la espirometría, en ella se solicitan los datos personales del participante del estudio, de la zona de residencia y vivienda familiar (protocolizado según INDEC), tendiente a identificar fuentes posibles de contaminantes en su domicilio y/o en la zona de residencia, junto con la situación socioeconómica familiar, la actividad escolar, ocurrencia de enfermedades anteriores (vinculadas con afecciones del sistema respiratorio) y de hábitos personales y familiares (tabaquismo entre otros). Un total de ocho (8) páginas. Estas encuestas se derivan de las aprobadas oportunamente por el Comité de Ética del Hospital de Niños de La Plata. En el Anexo I se adjunta un ejemplar de los formularios utilizados (178).

¹⁰³ ISSAC: The International Study of Asthma and Allergies in Childhood.

GINA: Global Initiative for Asthma

¹⁰⁴ CIMA: Centro de Investigaciones Medio Ambientales, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.

iii. Análisis de resultados obtenidos

1. Material particulado

Los valores de las medianas correspondientes al material particulado (MP_{10} , $MP_{2,5}$ y TSP) expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, fueron presentados en congresos de la especialidad se muestran en la Tabla N° 12 (178, 181).

Sitio	$MP_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Facultad de Ingeniería UNLZ (2015-2017)	17,7 (8,2-25,4)	41,4 (32,6-67,4)	41,0 (35,6-46,3)
Indelama (2016-2017)	14,67 (11,0-20,7)	54,4 (41,4-88,0)	64,3 (49,6-79,0)
Parque industrial (2017)	13,7	60,2	83,33
Sector urbano: centro Monte Grande (2017)	14,7	67,9	53,33

TABLA N° 12: VALORES OBTENIDOS PARA MP EN LOS DISTINTOS RELEVAMIENTOS.

Estos valores se encuentran dentro del rango habitual para áreas urbanas con elevada concentración de tránsito vehicular, en el caso de Facultad de Ingeniería (FI), ubicada a unos 250m de la intersección de dos de las principales arterias de la región: Ruta Provincial N° 4 (Camino de Cintura) y Avenida Juan XXIII; en el caso de Indelama SRL los valores relevados se encuentra en un lugar intermedio entre urbana e industrial. Respecto a la variación de los datos obtenidos en el mismo sitio, esta situación es habitual, debido a las variaciones meteorológicas estacionales, incluyendo como variables primordiales módulo y dirección de los vientos y la humedad del ambiente, como así también el hecho de que haya o no llovido recientemente.

En la Tabla N° 13 se presentan valores hallados en otras ciudades similares, también se colocan los normados por la OMS y los vigentes en la provincia de Buenos Aires (Ley N° 5.965 y Dec. Reglamentario N° 3.395/96).

Área	Lomas de Zamora	Tandil (a)	Bahía Blanca (b)	La Plata (c)	Valor guía OMS (d)	Ley N° 5.965 PBA (e)
PM₁₀ (µg/m³)						
Industrial	60,9	49.1	117.1	62.0	20	50
Urbana	67,9	24.8	138.1	31.5		
Residencial	41,4	37.7	52.9	33.8		
PM_{2,5} (µg/m³)						
Industrial	14,9	11.5	105.5	33.7	10	—
Urbana	14,7	15.75	58.0	18.0		
Residencial	17,7	7.0	32.0	18.2		

Referencias (a): Tandil (92), (b): Bahía Blanca (179), (c): La Plata(191, 182-183),
(d): OMS (201, 203), (e): Ley PBA (202)

TABLA N° 13: COMPARACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS DE MP CON SITIOS SIMILARES EN OTRAS CIUDADES.

Al analizar los datos presentados en la Tabla N° 13, se observa que los valores obtenidos en este trabajo sobrepasan en ambos casos a los indicados por la OMS para media anual de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\text{MP}_{2,5}$) y $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ (MP_{10}), sin embargo, respecto a las normas provinciales para MP_{10} ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$ para media anual), es superado solo por los valores obtenidos en el sitio Indelama SRL.

De todos modos los valores encontrados en Lomas de Zamora son muy similares a los encontrados en La Plata y Tandil, y menores a los correspondientes a Bahía Blanca, comparando estos sitios que tienen características similares. En definitiva podemos afirmar que la línea de base determinada para la zona de estudio se encuentra dentro de los valores obtenidos para otras ciudades equivalentes, como Tandil y La Plata.

Se puede hacer un análisis complementario a instancias de la directiva OMS para Europa y de la misma Comisión Europea, que clasifican la calidad del aire y el nivel de contaminación en función de rangos de concentraciones de MP_{10} , incluso asociando a los mismos el incremento de mortalidad, como se muestra en la Tabla N° 14.

En este caso, se observa cómo mientras los niveles de MP_{10} de FI se corresponden a una buena calidad del aire y contaminación normal, sin incremento de mortalidad asociado, el nivel encontrado en Indelama se corresponde con una pobre calidad de aire, contaminación elevada y un incremento de la mortalidad del 1,2%.

Rango MP ₁₀ (µg/m ³)	Calidad del aire (a)	Nivel de contaminación del aire	Incremento de mortalidad (b)	Datos Experimentales
0-25	Excelente	Bajo		
25-50	Bueno	Normal	0	Fac. Ingeniería (41,4)
50-75	Pobre	Elevado	1,2 %	Indelama (54,4).
75-100	Malo	Muy elevado	2,5 %	
100-150	Muy malo		5 %	

Referencias (a): Legislación europea (204), (b): WHO: guía para Europa (203)

TABLA N° 14: CONCENTRACIÓN DE MP₁₀ OBTENIDA COMPARADA CON NIVELES GUÍA PARA LA CALIDAD DE AIRE DE OMS Y UNIÓN EUROPEA.

En este caso, se observa cómo mientras los niveles de MP₁₀ de FI se corresponden a una buena calidad del aire y contaminación normal, sin incremento de mortalidad asociado; el nivel encontrado en zona industrial y zona urbana se corresponde con una pobre calidad del aire, contaminación elevada y un incremento de la mortalidad del 1,2%.

Los datos hallados para parque industrial (60,2µg/m³) y sector urbano-micro centro (67,9µg/m³) también se ubican en esta categoría, pero dado que se trata de un solo monitoreo, el dato es relativo y requiere de más relevamientos para su confirmación.

2. Compuestos orgánicos volátiles

Por otro lado, los valores obtenidos en COVs (2014-2016) se presentan en la Tabla N° 15. Estos valores, junto con el análisis de su significado para la salud pública, fueron presentados en reuniones de la especialidad (178, 181).

COVs (µg/m ³)	Fac. Ing. mayo 2014	P. Ind. Burzaco abril 2015	Fac. Ing. abril 2015	Indelama nov. 2015	Fac. Ing. sept. 2016	Indelama sept. 2016	Fac. Ing. Mediana
Alcanos	4,26	20,19	3,12	8,04	3,92	5,78	3,92
Compuestos clorados	0,08	7,40	1,15	1,74	1,30	7,54	1,15
BTEX	4,58	42,15	4,67	29,07	8,62	15,22	4,67
Benceno	0,40	2,72	0,38	1,30	0,48	0,68	0,40
Aldehídos y cetonas	0,09	0,95	0,05	0,12	0,07	0,30	0,07
COVs Totales	18,4	170,5	19,0	80,5	29,4	72,8	19,0

Referencias: BTEX: benceno, etilbenceno, tolueno, xilenos.

TABLA N° 15: VALORES OBTENIDOS PARA COVs EN LOS DISTINTOS RELEVAMIENTOS.

Se observa un gradiente asociado a las fuentes cercanas a cada sitio, por ejemplo si consideramos los COVs totales, los valores correspondientes al Parque Industrial son prácticamente seis a siete veces superiores a FI, mientras que los valores hallados para la escuela en Indelama presentan valores intermedios. Los valores obtenidos para benceno resultan de particular de particular interés (medianas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$): 2,7 (Parque Industrial); 1,3 (Indelama SRL) y 0,40 (FI).

Todos los valores resultan menores a los obtenidos en La Plata (2,2 – 3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), y por lo tanto, no generan incremento en el riesgo a cáncer por exposición a benceno cuando se aplica la metodología recomendada por la OMS para esa estimación (6, 7, 57, 62, 87, 180).

3. Espirometrías y encuestas

En primer lugar se destaca que si bien por cuestiones operativas se hizo el trabajo de campo en dos etapas, las espirometrías y encuestas del Ciclo Superior se realizaron a fines de octubre de 2014 y las correspondientes al Ciclo Básico se realizaron el a fines de septiembre de 2016¹⁰⁵, en principio hubiera resultado razonable desarrollar un análisis común con los datos obtenidos. Sin embargo, dados los niveles distintos encontrados en MP y COVs en las dos sedes de la Escuela Tecnológica Ing. C. Giúdice, nivel inicial en el predio de la carpintería Indelama SRL y nivel superior en la Facultad de Ingeniería de la UNLZ, se ha considerado más adecuado analizar ambos grupos por separado para enriquecer el debate de los resultados.

Según los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad de la maniobra espirométrica, fueron seleccionados para cada adolescente el mayor valor de FVC y FEV1 de todas las maniobras aceptables y sin artefactos, aunque sus valores no provengan de la misma prueba. El resto de los parámetros, se obtuvieron de aquella curva aceptable donde la suma de los valores de FVC y FEV1 alcanzó su máximo valor. El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS 20.0.

Se definió la unidad de análisis y sus criterios de inclusión y exclusión. Fueron incluidos todos aquellos jóvenes entre 12 y 18 años, de ambos sexos, residentes de la zona de estudio matriculados en la escuela, cuyos padres o tutores dieron el consentimiento, y los adolescentes su asentimiento, para participar del estudio; y que respondieron una encuesta.

Quedaron seleccionados los que no presentaban antecedentes de enfermedades respiratorias, cardiovasculares, neuromusculares, ni antecedentes de cirugías pulmonares; sin uso o requerimiento de medicación broncodilatadora, ni betabloqueantes; no tabáquicos, ni ex tabaquistas, y que no consuman drogas ilícitas.

¹⁰⁵ Las encuestas y espirometrías en el Ciclo Superior de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria (con sede en la Facultad de Ingeniería, UNLZ) fueron realizadas el 28 de octubre de 2014. En esta actividad participaron las Lic. Daniela Giuliani y Miriam Aguilar, ellas han realizado numerosas actividades de este tipo para investigaciones llevadas a cabo en La Plata por el CIMA. Las del Ciclo Básico fueron realizadas el 23 de septiembre de 2016, en ellas también participaron las mismas profesionales.

Se excluyeron los que aun teniendo el consentimiento informado no pudieron realizar la espirometría por falta de colaboración; y quienes con capacidades especiales no lograban realizar la prueba.

Las características generales de los datos obtenidos, se analiza mediante dos ensayos diagnósticos (191, 192, 195). En primer lugar el Diagnóstico de Miller, el cual de acuerdo a los criterios del cuadrante, presenta la información según un patrón Normal, Restrictivo, Obstructivo o Combinado.

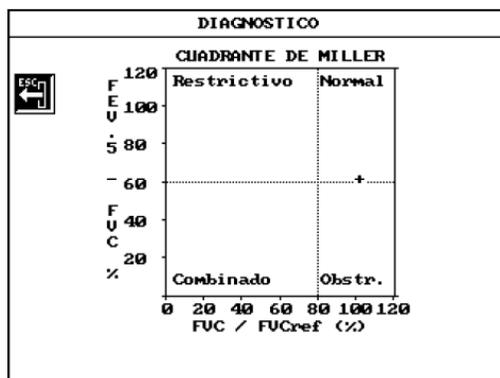


FIGURA N° 48: ESQUEMA DEL DIAGNÓSTICO CUADRANTE DE MILLER.

Luego se realizó Diagnóstico de Snider, Kory & Lyons, basado en los siguientes criterios:

- 1- Criterio de normalidad (valores en el rango normal)
 - $FVC > 80\%$ y $FEV1 > 80\%$ de referencia.
 - $FEV1/FVC\% < \text{Referencia } FEV1/FVC\%$ y $FEV1 < 80\%$ de la Referencia de FEV1.
- 2- Alteración ventilatoria de tipo Obstructivo
 - $FEV1 < 80\%$ la obstrucción es de tipo Ligera
 - $FEV1 < 65\%$ la obstrucción es de tipo Moderada
 - $FEV1 < 50\%$ la obstrucción es de tipo Intensa
 - $FEV1 < 35\%$ la obstrucción es de tipo Muy Intensa
 - $FEV1/FVC\% > \text{Referencia } FEV1/FVC\%$ y $FVC < 80\%$ de la Referencia de FVC
- 3- Alteración ventilatoria de tipo No Obstructivo
 - $FVC < 80\%$ la restricción es de tipo Ligera
 - $FVC < 65\%$ la restricción es de tipo Moderada
 - $FVC < 50\%$ la restricción es de tipo Intensa
 - $FVC < 35\%$ la restricción es de tipo Muy Intensa
 - Si $FEV1/FVC\% > \text{Referencia } FEV1/FVC\%$ y $FVC > 80\%$ de la Referencia de FVC
Se sospecha de alteración ventilatoria de tipo Mixto.
 - Si $FEV1/FVC\% < \text{Referencia } FEV1/FVC\%$ y $FEV1 > 80\%$ de la Referencia de FEV1
Se sospecha de alteración ventilatoria de tipo Mixto.

Análisis descriptivo general:

Distribución de Género según Escuela					
Escuela Tecnológica Preuniversitaria ing. Carlos Giúdice			Genero		Total
			Mujer	Hombre	
SEDES	F.I. UNLZ (15-18 años)	Recuento	23	45	68
		% dentro de Genero	53,5%	40,2%	43,9%
		% del total	14,8%	29,0%	43,9%
	Indelama SRL (12-15 años))	Recuento	20	67	87
		% dentro de Genero	46,5%	59,8%	56,1%
		% del total	12,9%	43,2%	56,1%
Total	Recuento	43	112	155	
	% dentro de Genero	100,0%	100,0%	100,0%	
	% del total	27,7%	72,3%	100,0%	

TABLA N° 16: DISTRIBUCIÓN DE PARTICIPANTES EN LAS ESPIRIOMETRÍAS SEGÚN UBICACIÓN DE SEDES DE LA ESCUELA TECNOLÓGICA PREUNIVERSITARIA (LOMAS DE ZAMORA 2014-2016).

Etapa 1 (sede Facultad de Ingeniería, UNLZ): estudiantes de 4to a 6to año.

Se realizaron 71 espirometrías a jóvenes de 15 a 18 años y 5 a adultos, en el mes de octubre de 2014. De las cuales se descartaron tres (3) espirometrías por presentar algún factor de exclusión.

El análisis estadístico se realizó con 68 espirometrías que cumplían los criterios de selección y de aceptabilidad. Se realizó un análisis exploratorio y descriptivo. Las variables discretas se analizaron según número de casos (N) y porcentaje (%), empleando frecuencias absolutas y relativas, y las variables continuas fueron analizadas con medidas de tendencia central, como el promedio +/- desviación estándar.

Análisis descriptivo:

En la Tabla N° 17 y las Figuras N° 49 y 50 se muestran los datos obtenidos, su distribución general y las relaciones entre ellos. En las Tablas N° 17, 18 y 19 se presenta el análisis descriptivo completo.

Genero del participante			
		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Mujer	23	33,8
	Hombre	45	66,2
	Total	68	100,0

TABLA N° 17: DISTRIBUCIÓN DE PARTICIPANTES EN LA SEDE FACULTAD DE INGENIERÍA, UNLZ.

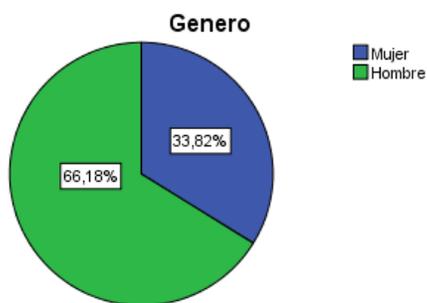


FIGURA N° 49: DISTRIBUCIÓN SEGÚN GÉNERO.

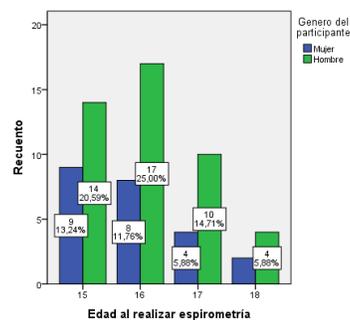


FIGURA N° 50: DISTRIBUCIÓN SEGÚN GÉNERO Y EDAD. SEDE FACULTAD DE INGENIERÍA, UNLZ.

Análisis descriptivo completo:

Estadísticos descriptivos :Escuela Tecnológica Preuniversitaria Ing. Carlos Giúdice Facultad de Ingeniería de UNLZ								
Genero		N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Amplitud Intercuartil	Intervalo Confianza
Mujer	FVC (l)	23	2,32	5,53	3,34	0,76	0,91	(3,01-3,67)
	FEV1 (l)	23	2,07	4,37	2,94	0,54	0,67	(2,70-3,18)
	FEF25%-75% (l/s)	23	2,35	5,43	3,56	0,82	1,27	(3,21-3,92)
	FEV1/FVC (%)	23	58,28	98,87	89,07	8,70	10,63	(85,31-92,83)
Hombre	FVC (l)	45	3,40	6,93	4,75	0,84	1,24	(4,50-5,01)
	FEV1 (l)	45	2,66	5,69	4,13	0,60	0,83	(3,95-4,31)
	FEF25%-75% (l/s)	45	2,32	7,06	4,66	0,80	1,43	(4,39-4,93)
	FEV1/FVC (%)	45	71,75	98,58	87,45	5,99	8,11	(85,65-89,25)

TABLA N° 18: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS SEGÚN GÉNERO. SEDE FACULTAD DE INGENIERÍA, UNLZ.

F.I UNLZ	Mujer (N=23)		Hombre (N=45)	
	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.
Edad (años)	16,37	0,86	16,65	0,88
Peso (kg)	60,17	10,95	68,80	10,72
Talla (cm)	159,26	6,47	174,71	8,09
FVC (l) %	89,67	14,82	95,33	12,17
FEV1 (l)%	92,31	14,56	99,64	10,08
FEF25%-75% (l/s) %	93,42	22,97	102,07	19,00
FEV1/FVC (%) %	102,69	10,12	104,88	7,32

TABLA N° 19: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS (EDAD, TALLA, PESO) Y PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS (FVC, FEV1, FEF25-75, FEV1/FVC). SEDE FACULTAD DE INGENIERÍA, UNLZ.

Análisis de correlación

Consiste en determinar la efectiva y real relación lineal entre dos variables; la dependiente (parámetro espirométrico) y la independiente (variable antropométrica).

Para valorar la relación y el ajuste de los datos al modelo de regresión se seleccionó el Coeficiente de Correlación de Pearson y las Correlaciones significativas con una Prueba de Significación Bilateral.

Los resultados obtenidos, expresados como coeficiente de correlación de Pearson (r) por parámetros espirométricos con edad, talla y peso, se muestran a continuación.

F.I UNLZ	Mujeres - 15-18 AÑOS (N=23)				Hombres - 15-18 AÑOS (N=47)			
	FVC	FEV ₁	FEF ₂₅₋₇₅	FEV1/FVC	FVC	FEV ₁	FEF ₂₅₋₇₅	FEV1/FVC
EDAD	$r = -0,97$	$r = -0,047$	$r = -0,103$	$r = 0,076$	$r = 0,0262$	$r = 0,230$	$r = 0,118$	$r = -0,132$
	$p = 0,658$	$p = 0,830$	$p = 0,640$	$p = 0,730$	$p = 0,082$	$p = 0,129$	$p = 0,442$	$p = 0,388$
PESO	$r = 0,529^{**}$	$r = 0,388$	$r = 0,059$	$r = -0,406$	$r = 0,578^{**}$	$r = -0,623^{**}$	$r = 0,345^*$	$r = -0,141$
	$p = 0,010$	$p = 0,068$	$p = 0,788$	$p = 0,055$	$p = 0,000$	$p = 0,000$	$p = 0,020$	$p = 0,355$
TALLA	$r = 0,683^{**}$	$r = 0,487^{**}$	$r = -0,017$	$r = -0,513^*$	$r = 0,556^{**}$	$r = 0,587^{**}$	$r = 0,276$	$r = -0,154$
	$p = 0,000$	$p = 0,018$	$p = 0,938$	$p = 0,012$	$p = 0,000$	$p = 0,000$	$p = 0,067$	$p = 0,312$

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). ** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

TABLA N° 20: COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON (r) ENTRE PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y RESPIRATORIOS. SEDE FACULTAD DE INGENIERÍA, UNLZ.

Para comprobar si la distribución de los datos es normal, se realizaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla N° 21.

Pruebas de normalidad							
Parámetro	Género	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FVC (l)	Mujer	,158	23	,143	,861	23	,004
	Hombre	,090	45	,200*	,969	45	,259
FEV1 (l)	Mujer	,191	23	,030	,943	23	,206
	Hombre	,052	45	,200*	,993	45	,996
FEF25%- 75% (l/s)	Mujer	,082	23	,200*	,968	23	,641
	Hombre	,096	45	,200*	,977	45	,519
FEV1/FVC (%)	Mujer	,183	23	,044	,810	23	,001
	Hombre	,058	45	,200*	,985	45	,834

* Límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de Lilliefors¹⁰⁶.

TABLA N° 21: PRUEBA DE NORMALIDAD. SEDE FACULTAD DE INGENIERÍA, UNLZ.

En la Figura N° 51 se representan los valores de FVC según género. Allí se observa un mayor valor en la mediana para “hombre” que para “mujer” (3,46 > 3,15). Incluso en hombre se observa simetría de los datos con relación a la mediana. La longitud de los bigotes, en “mujeres” presentan menos variación de los datos a ambos lados de la mediana, (amplitud intercuartílica 0,91 < 1,24). Se observan valores extremos y/o outliers para el caso de las mujeres, los cuales deberán analizarse.

En la Figura N° 52 (FEV1) se observa simetría de los datos con relación a la mediana, pero mayor dispersión para “hombre”. La longitud de los bigotes, es inferior para las mujeres evidenciando una menor variación en los valores individuales. La amplitud intercuartílica (longitud de la caja que comprende al 50% de las observaciones) analizadas, es mayor para “hombre” (0,83 > 0,67). Se observa un valor extremo y/o outlier para el caso de las mujeres, el cual deberá analizarse.

¹⁰⁶ En estadística, la prueba de Kolmogorov-Smirnov permite comprobar si los datos provienen de una población con distribución normal. Si esta condición se cumple, se pueden estimar sus parámetros y sus valores críticos aplicando la corrección de significación propuesta por Lilliefors.

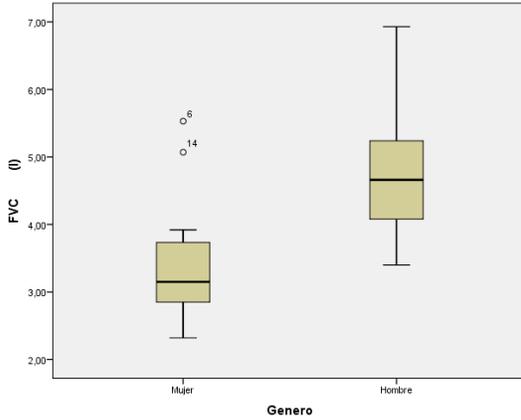


FIGURA N° 51: VALORES DE FVC SEGÚN GÉNERO.
SEDE FACULTAD DE INGENIERÍA, UNLZ.

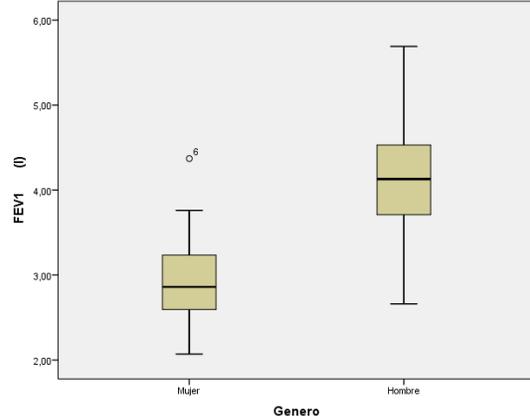


FIGURA N° 52: VALORES DE FEV1 SEGÚN GÉNERO.
SEDE FACULTAD DE INGENIERÍA, UNLZ.

Etapa 2 (sede Indelama SRL.): estudiantes de 1ro a 3ro año.

Se realizaron 94 espirometrías a jóvenes de 12 a 15 años y 4 a adultos, en el mes de septiembre de 2016. De las que se descartaron cuatro (4) espirometrías por presentar algún factor de exclusión.

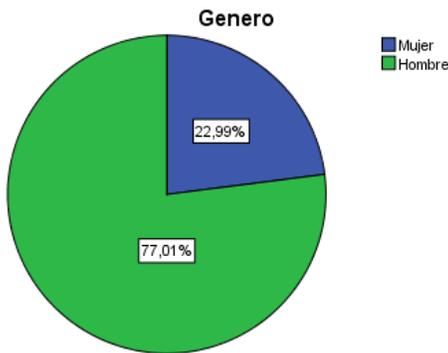


FIGURA N° 53: DISTRIBUCIÓN POR GÉNERO.

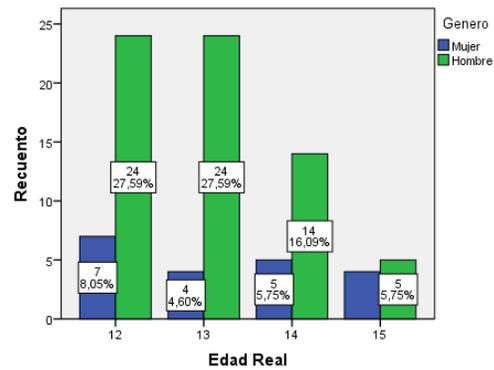


FIGURA N° 54: DISTRIBUCIÓN DE EDADES POR GÉNERO.
SEDE INDELAMA SRL.

Se puede observar que de las 87 espirometrías, el 22,99% (20) corresponden a mujeres y el 77,01% (67) a varones Figura N° 53.

Por otra parte, de los 31 estudiantes de 12 años: 7 (22,6%) son mujeres y 24 (77,4%) varones; 28 de 13 años: 4 (14,3%) son mujeres y 24 (85,7%) varones; para 14 años: 5 (26,3%) son mujeres y 14 (73,7%) varones y para 15 años: 4 (44,4%) mujeres y 5 (55,6%) varones, Figura N° 54.

Estadísticos descriptivos								
Genero		N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Amplitud Intecuartil	Intervalo Confianza
Mujer	FVC (l)	20	2,28	3,65	3,03	0,40	0,67	(2,84-2,22)
	FEV1 (l)	20	1,95	3,43	2,75	0,41	0,56	(2,55-2,94)
	FEF25%-75% (l/s)	20	1,78	5,56	3,45	1,00	1,29	(2,98-3,92)
	FEV1/FVC (%)	20	76,38	100,00	90,61	7,21	12,80	(87,23-93,98)
Hombre	FVC (l)	67	2,00	5,10	3,46	0,83	1,39	(3,26-3,65)
	FEV1 (l)	67	1,84	4,83	3,08	0,71	1,11	(2,91-3,26)
	FEF25%-75% (l/s)	67	1,75	6,76	3,69	0,99	1,30	(3,45-3,93)
	FEV1/FVC (%)	67	70,26	100,00	89,61	6,00	7,27	(88,14-91,08)

TABLA N° 22: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS (EDAD, TALLA, PESO) Y PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS (FVC [l], FEV1 [l], FEF25-75 [l/s], FEV1/FVC) EN JÓVENES 12-15 AÑOS, SEDE INDELAMA SRL.

Indelama SRL	Mujer (N=20)		Hombre (N=67)	
	Media	Desv. típ.	Media	Desv. típ.
Edad (años)	13,63	1,04	13,53	0,86
Peso (kg)	61,65	13,39	60,39	16,06
Talla (cm)	162,45	5,35	163,90	9,63
FVC (l) %	80,90	7,72	82,44	15,59
FEV1 (l)%	84,97	10,01	89,09	14,09
FEF25%-75% (l/s) %	89,70	25,75	98,48	20,63
FEV1/FVC (%) %	104,36	8,29	108,66	7,49

TABLA N° 23: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS (EDAD, TALLA, PESO) Y PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS (FVC [%], FEV1 [%], FEF25-75 [%], FEV1/FVC [%]) EN JÓVENES 12-15 AÑOS, SEDE INDELAMA SRL.

El análisis descriptivo que se presenta en la Tabla N° 22 permite caracterizar la distribución de la población en función del género, edades, talla y peso, poniendo en evidencia que *a priori* son poblaciones comparables, sin embargo hay que manejar los datos con cuidado dado que los N por género son muy diferentes. Para profundizar el análisis se requieren estudios complementarios incluyendo una población mayor.

Análisis de correlación

Coefficiente de correlación de Pearson (r) por parámetros espirométricos con edad, talla y peso.

Indelama SRL	Mujer - 12-15 AÑOS (N=20)				Hombre - 12-15 AÑOS (N=67)			
	FVC	FEV ₁	FEF ₂₅₋₇₅	FEV1/FVC	FVC	FEV ₁	FEF ₂₅₋₇₅	FEV1/FVC
EDAD	r= 0,110	r= 0,279	r= 0,297	r= 0,399	r= 0,375**	r= 0,428**	r=0,470**	r= -0,081
	p= 0,645	p= 0,234	p= 0,204	p= 0,081	p=0,002	p=0,000	p=0000	p= 0,514
PESO	r= 0,779**	r= 0,661**	r= 0,240	r= -0,048	r= 0,594**	r=0,627**	r= 0,514**	r=-0,009
	p= 0,000	p= 0,002	p= 0,307	p= 0,840	p=0,000	p=0,000	p=0,000	p=0,944
TALLA	r= 0,340	r= 0,391	r= 0,203	r= 0,186	r= 0,701**	r= 0,755**	r= 0,610**	r= 0,050
	p= 0,142	p= 0,089	p= 0,390	p= 0,432	p=0,000	p=0,000	p=0,000	p= 0,686

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)

* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral)

TABLA N° 24: COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON (r). SEDE INDELAMA SRL.

Pruebas de normalidad							
	Genero	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FVC (l)	Mujer	,165	20	,159	,939	20	,231
	Hombre	,097	67	,196	,971	67	,114
FEV1 (l)	Mujer	,121	20	,200*	,961	20	,568
	Hombre	,052	67	,200*	,980	67	,345
FEF25%-75% (l/s)	Mujer	,085	20	,200*	,982	20	,954
	Hombre	,074	67	,200*	,975	67	,202
FEV1/FVC (%)	Mujer	,137	20	,200*	,924	20	,116
	Hombre	,090	67	,200*	,967	67	,073

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de la significación de Lilliefors

TABLA N° 25: PRUEBA DE NORMALIDAD. SEDE INDELAMA SRL.

En la Figura N° 55 se representan los valores de FVC según género. Allí se observa un mayor valor en la mediana para “hombre” que para “mujer” (3,46 > 3,03). Incluso en “hombre” se observa simetría de los datos con relación a la mediana. La longitud de los bigotes, en “mujeres” presentan menos variación de los datos a ambos lados de la mediana, (amplitud intercuartílica 0,67 < 1,39). En ningún caso hay valores extremos y/o outliers.

En la Figura N° 56 (FEV1) se observa simetría de los datos con relación a la mediana, pero con mayor dispersión para “hombre”. El bigote inferior en “hombres” presenta menor longitud que el superior, evidenciando una menor variación en los valores individuales respecto a los valores superiores. El comportamiento para la variable “mujer” es inverso. La amplitud intercuartílica (longitud de la caja que comprende al 50% de las observaciones) analizadas, es mayor para “hombre” (1,11 > 0,56). En ningún caso se observan valores extremos y/o outliers.

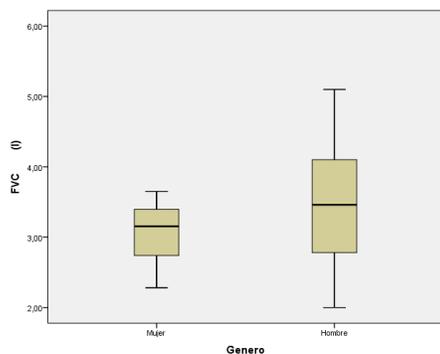


FIGURA N° 55: VALORES DE FVC SEGÚN GÉNERO.

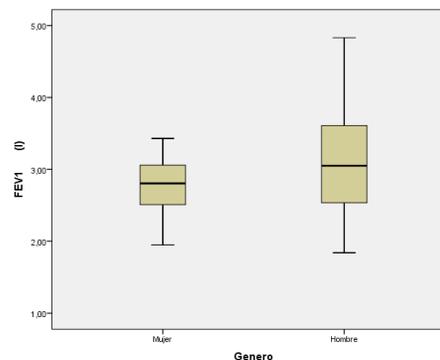


FIGURA N° 56: VALORES DE FEV1 SEGÚN GÉNERO. SEDE INDELAMA SRL.

Finalmente, en la Tabla N° 26 se presentan los valores comparativos por género considerando las poblaciones estudiantiles relevadas en ambas sedes.

	Sede F. Ing. (UNLZ)		Indelama	
	Mujer (N=23)	Hombre (N=45)	Mujer (N=20)	Hombre (N=67)
	Media (SD)	Media (SD)	Media (SD)	Media(SD)
Edad (años)	16,37 (0,86)	16,65 (0,88)	13,63 (1,04)	13,53 (0,86)
Peso (kg)	60,17 (10,95)	68,8 (10,729)	61,65 (13,39)	60,39 (16,06)
Talla (cm)	159,26 (6,47)	174,71 (8,09)	162,45(5,35)	163,9(9,63)
FVC (l) %	89,67 (14,82)	95,33 (12,17)	80,9 (7,72)	82,44(15,59)
FEV1 (l)%	92,31 (14,56)	99,64 (10,08)	84,97 (10,01)	89,09 (14,09)
FEF25%-75% (l/s) %	93,42 (22,97)	102,07 (19,00)	89,7(25,75)	98,48 (20,63)
FEV1/FVC (%) %	102,69 (10,12)	104,88 (7,32)	104,36 (8,29)	108,66 (7,49)

TABLA N° 26; VALORES COMPARATIVOS DE LAS DISTINTAS VARIABLES ANALIZADAS, POR GÉNERO, CONSIDERANDO LAS POBLACIONES ESTUDIANTILES RELEVADAS EN AMBAS SEDES.

Las diferencias entre los promedios por grupo eran de esperar dados sus diferentes rangos etarios y también diferentes niveles de MP y COVs detectados en cada sede.

Conclusión línea de base:

Con los datos obtenidos de COVs, MP, y espirometrías (junto a las encuestas) podemos realizar una caracterización general de la situación en la región de estudio. Si bien son pocos sitios monitoreados, dos de ellos se corresponden a lugares donde concurren a clase estudiantes del nivel secundario y universitario. En ese sentido, la posibilidad del estudio espirométrico permite corroborar específicamente si la exposición a contaminantes impacta en la salud respiratoria.

En función de los datos obtenidos, se puede afirmar que para el sitio Facultad de Ingeniería, tanto los valores de COVs como MP, se encuentran comprendidos en los valores normales y aceptados que no generan riesgo para la salud (ver Figura N° 57).



FIGURA N° 57: UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO EN LA SEDE FACULTAD DE INGENIERIA, UNLZ.



FIGURA N° 58: UBICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO EN LA SEDE INDELAMA SRL.

No ocurre lo mismo con el sitio Indelama donde se realiza el Primer Ciclo de la Escuela Técnica. En este caso los niveles de MP superan el nivel guía de la provincia de Buenos Aires (dentro del margen del error experimental), y se corresponde con una pobre calidad del aire y elevado nivel de contaminación.

Sin embargo se ha realizado solo una medición, por otra parte hay que tener en cuenta que el lugar donde se ubicó la MiniVol para realizar las tomas de muestras de MP está relativamente cerca de la puerta de acceso a los talleres de la carpintería de la empresa Indelama (entre el punto de monitoreo y el portón de acceso hay aproximadamente cinco metros, y el patio de juegos de la escuela se ubica a más de quince metros, ver Figura N° 58).

Los niveles de COVs totales superan los encontrados en la ciudad de La Plata, y se ubican más bien en el rango correspondiente al Polo petroquímico de Ensenada.

La situación del Parque Industrial Burzaco es más complicada aún, con niveles de COVs todavía superiores. Sin embargo, los valores de benceno en ninguno de los casos fueron superiores a los hallados en La Plata y alrededores, y esto permitiría asumir que no habría aporte al incremento de riesgo de cáncer por este factor.

De todos modos, el dato más relevante, en cuanto a impacto posible se refiere, se deduce de los datos obtenidos con las espirometrías. Para estos dos grupos de alumnos se encontraron todos los parámetros respiratorios dentro de los rangos normales para la edad, esto evidencia no afectación del sistema respiratorio.

Como próximos desafíos se presenta la necesidad de continuar con los monitoreos para completar la evaluación, en particular en el sitio Indelama SRL y en el Parque Industrial, completar el estudio de fuentes incorporando el parque automotor como así también realizar más encuestas y espirometrías para obtener una muestra estadística más sólida.

c) Mapa de riesgo dinámico

Evidentemente con los datos obtenidos en las muestras realizadas solo es posible hacer una foto borrosa del estado de contaminación atmosférica del Distrito de Lomas de Zamora más allá del esfuerzo y de la dedicación puesta por el equipo del CIGATe. Ya que la recolección de los datos depende fundamentalmente de la disponibilidad de los equipos que se consiguieron prestados del CIMA.

El CIMA (dependiente de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP), para un estudio de la ciudad de La Plata, solo con 76 muestras de COVs monitoreadas, logró hacer un mapa de riesgo para COVs combinando valores de concentración, meteorología y niveles de vulnerabilidad de la población, pero no dinámico.

La experiencia europea señala que para hacer mapas de contaminación confiables y dinámicos es necesario contar con una red de monitoreo continuo de datos meteorológico y de contaminantes. Esto requiere una gran cantidad de estaciones y personal técnico capacitado (Londres posee 65 estaciones dentro del conglomerado urbano, España estableció 600 estaciones de monitoreo y para principios de 2018 contaba con 4000 técnicos aproximadamente trabajando en esta problemática en todo el país, etc.).

En nuestro país contamos en la Región Metropolitana con dos estaciones de monitoreo continuo denominadas La Matanza – ACUMAR y Dock Sud – ACUMAR. Las mismas se pueden observar desde la página web Instan Cast y Now Cast, Calidad de Aire Mundial¹⁰⁷. Asimismo, como se indicara en capítulos anteriores (ver Figura Nº 22), la Ciudad Autónoma de Buenos Aires cuenta con tres estaciones de monitoreo continuo (La Boca, Córdoba y Centenario), aunque las mismas no están accesibles desde la página web aqicn.org.

¹⁰⁷ Página Índice de Calidad de Aire Mundial: <http://aqicn.org/map/world/> septiembre 2018.



FIGURA N° 59: ESTACIÓN DE MONITOREO LA MATANZA, ACUMAR. CAPTURA DE PANTALLA DE LA PÁGINA WEB AQICN.ORG

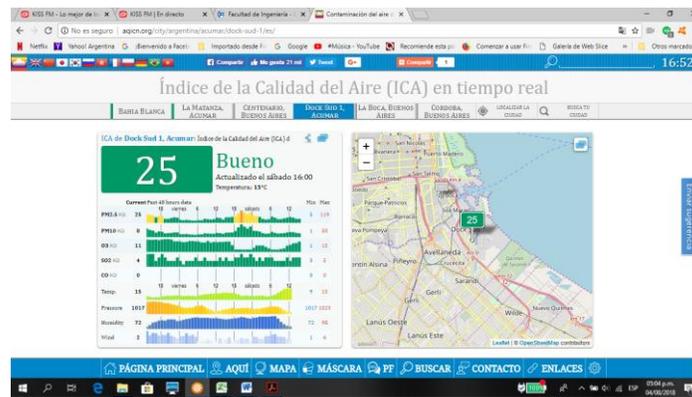


FIGURA N°60: ESTACIÓN DE MONITOREO DOCK SUD, ACUMAR. CAPTURA DE PANTALLA DE LA PÁGINA WEB AQICN.ORG

Más allá de lo descriptivo, lo que se debe rescatar es el sentido que tiene este esfuerzo de monitoreo. Con el monitoreo continuo de la calidad de aire en la región se podrían evaluar los resultados de las decisiones de políticas públicas sobre el control de contaminantes. Resulta necesario establecer una red de monitoreo, en nuestro país estamos lejos de ello y deberíamos comenzar por la revisión de la legislación y normativa vigente, para luego verificar el tipo de monitoreo a realizar y la disposición estratégica de la ubicación de las estaciones de monitoreo.

A partir de 2015 se reúnen en Beijing varios especialistas en medioambiente del Departamento de Estado de EE.UU. junto con la misión China (responsable de la ejecución de los monitoreos PM_{2,5} en la embajada de los EE.UU. en Pekín). Entre todos los temas abordados hay uno que se destaca, es el sistema “nowcast”. Este sistema es el utilizado por la EPA de EE. UU. para convertir las lecturas de contaminantes brutos, expresadas en µg/m³ o ppb, en el AQI (escala de 0 a 500). Se utiliza para todos los valores de AQI informados en el sitio web airnow.gov.

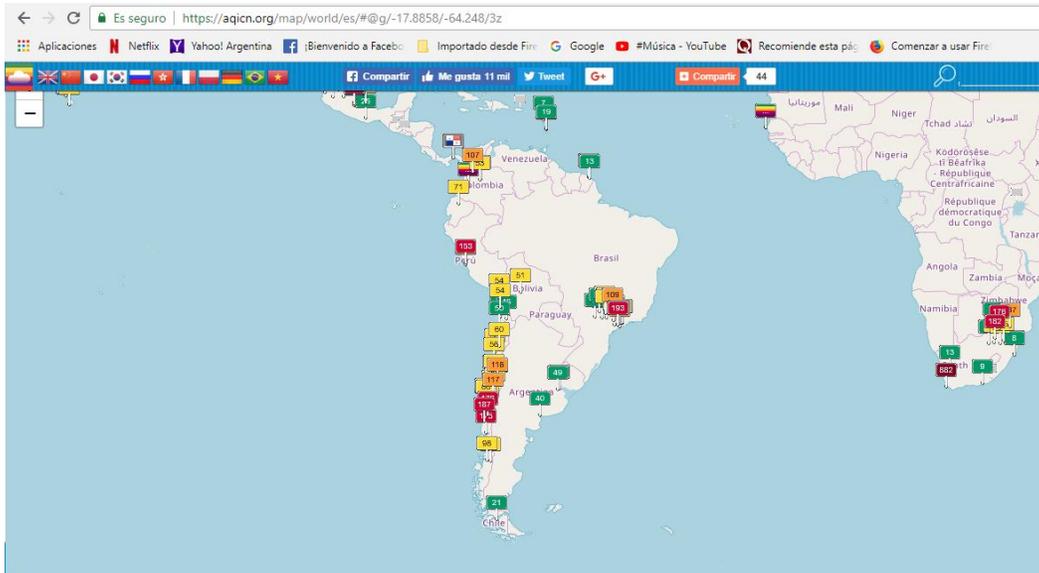


FIGURA N° 61: MAPA QUE MUESTRA LAS ESTACIONES DE MONITOREO EN FUNCIONAMIENTO EN SUD AMÉRICA.
(FUENTE: CAPTURA DE PANTALLA DE LA PÁGINA WEB AQICN.ORG).

El concepto detrás del “nowcast” es compensar el “promediado de 24 horas”, que se debe usar al convertir las concentraciones a AQI. La razón de este promedio es que la escala AQI específica que cada uno de los niveles de preocupación de salud (es decir, bueno, moderado, poco saludable para grupos sensibles, insalubre, muy poco saludable, peligroso) es válido en una exposición de 24 horas¹⁰⁸. Por ejemplo, al ver un 188 AQI (Insalubre), se debe leer como “si me quedo afuera durante 24 horas y el AQI es 188 durante esas 24 horas, entonces el efecto de salud no es saludable”. Esto es bastante diferente de decir que “si el AQI reportado ahora es 188, entonces el efecto de salud no es saludable” (133).

El AQI (Air Quality Index en castellano sería ICA: Índice de Calidad de Aire) es un índice para comunicar la calidad del aire diario. Informa cuan contaminado o no está el aire que se respira y los efectos sobre la salud que se pueden experimentar en unas horas o días de haber respirado ese aire con ese nivel de contaminación. La EPA calcula el AQI para cinco contaminantes del aire regulados por la Ley del Aire Limpio (esta ley data de 1970 pero tuvo enmiendas en 1977, 1990 y 2004)¹⁰⁹.

Estos contaminantes son: ozono a nivel del suelo (O_3 llamado también ozono troposférico), material particulado ($MP_{2,5}$ y PM_{10}), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2) y dióxido de nitrógeno (NO_2). Para cada uno de estos contaminantes la EPA estableció normas nacionales

¹⁰⁸ La duración de 24 horas se basa en décadas de estudios epidemiológicos utilizados para correlacionar la exposición a la contaminación del aire y el aumento del riesgo para la salud. Hay nuevos estudios epidemiológicos en curso para correlacionar el efecto de la exposición instantánea (es decir, la exposición de alrededor de 1 hora o menos), pero pueden pasar varios años antes de que sus resultados se conviertan en una nueva “escala AQI instantánea” oficial.

¹⁰⁹ <https://www.subsport.eu/substitution-in-legislation/us-clean-air-act?lang=es> octubre 2018.

para regularlos con el fin de proteger la salud de la población, los efectos de cada uno de ellos sobre la salud de las personas fueron descritos en el capítulo anterior. De todas formas podemos destacar que el ozono a nivel del suelo y el material particulado son los contaminantes que representan una mayor amenaza para la salud humana.

El AQI posee una escala que va de 0 a 500. Cuanto mayor sea el valor de AQI mayor será el nivel de contaminación y por lo tanto mayor el impacto sobre la salud. Un valor de AQI de 100 corresponde a niveles en el aire de contaminante que no afectan la salud humana, los valores de AQI por debajo de 100 son considerados valores razonables. Cuando el índice AQI supera el valor de 100 se considera que los niveles de contaminantes empiezan a incidir en la salud de las personas más sensibles.

El objetivo del índice AQI es que la lectura de los niveles de contaminación sea de fácil comprensión y rápida lectura. La escala está dividida en seis niveles y colores para ayudar a las diferentes comunidades a interpretar rápidamente si la contaminación está llegando a niveles que puedan dañar su salud, esta escala se detalla a continuación¹¹⁰:

- 0 a 50 **Bueno**: la calidad del aire se considera satisfactoria y la contaminación del aire presenta poco o ningún riesgo.
- 51 a 100 **Moderado**: la calidad de aire es aceptable; sin embargo para algunos contaminantes puede haber un problema de salud moderado para un número muy reducido de personas.
- 101 a 150 **No saludable para grupos sensibles** (niños, ancianos y personas con enfermedades pulmonares): Aunque no es probable que el público general se vea afectado en este rango de AQI, las personas con enfermedad pulmonar, los adultos mayores y los niños corren un mayor riesgo de exposición al ozono, así como las personas con problemas cardíacos y enfermedad pulmonar, los adultos mayores y los niños corren un mayor riesgo ante la presencia de partículas en el aire.
- 151 a 200 **Insalubre**; Todos pueden comenzar a experimentar algunos efectos adversos para la salud, y los miembros de los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves.
- 201 a 300: **Muy poco saludable**: Este nivel desencadenaría una alerta de salud que significa que todos pueden experimentar efectos de salud más graves.
- 300+ **Peligroso**: Esto desencadenaría advertencias sanitarias de condiciones de emergencia. Es más probable que toda la población se vea afectada.

¹¹⁰ <https://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi> agosto 2018.



Valores del Índice de calidad del aire (AQI)	Niveles de preocupación de salud	Colores
<i>Cuando el AQI está en este rango :</i>	<i>. Las condiciones de calidad de .air son:</i>	<i>... simbolizado por este color:</i>
0 a 50	Bueno	Verde
51 a 100	Moderar	Amarillo
101 a 150	Poco saludable para grupos sensibles	naranja
151 a 200	Insalubre	rojo
201 a 300	Muy poco saludable	Púrpura
301 a 500	Peligroso	Granate

FIGURA N° 62: TABLA DE VALORES Y COLORES INDICATIVOS DEL ÍNDICE AQI (FUENTE: <https://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>)

A modo de conclusión se puede observar que la utilización de un índice de características similares al planteado por AQI, presenta la ventaja de tener una visión clara de manera rápida del estado de la calidad del aire. Es accesible para la comprensión inmediata de la población en general, permite actuar en cualquier contingencia de forma rápida dando alarmas tempranas. El estudio estadístico de la información acumulada en un registro continuo, facilita la generación de políticas públicas que permitan el control de las fuentes de contaminantes.

d) Puntos de monitoreo: criterios generales

El establecimiento de puntos de monitoreo de calidad de aire requiere también la información correspondiente a los datos de monitoreo meteorológico, el estado del tiempo tiene una gran influencia en la dispersión y concentración de los contaminantes¹¹¹. En caso de no contar con los datos de una estación meteorológica cercana se deberá instalar una para suplir esa información necesaria. Para su disposición y siempre considerando el monitoreo de los cinco contaminantes prioritarios y las variables meteorológicas, la USEPA ha desarrollado un grupo muy detallado de guías¹¹².

¹¹¹ La dirección del viento, por convención, es la dirección que sopla desde un punto y que es reportado con referencia al norte verdadero (no al norte magnético). La dirección del viento es frecuentemente reportada en diferentes unidades. La unidad preferente para reportar son los metros por segundo (m/s).

¹¹² USEPA: United States Environmental Protection Agency, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Entre otros posibles, a continuación se detallan los aspectos más importantes a tener en cuenta para obtener un buen desempeño de las estaciones de monitoreo tomados de la guía de USEPA:

- *Monitoreo mínimo requerido*
 - Torre mínimo de 6m, con preferencia de 10m.
 - Velocidad del viento (resolución 0,1m/s; exactitud $\pm 0,2$ m/s; inicio 0,2m/s).
 - Dirección del viento (resolución 1°; exactitud $\pm 0,2^\circ$; referenciado al norte verdadero, no al magnético).
 - Temperatura del aire (resolución 1°C, exactitud $\pm 0,2^\circ\text{C}$)
 - Sistema de colección automático, fuente de poder confiable, con baterías adicionales.
- *Mediciones requeridas*
 - Humedad (punto de rocío), resolución 1% de humedad relativa (hr), exactitud ± 5 (hr).
 - Radiación solar (para estimaciones de estabilidad), resolución 1W/m², exactitud 10W/m².
 - Precipitación (resolución 1mm).
 - Perfil de temperatura (temperatura a 2 alturas: 1,5m y 10m, requiere 0,1°C de exactitud).
- *Requerimientos de ubicación específicos*
 - Debe estar libre de influencia de árboles, edificios, estructuras – debe estar alejado al menos 10 veces la altura de los obstáculos (por ejemplo debe estar 50m de un edificio de 5m).
- *Resolución de tiempo requerida*
 - Los datos deben ser colectados al mismo tiempo de resolución mínimo de los datos de calidad del aire.
 - La resolución mínima debe ser horaria.
- *Periodo de monitoreo*
 - Para modelos atmosféricos y análisis de tendencias, es recomendable un mínimo de datos de un año.
- *Selección de sitios de monitoreo*

La selección del sitio de monitoreo es importante y requiere la ubicación más representativa para monitorear las condiciones de la calidad del aire. Una forma de realizar esta selección es siguiendo los pasos que a continuación se detallan:

- *Definir claramente el propósito de la red o estación de monitoreo.*
- *Revisar información histórica* (datos climatológicos y meteorológicos, mapas topográficos, inventarios de emisiones, resultados de modelos de dispersión, patrones de tráfico, usos de suelo, distribución de la población y datos de monitoreo existentes).
- *Identificar las áreas potenciales para la localización de las estaciones de monitoreo* (áreas residenciales o poblaciones susceptibles, áreas industriales o comerciales y áreas límites de ciudad), ubicaciones a favor del viento para mediciones de ozono o en contra del viento para mediciones de fondo.

- *Desarrollar una lista de verificación para la evaluación del sitio que recopile (distancia entre el sitio y lugares de interferencia, fuentes específicas, productos químicos agrícolas, carreteras, altura y requerimientos de orientación, disponibilidad de energía eléctrica, disponibilidad de líneas telefónicas para transmisión de datos y comunicación, accesibilidad y seguridad, ausencia de árboles u obstáculos, duración u horario de medición).*
- *Inspeccionar los sitios potenciales en cada área.*
- *Selección final del sitio.*

Para seleccionar los lugares más apropiados de acuerdo a los objetivos propuestos del monitoreo, es necesario tomar en consideración factores generales como la información relativa a la ubicación de fuentes de emisiones, a la variabilidad geográfica o distribución espacial de las concentraciones del contaminante, condiciones meteorológicas y densidad de la población. Los factores de selección para la instalación de las estaciones de monitoreo son los siguientes:

Objetivo del monitoreo

Los objetivos van a definir apropiadamente las áreas seleccionadas para el estudio, en el caso del monitoreo orientado hacia el tránsito incluirá estaciones ubicadas en zonas de tránsito peatonal o cerca de las avenidas o rutas de alto tránsito, mientras que los estudios epidemiológicos harán especial referencia en los entornos periurbanos versus los entornos céntricos donde se produce la exposición humana.

Seguridad del sitio de instalación

Considerar sitios que no presenten problemas para la permanencia de los equipos, ya sea por actos vandálicos o por fenómenos de la naturaleza (tormentas, fuertes vientos, etc).

Inventario de emisiones

Conocer la información de la ubicación de fuentes estáticas y móviles y las características de sus emisiones. De no contar con un inventario total de emisiones, es importante conocer por lo menos la ubicación de las fuentes emisoras y la información básica de qué contaminantes emiten.

Monitoreo de la calidad del aire

La información generada permite localizar áreas problemáticas, si no se tienen datos preliminares se puede diseñar estudios de sondeo para proporcionar información sobre los problemas de contaminación en la localidad.

Resultado de simulaciones de modelos de dispersión

Los resultados de las simulaciones de modelos se pueden usar para predecir la dispersión de los contaminantes, lo que puede ser de ayuda en la selección de sitios.

Consideraciones atmosféricas

Las consideraciones atmosféricas pueden influir en la variabilidad espacial y temporal de los contaminantes y en su transporte. La meteorología debe ser considerada en conjunto con la situación geográfica del sitio y junto con ello factores como altura, dirección y extensión de las sondas de monitoreo.

Topografía

La influencia de la topografía en la dispersión de contaminantes afecta directamente al flujo de aire y por ende la selección del sitio de monitoreo. El cuadro siguiente refiere los principales rasgos topográficos a ser considerados en este ítem:

Rasgo topográfico	Influencia en el flujo de aire	Influencia en la selección del sitio de monitoreo
Cuesta/Valle	Corrientes de aire descendentes por la noche y en los días fríos; levantamientos de vientos de valle en días limpios cuando ocurre un calentamiento de valle; tendencia cuesta-abajo en los vientos de valle.	Cuestas y valles son considerados como sitios especiales de monitoreo de aire porque generalmente se dispersan bien los contaminantes; los niveles de concentración no representan a otras áreas geográficas; posible ubicación de estación de monitoreo para determinar niveles de la concentración en una población o centro industrial en el valle.
Mar	Durante el día el agua se retira de la costa y por la noche abarca mayor superficie de tierra.	Monitores sobre las líneas de la costa generalmente para las lecturas del fondo (background).
Colinas	Turbulencia; flujo aéreo alrededor de las obstrucciones durante las condiciones estables, pero encima de las obstrucciones durante las condiciones inestables.	Depende de la orientación de la fuente; las emisiones de fuente a viento-arriba generalmente se mezclan abajo de la cuesta, y ubicar la estación al pie de colina no es generalmente ventajoso; las emisiones de fuente de viento-abajo generalmente se limpian cerca de la fuente; monitorear cerca de una fuente generalmente es deseable si existen centros poblados adyacentes o si el monitoreo pretende proteger a trabajadores.

Obstrucciones naturales o antropogénicas	Efectos remolino	Localizar estaciones cerca de obstrucciones no tiene, generalmente, lecturas representativas.
--	------------------	---

TABLA Nº 27: INFLUENCIA DE LA TOPOGRAFÍA EN LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES (FUENTE: USEPA).

Recabar información de aspectos demográficos, salud, población o usos del suelo en la región de estudio también es importante. Incorporados a un sistema de información geográfica puede colaborar en la identificación de los sectores impactados por la contaminación.

Debe evitarse obstáculos que afecten el movimiento del aire próximo a la estación de muestreo, como así también fuentes muy cercanas que arrastren al muestreador grandes concentraciones de contaminantes. Se recomienda ubicarlo lejos de grandes edificios, balcones, árboles.

Algunas recomendaciones extraídas de manuales de la USEPA se describen a continuación:

- Para asegurar el flujo lo más libre posible, se deben evitar árboles y edificios en un área de 10 metros alrededor del sitio de muestreo y no tomar muestras en las superficies laterales de los edificios.
- En lo posible, deben rechazarse las interferencias en las estaciones de muestreo, por la circulación local que depende de factores topográficos.
- Para minimizar los efectos de las fuentes locales, se recomienda instalar la estación de monitoreo a una distancia de por lo menos 20 metros de cualquier fuente industrial, doméstica o de carreteras con alto tránsito vehicular.
- La entrada del muestreador debe estar entre 1,5m y 4m sobre el nivel del piso. Una altura de 1,5m se utiliza para estimar exposiciones potenciales del ser humano a situaciones de gran carga de tráfico vehicular. Sin embargo, para evitar el vandalismo en algunos sitios de monitoreo, se prefiere instalar la toma de muestra a una altura de 2,5m. Existen algunas circunstancias, para los estudios de los antecedentes de contaminación en ciudades, en donde no es posible cumplir con el requisito de una altura de 4m, por lo cual se ha realizado instalaciones de toma de muestra hasta 8m de altura.
- La entrada del muestreador no debe localizarse cerca de fuentes de contaminación, para evitar arrastres de plumas de chimeneas domésticas o industriales.
- Para medir los parámetros meteorológicos se recomienda instalar los instrumentos a una altura de 10m sobre el nivel del suelo, y tomar mediciones a diferentes alturas con el objeto de obtener gradientes térmicos.

e) Definición de los puntos de monitoreo. El caso del partido de Lomas de Zamora y su región de influencia

Se considera importante desarrollar un acuerdo claro entre todas las personas e instituciones involucradas acerca del propósito de establecer una red de monitoreo de la calidad de aire antes de decidir la ubicación de las estaciones de monitoreo. Entendiendo que el principal objetivo de establecer una red de monitoreo sería el de caracterizar la concentración de contaminantes en el aire urbano y hacerlo de la manera más apropiada para proporcionar esta información a la población de forma atractiva con mapas, periódicos, sitios en internet y como parte de los servicios meteorológicos (134).

La información relevada por la red será útil para calcular los niveles de exposición de la población residente y de los trabajadores en los diferentes sectores del ejido urbano. También permitirá observar las tendencias de la calidad de aire en diferentes sectores de la ciudad y la eficacia de cualquier estrategia futura de control de la contaminación ambiental. Asimismo esta red servirá de apoyo y complemento para el estudio e investigación de los grupos que trabajan para evaluar el impacto de la contaminación del aire en la población.

La selección del lugar apropiado es una de las tareas más importantes asociadas al diseño de una red de monitoreo, se debe buscar la ubicación más representativa para monitorear las condiciones de la calidad de aire. Los requerimientos generales de ubicación se identifican en el Anexo D del Código Federal de Regulaciones de los EE.UU. (U.S. Code of Federal Regulations: Capítulo 40 CFR Parte 58).

El esquema de la red de monitoreo debe diseñarse con una variedad de sitios de monitoreo. Estos deben ser capaces de informar de los niveles máximos de contaminación del aire, niveles típicos en áreas pobladas, contaminación transportada dentro y fuera de una ciudad o región y de niveles de contaminación de aire cercanos a fuentes específicas. La US EPA lista una serie de seis tipos de sitios generales:

- Sitios ubicados para determinar las concentraciones más altas que se espera que ocurran en el área cubierta por la red.
- Sitios ubicados para medir concentraciones típicas en áreas de alta densidad de población.
- Sitios ubicados para determinar el impacto de fuentes significativas o categorías de fuentes en la calidad del aire.
- Sitios ubicados para determinar los niveles generales de concentración de fondo.
- Sitios ubicados para determinar el alcance del transporte regional de contaminantes entre las áreas pobladas; y en apoyo de estándares secundarios.
- Sitios ubicados para medir los impactos de la contaminación del aire sobre la visibilidad, el daño de la vegetación u otros impactos basados en el bienestar de la población.

El tamaño óptimo de una red implica un compromiso entre los recursos disponibles y las necesidades de la región a monitorear. Asimismo existe un vínculo entre los objetivos generales de

monitoreo y los tipos de sitios y la ubicación física del monitor, para ello se define el concepto de escala espacial de representatividad.

La US EPA define seis tipos de escalas espaciales, de la bibliografía consultada se deduce que esta clasificación de escalas es adoptada en una gran cantidad de países (135, 137,138):

- **Micro escala:** Define las concentraciones en los volúmenes de aire asociados con las dimensiones del área que van desde varios metros hasta aproximadamente 100 metros (por ejemplo para O₃, CO y NO).

En el monitoreo gaseoso, esta escala se usa para evaluar la distribución del gas dentro de la pluma de emisión, ya sea sobre terreno plano o sobre terreno complejo o dentro de las cavidades de la estela de los edificios. En el monitoreo del total de partículas en suspensión (TSP) y de PM₁₀, esta escala se usa para caracterizar las emisiones procedentes de las inmediaciones de fuentes puntuales. Este tipo de escala también se puede usar para definir los efectos sobre la salud de ciertos individuos que permanecen cerca de una ubicación fija por largos períodos, como es el caso de los policías o las personas que atienden quioscos de diarios o flores en las intersecciones semaforizadas.

- **Escala media:** Define la concentración típica de áreas de hasta varias manzanas en una ciudad con dimensiones que varían desde aproximadamente 100 metros hasta 0,5 kilómetros.

Algunos de los usos de los datos asociados con las mediciones de escala intermedia, tanto de gases como de TSP/PM, incluyen la evaluación de los efectos de las estrategias de control para reducir las concentraciones urbanas y el monitoreo de episodios de contaminación ambiental.

- **Escala de vecindad:** Define las concentraciones dentro de un área extendida de la ciudad que tiene un uso de tierra relativamente uniforme con dimensiones en el rango de 0,5 a 4,0 kilómetros.

Esta escala se aplica en áreas donde la tasa de aumento o disminución del gradiente de concentración gaseoso y de TSP/PM es relativamente baja y en grandes secciones de pueblos y ciudades pequeñas. En general, estas áreas son homogéneas en términos de perfil de concentración. Las mediciones de la escala de vecindario pueden ser asociadas con concentraciones de línea de base en áreas de crecimiento proyectado y en estudios sobre respuestas de la población a la exposición a contaminantes. Esta escala se usa para hacer comparaciones entre vecindarios dentro de ciudades o de una ciudad a otra. Esta escala asimismo satisface la mayoría de los objetivos de planificadores y de personas que participan en el proceso de toma de decisiones a nivel urbano y regional.

- **Escala urbana:** define las concentraciones dentro de un área de dimensiones tipo ciudad, del orden de 4 a 50 kilómetros. Dentro de una ciudad, la ubicación geográfica de las

fuentes puede dar como resultado que no haya un solo sitio que pueda decirse que representa la calidad del aire en una escala urbana.

Tales mediciones son útiles para calcular las tendencias de la calidad del aire en toda una ciudad y, por ende, la eficacia de las estrategias de control de contaminación a gran escala. Las mediciones que representan áreas que abarcan toda una ciudad también sirven como base válida para hacer comparaciones entre diferentes ciudades.

- **Escala regional:** Define generalmente un área rural de una geografía razonablemente homogénea sin grandes fuentes y se extiende desde decenas hasta cientos de kilómetros.

Estas mediciones se aplican principalmente a grandes áreas homogéneas, particularmente aquellas que están escasamente pobladas. Tales mediciones proporcionan información acerca de la calidad de fondo del aire y del transporte de contaminación entre regiones.

- **Escalas nacionales y globales:** estas escalas de medición representan concentraciones que caracterizan a la nación y al globo como un todo.

Tales datos son útiles en la determinación de las tendencias contaminantes, el estudio de los procesos de transporte internacional y global y la evaluación de los efectos de las políticas de control a escala global.

Es muy probable ubicar los sitios de monitoreo a sotavento de un área metropolitana, en lugares de un área residencial suburbana donde es posible que niños y otras personas estén al aire libre. Estos sitios tienen más posibilidad de representar una escala urbana. En algunos casos se suele determinar la ubicación de un sitio de monitoreo por una consideración conjunta del objetivo básico de monitoreo y el tipo de sitio de monitoreo deseado.

En la reglamentación mencionada (40 CFR 58) se presenta una tabla vinculando los tipos de sitios con las escalas apropiadas:

Tipo de sitio	Escala de ubicación apropiada
1- Mayor concentración.	Micro, medio, barrio (a veces urbano o regional para contaminantes formados regionalmente).
2- Orientada a la población.	Barrio, urbano.
3- Impacto de la fuente.	Micro, medio, barrio.
4- Transporte general / de fondo y regional.	Urbano, regional.
5- Impactos relacionados con el bienestar.	Urbano, regional.

TABLA N° 28: RELACIÓN ENTRE LOS TIPOS DE SITIOS Y LAS ESCALAS DE REPRESENTATIVIDAD
(FUENTE: US EPA, TABLA D1, APÉNDICE D, PARTE 58 – 40 CFR 58).

En función de los criterios enunciados, considerando una escala urbana y teniendo en cuenta los siguientes objetivos (134, 135, 137, 138):

- Determinar las concentraciones máximas que se esperan que ocurran en el área de estudio cubierta por la red y su cumplimiento con las normas nacionales/provinciales.
- Determinar las concentraciones representativas en áreas de alta concentración de población.
- Determinar el impacto de fuentes y categorías de fuentes significativas en los niveles de los cinco diferentes contaminantes atmosféricos básicos [dióxido de azufre (SO_2), material particulado en suspensión (PM_{10}), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3), óxidos de nitrógeno (NO_x) y plomo (Pb)] y el riesgo asociado a la salud de la población.
- Evaluar las tendencias a mediano y largo plazo de los niveles de contaminantes detectados.
- Estudiar fuentes de contaminación atmosférica fijas e investigar quejas concretas.
- Validar y calibrar los inventarios de emisiones y modelos de dispersión de contaminantes para el pronóstico de calidad de aire.

Se proponen la disposición en el territorio del Municipio de Lomas de Zamora de siete puestos de monitoreo para sumar a la red existe en la región metropolitana (estaciones de ACUMAR y estaciones en CABA) y aportar al monitoreo continuo de calidad de aire.

En principio se estima necesario establecer siete estaciones de monitoreo continuo. Se plantea su distribución sobre arterias de alto nivel de tránsito, en el micro centro del municipio de Lomas de Zamora, Banfield, Temperley, en una zona próxima al parque industrial de Almirante Brown y en el predio de la Facultad de Ingeniería que podría tomarse como un punto de muestra de menor contaminación.

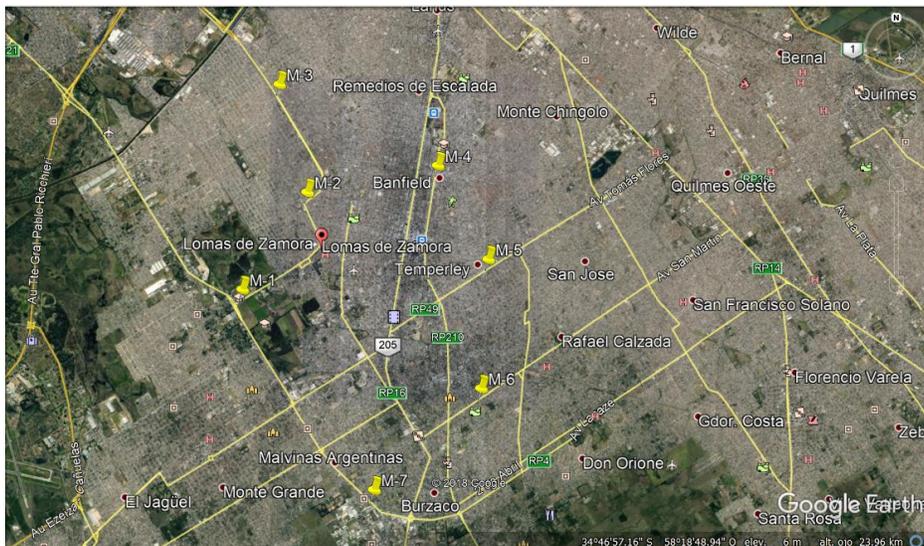


FIGURA N° 63: DISPOSICIÓN DE LOS 7 PUNTOS DE MONITOREO CONTINUO EN EL MUNICIPIO DE LOMAS DE ZAMORA (IMAGEN DE GOOGLE EARTH, ELABORACIÓN PROPIA).

Puntos de monitoreo jerarquizados:

Dadas las características del equipamiento que se propone utilizar, con el fin de obtener los cinco indicadores básicos para monitorear la calidad del aire (equipamiento certificado por la USEPA), los costos para cada una de las estaciones alcanzarían montos muy altos de inversión. En caso de plantearse un avance progresivo con la puesta en marcha de los sitios de monitoreo, se entiende razonable priorizar tres de los sitios mencionados:

M1: Estación de monitoreo en la Facultad de Ingeniería de la UNLZ.

M4: Micro centro de Banfield, es atravesado por la Ruta Nacional N° 205, se recomienda un sector donde también se puedan instalar contadores de tránsito.

M7: En las proximidades del Parque Industrial de Burzaco sobre la Ruta Provincial N° 4, este sitio de monitoreo tendría el aporte combinado del grupo de industrias instaladas en el Parque Industrial y el intenso tránsito vehicular sobre la propia Ruta Provincial.

5. Propuestas para la generación de políticas públicas en el Municipio de Lomas de Zamora

Se puede observar claramente que los datos relevados no alcanzan para hacer un diagnóstico exhaustivo del nivel de contaminación que presenta la región de estudio, pero permiten mostrar un estado de situación, un nivel base de la calidad del aire en el Municipio de Lomas de Zamora. Teniendo en cuenta estos datos considerados preliminares, se pueden establecer parámetros guías para un plan de gestión de la calidad del aire referido a estrategias sobre políticas públicas.

La revisión de varias experiencias a nivel mundial, respecto a cómo tratar la problemática ambiental en su conjunto y la contaminación del aire en particular, indica que necesariamente debe ser atendida por diferentes sectores sociales, organismos y todos los niveles de gobierno. Es necesario establecer compromisos multisectoriales, intergubernamentales e interdisciplinarios por parte de las Instituciones que conforman el Estado: Poder Ejecutivo, Legislativo y Judicial, a nivel nacional, provincial y municipal, organismos autárquicos (ACUMAR, DNV, Parque Nacionales), Universidades Nacionales, CONICET, CIC-BA, sistema científico en general, Colegios Públicos Profesionales, Organismos mixtos de control (ej. Bahía Blanca), empresas mixtas (INVAP), empresas privadas (compañías mineras, empresas de transporte, sector industrial), Cámaras Empresariales, Asociaciones Gremiales, ONGs (155)

Para lograr un abordaje sistémico de los conflictos que presenta la cuestión ambiental se deben coordinar las acciones entre los organismos que regulan el ordenamiento territorial de manera integral y sustentable a partir de Políticas Públicas teniendo en cuenta la Planificación Participativa (228). La Autoridad de Cuenca Matanza-Riachuelo se propone, para el periurbano de la CMR, implementar un Plan de Gestión Ambiental orientado a minimizar los impactos significativos sobre el ambiente, así como perseguir la mejora continua del sistema socio-natural en lo referente al desarrollo sostenible del mismo. La región de estudio se encuentra en gran parte sobre esta cuenca por lo que cualquier tipo de planificación debe contemplar lo que se estructure desde un organismo de estas características.

En ese esquema es necesario afianzar la agenda nacional de investigación científica y técnica para incrementar la producción de información y articularla con el diseño de programas e instrumentos de políticas públicas vinculados con la calidad del aire. Esto requiere investigar la formación, transformación, transporte y dispersión de contaminantes, la aplicación de modelos para su estudio y el estímulo del uso de tecnologías que reduzcan la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Entre las propuestas de acciones a realizar específicamente para este trabajo académico en la región de estudio, se puede plantear siete (7) lugares de medición o puestos de Monitoreo. En ellos se conseguiría relevar datos de tránsito vehicular y en forma simultánea medición de contaminantes: ozono a nivel del suelo (O_3 llamado también ozono troposférico), material particulado ($MP_{2,5}$ y PM_{10}), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x).

a) Plan Estratégico de Control de Contaminantes Atmosféricos

A partir de lo enunciado en los párrafos anteriores se propone establecer un Plan Estratégico de Control de Contaminantes Atmosféricos (PECCA) coordinado con las autoridades Nacionales, Provinciales y Municipales que contemple los siguientes puntos:

1. Normativa Ambiental: de la página del Organismo Ambiental para el Desarrollo Sostenible (OPDS) de la provincia de Buenos Aires, se extrae la reglamentación vigente a nivel provincial. Se deberían actualizar los valores indicados para las concentraciones máximas de valores permitidos de diferentes contaminantes a los niveles estándares recomendados por la OMS. Esta tarea debe realizarse con el apoyo de profesionales que trabajan en laboratorios dependientes de la Universidad Pública, CIC-BA o CONICET:
 - a. Decreto N° 32/97. Prórroga del artículo 7 del Decreto N° 3395/96.
 - b. Decreto N° 2264/97. Plazos.
 - c. Decreto N° 1074/18. Reglamento de la Ley N° 5965
2. Mejorar el sistema de control de emisiones e inspección a partir del incremento de técnicos y capacitación continua, junto con la incorporación de instrumental apropiado:
 - a. Incrementar la cantidad de inspectores.
 - b. Promover la realización de cursos de capacitación del personal encargado de realizar los monitoreos.
 - c. Invertir en la actualización del equipamiento.
3. Promover el cambio a tecnologías menos contaminantes en la industria a partir de incentivos económicos (se pueden tomar algunos de los diferentes modelos relevados en el presente trabajo).
4. Establecer estaciones de monitoreo de la calidad de aire en los puntos críticos del Partido de Lomas de Zamora:
 - a. Mapa de ubicación de la propuesta, los siete puntos indicados representan sitios de alto tránsito y emisiones de fuentes fijas relevantes, junto con un sitio de control de baja contaminación. La elección de estos puntos se realizó de acuerdo con los criterios propuesto por la USEPA y desarrollados en esta tesis. Esto permitirá establecer un primer escenario de control sobre las principales arterias de circulación del municipio y los principales aportantes de contaminantes. Se plantea una propuesta inicial con tres puntos de monitoreo contemplando los costos de los mismo, eligiendo los sitios más representativos.
 - b. Coordinar el sistema de monitoreo con las autoridades provinciales y nacionales de manera tal que se pueda integrar a un sistema provincial/nacional de monitoreo junto con las estaciones que actualmente funcionan en la región (dos de ACUMAR y tres de CABA).
 - c. Integrar las estaciones propuestas con las existentes en el resto del país a una Red Nacional de Calidad de Aire de manera de cumplir con lo indicado en la Resolución N° 1.327/2014. A las que se debe poder acceder de manera gratuita y directa.

5. Coordinar entre la Municipalidad de Lomas de Zamora, la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires (DVBA) y la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) puntos de contadores de tránsito en los mismos lugares de monitoreo continuo de calidad de aire. Esto permitirá establecer vínculos directos entre cantidad de vehículos pasantes y concentración de contaminantes a partir de la utilización de inventarios de emisiones. Promover la utilización de nueva tecnología de conteo que permita identificar los diferentes tipos de vehículos (video gráfica, contadores electrónicos).
6. Inventario de emisiones: Profundizar el relevamiento y mapeo de las fuentes fijas, identificando las características de sus emisiones y la calidad de su tratamiento. Coordinar un asesoramiento desde la Universidad para la mejora de los procesos productivos y del tratamiento de los efluentes. Estos datos permitirán mejorar el diagnóstico realizado en la línea de base.
7. Verificación Técnica Vehicular obligatoria:
 - a. Coordinar con la autoridad local de tránsito el control de la oblea de la Verificación Técnica Vehicular vigente (VTV-2018) para todos los automotores: vehículos particulares, vehículos de transporte de pasajeros, vehículos de transporte de carga livianos y pesados.
 - b. Coordinar con los responsables de las concesiones del sistema de VTV que los equipos de control de emisión de gases estén adecuadamente calibrados y verifiquen correctamente los límites establecidos en la legislación vigente.
 - c. Establecer un diagnóstico del parque automotor en función de los registros estadísticos de las concesiones de VTV para impulsar estrategias de mejora en la calidad de los vehículos.
8. Parque automotor:
 - a. Promover la renovación de vehículos a nafta verificando su cumplimiento con estándares de emisión reducida de contaminantes.
 - b. Promover la migración a vehículos híbridos o eléctricos estableciendo tasas de crédito promocionales o subsidios directos como se realiza en otros países. Estimular con herramientas financieras la incorporación de puestos de abastecimiento eléctrico junto a los existentes de combustibles tradicionales.
 - c. Promover el uso de vehículos con combustión a gas (actualmente el parque automotor impulsado a gas supera los dos millones de unidades).
 - d. Promover la renovación del parque de transporte de carga liviano y pesado con subsidios y/o créditos promocionales.
 - e. Promover la renovación de los vehículos de transporte público a partir de asistencia financiera por parte del estado jerarquizando la incorporación de vehículos híbridos. Esta experiencia ha dado buenos resultados en los países que la aplicaron.
 - f. Chatarrización de los vehículos obsoletos, fundamentalmente de transporte público de pasajeros y vehículos pesados.

9. Promover la movilidad sustentable:
 - a. Introducir mejoras en el transporte público de pasajeros a partir de sistemas integrados entre diferentes modalidades (colectivo, pre-metro, tren, subterráneo).
 - b. Seguir incorporando vías de tránsito rápido para el transporte público de pasajeros en autopistas y/o en avenidas que tengan características de ejes de comunicación (metrobus o carriles exclusivos para transporte público).
 - c. Estimular un ordenamiento territorial y un desarrollo urbano que disminuya la demanda de viajes motorizados y fomente otras formas de movilizar personas y mercancías.
 - d. Promover el uso racional del transporte privado (desincentivando el uso individual de los vehículos automotores). La prohibición del ingreso de vehículos particulares a sectores determinados de alta concentración de personas (microcentros, áreas sensibles) es una medida que tiene muy buenos resultados en la experiencia europea.
 - e. Fomentar el uso de bicicletas a partir de la construcción de vías exclusivas y seguras de circulación para recorridos cortos.
10. Promover el uso sustentable de energía:
 - a. Extender la red de gas de uso domiciliario y para vehículos automotores.
 - b. Propiciar con créditos el uso de energía de mejor calidad para sectores de menores recursos económicos: por ejemplo la garrafa social.
 - c. Promover con créditos la renovación de los sistemas domiciliarios de refrigeración/calefacción.
 - d. Estimular el uso de aberturas más apropiadas para minimizar las pérdidas de energía.
 - e. Promover la renovación de los electrodomésticos por los de nuevas generaciones que tienen un mejor aprovechamiento de la energía.
11. Instrumentar una campaña de difusión:
 - a. Explicando la importancia del control de contaminantes en los vehículos y en la industria.
 - b. Promoviendo el uso racional de la energía y la eficiencia energética.
 - c. Promover la utilización del transporte público a partir de la mejora del servicio en cuanto a frecuencia, cumplimiento de los horarios, subsidio del costo del pasaje. En la experiencia europea se está considerando el transporte público gratuito de pasajeros.
 - d. Exigibilidad del derecho a la información a partir de información en tiempo real de niveles de contaminación. La experiencia en otros países indica que si la población conoce los niveles de contaminación atmosférica y su impacto en la salud de las personas es proactiva respecto de los cambios necesarios para mejorar la calidad del aire.
 - e. Promover la participación de la gente a partir de la utilización de monitores atmosféricos de bajo costo.

12. Uso de monitores de menor costo, solo de material particulado para cubrir grandes extensiones asociados a la unificación de los datos y su uso estadístico.
 - a. Dado el costo de una estación completa compatible con la USEPA, se pueden establecer en principio monitoreos continuos menos complejos como por ejemplo solamente de MP. Esto permitiría una red más extensa con posibilidades de realizar diagnósticos en lugares donde hoy no se tiene información.
 - b. Incorporar la obligación de monitoreos continuos para nuevos emprendimientos industriales, mineros o que tengan emisiones gaseosas que impacten en la calidad del aire.

6. Conclusiones

Luego de un recorrido por la experiencia en los EE.UU., la Comunidad Europea y dos países de América Latina (México y Chile), de la revisión de la legislación nacional y de los resultados obtenidos en el trabajo de campo, se concluye la necesidad de abordar la problemática de la contaminación del aire en la región de estudio a partir de la elaboración de un plan integral de monitoreo.

Como producto de la tesis se presenta el Plan Estratégico de Control de Contaminantes Atmosféricos (PECCA), cuyo fin es establecer un primer documento de trabajo para que las autoridades responsables tomen de base en un plan de acción de Políticas Públicas que coordine los trabajos de mejora de la calidad de aire.

Este trabajo de tesis incluye además, una línea de base de la calidad de aire en el Partido de Lomas de Zamora estructurada a partir del monitoreo de MP, COVs, espirometrías y encuestas epidemiológicas en cuatro sitios del distrito. La misma es de carácter preliminar, deberán profundizarse los trabajos de campo para una mejor aproximación.

Líneas de acción futuras:

- El presente trabajo fue realizado en el contexto de sucesivos Proyectos de Investigación promovidos desde la Secretaría de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. En ese entorno, la nueva presentación del Proyecto 2019-2021 se encuentra enmarcada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), definidos por La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible firmada por 193 estados miembros de las Naciones Unidas en septiembre de 2015. De los 17 ODS planteados en la Agenda 2030, se destaca la continuidad del trabajo jerarquizando 6 de los 17 objetivos planteados:
 - Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades. Este objetivo incluye la meta 3.9: Reducir considerablemente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y por la polución y contaminación del aire, el agua y el suelo.
 - Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Incluye la meta 7.2: Aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas, en nuestro caso incorporar los transporte con energías más limpias.
 - Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Incluye la meta 11.2: Proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, mediante la ampliación del transporte público.
 - Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Incluye la meta 13.3: Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.
 - Objetivo 16: Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas en todos los niveles. Incluye la meta 16.7:

Garantizar la adopción en todos los niveles de decisiones inclusivas, participativas y representativas que respondan a las necesidades; y la meta 16.10: Garantizar el acceso público a la información y proteger las libertades fundamentales, de conformidad con las leyes nacionales y los acuerdos internacionales.

- Objetivo 17: Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible. Incluye la meta 17.17: Fomentar y promover la constitución de alianzas eficaces en las esferas pública, público-privada y de la sociedad civil, aprovechando la experiencia y las estrategias de obtención de recursos de las alianzas.

Teniendo en cuenta la referencia de los ODS mencionados a los que nuestro país adhirió oportunamente, se plantean las siguientes líneas de trabajo:

- En el plan de trabajo previsto para la presente tesis se encontraba la realización de entrevistas en profundidad con diferentes actores vinculados a la problemática de la contaminación atmosférica. Entre ellos hay autoridades responsables de la gestión de los contaminantes atmosféricos en la provincia de Buenos Aires, especialistas en el manejo de inventarios de fuentes de emisión de contaminantes, responsables de la implementación de las actuales políticas de monitoreo, responsables a cargo de las estaciones de monitoreo en funcionamiento, profesionales del derecho con experiencia en reclamos por impactos en la salud de la población, entre otros actores sociales. Esta línea de acción se explorará en futuros trabajos de investigación.
- Dadas las características del trabajo de campo realizado, como ya se indicara con anterioridad, se pretende extender el monitoreo en el tiempo de MP y COVs, junto con la realización de más espirometrías y encuestas epidemiológicas para ampliar la caracterización de la línea de base presentada en esta tesis.
- Conseguir nuevos lugares de monitoreo se presenta como otra línea de acción, ya que los sitios donde se trabajó para esta tesis muestran solo un sector del Municipio de Lomas de Zamora.
- Se propone promover reuniones de coordinación con los diferentes sectores involucrados en la gestión de calidad de aire para estimular la concreción de la Red Nacional de Calidad de Aire.

7. Referencias bibliográficas:

1. Nelin TD., AM. Joseph, MW. Gorr, LE. Wold. *Toxicol. Letters*, 208: 293–99, 2012.
2. Krewski, D., Jerrett, M., Burnett, RT., Ma, R., Hughes, E., Shi, Y., Turner, M.C., Pope 3rd, CA., Thurston, G., Calle, EE., Thun, MJ., Beckerman, B. *Res. Rep. Health Eff. Inst.*, 5–136, 2009.
3. Pope 3rd, C.A., Dockery, D.W. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 56, 709–742, 2006.
4. Ostro B., 2004. *Environmental Burden of Diseases Series No 5*. WHO. Geneva.
5. Karagulian F., CA. Belis, CFC. Dora, AM. Prüss-Ustün, S. Bonjour, H. Adair-Rohani, M. Amann, 2015. Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmospheric Environment* 120 (2015) 475-483
6. Massolo Laura Andrea, 2004. “Exposición a contaminantes atmosféricos y factores de riesgo asociados a la calidad de aire en La Plata y alrededores”. Tesis de doctorado. Fac. Cs. Exactas, UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/2267>
7. Colman Lerner Jorge Esteban, 2013. *Análisis y mitigación/remoción de Material Particulado (PM) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) y semivolátiles (COSVs)*. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Exactas (UNLP). <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27002/>
8. WHO, 2013. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. WHO European Centre for Environment and Health, Bonn, WHO Regional Office for Europe, World Health Organization 2013. 309 pp. www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf
9. Guarnieri M., MD and JR. Balmes, MD., 2014. Outdoor air pollution and asthma. *Lancet*, 383(9928): 1581–1592.
10. Rückerl R., A. Schneider, S. Breitner, J. Cyrys, A. Peters, 2011. Health effects of particulate air pollution: a review of epidemiological evidence. *Inhalation Toxicology*, 23(10):555–592.
11. Lippmann Morton., 2014. Toxicological and epidemiological studies of cardiovascular effects of ambient air fine particulate matter (PM_{2.5}) and its chemical components: coherence and public health implications. *Crit Rev Toxicol.*, 44(4): 299-347.
12. Gorai AK., PB. Tchounwou, F. Tuluri, 2016. Association between Ambient Air Pollution and Asthma Prevalence in Different Population Groups Residing in Eastern Texas, USA. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2016, 13, 378: 1-17.
13. Patel MM, Chillrud SN, Deepti KC, Ross JM, Kinney PL., 2013. Traffic-related air pollutants and exhaled markers of airway inflammation and oxidative stress in New York City adolescents. *Environ Res.*, 121:71–78.
14. Brook RD., Sanjay Rajagopalan MD., C. Arden Pope III, JR. Brook, A. Bhatnagar, AV. Diez-Roux, F. Holguin, Y. Hong, RV. Luepker, MA. Mittleman, A. Peters, D. Siscovick, SC. Smith Jr, L. Whitsel, JD. Kaufman, 2010. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 121(21):2331–2378.
15. Romieu I., Gouveia N., Cifuentes LA., de Leon AP., Junger W., Vera J., Strappa V., Hurtado-Díaz M., Miranda-Soberanis V., Rojas-Bracho L., Carbajal-Arroyo L. Multicity study of air pollution and mortality in Latin America (the ESCALA study). *Res Rep Health Eff Inst.*, 171:5-86, 2012.
16. Lu F., Xu D., Cheng Y., Dong S., Guo C., Jiang X., Zheng X. Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM_{2.5} and PM₁₀ pollution in the Chinese population. *Environ Res.*, 136:196-204, 2015.
17. Anderson HR, Favarato G, Atkinson RW. Long-term exposure to outdoor air pollution and the prevalence of asthma: meta-analysis of multi-community prevalence studies. *Air Qual Atmos Health*. 2013; 6:57–68.
18. Gowers AM, Cullinan P, Ayres JG, et al. Does outdoor air pollution induce new cases of asthma? Biological plausibility and evidence; a review. *Respirology*. 2012; 17:887–98.
19. Health Effects Institute, 2010. Public health and air pollution in Asia (PAPA): coordinated studies of short term exposure to air pollution and daily mortality in four cities. Boston, Health Effects Institute (Res. Report 154; <http://pubs.healtheffects.org/view.php?id=348>).

20. Health Effects Institute, 2011. Public health and air pollution in Asia (PAPA): coordinated studies of short term exposure to air pollution and daily mortality in two Indian cities. Boston, Health Effects Institute, Research Report 157; <http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=623>.
21. Couto Gomes E., G. Florida-James, 2014. Lung Inflammation, Oxidative Stress and Air Pollution. In: "Lung Inflammation", Kian Chung Ong, Ed. Chap. 1. ISBN 978-953-51-1373-7. <http://www.intechopen.com/books/statistics/lung-inflammation/lung-inflammation-oxidative-stress-and-air-pollution>
22. Liu L, Poon R, Chen L, R. Poon, L. Chen, AM. Frescura, P. Montuschi, G. Ciabattini, A. Wheeler, R. Dales, 2009. Acute effects of air pollution on pulmonary function, airway inflammation, and oxidative stress in asthmatic children. *Environ Health Perspect.* 2009; 117:668–74.
23. R ckerl R., R. Hampel, S. Breitner, J. Cyrus, U. Kraus, J. Carter, L. Dailey, RB. Devlin, D. Diaz-Sanchez, W. Koenig, R. Phipps, R. Silbajoris, J. Soentgen, J. Soukup, A. Peters, A. Schneider, 2014. Associations between ambient air pollution and blood markers of inflammation and coagulation/fibrinolysis in susceptible populations. *Environ. International* 70 (2014) 32–49.
24. Neophytou AM., JE. Hart, Y. Chang, J. Zhang, TJ. Smith, E. Garshick, Laden F., 2014. Short-term traffic-related exposures and biomarkers of nitro-PAH exposure and oxidative DNA damage. *Toxics* 2: 377-390.
25. Grunig G., LM. Marsh, N. Esmaeil, K. Jackson, T. Gordon, J. Reibman, G. Kwapiszewska, Sung-Hyun Park, 2014. Perspective: ambient air pollution: inflammatory response and effects on the lung's vasculature. *Pulm Circ* 2014; 4 (1):25-35.
26. Newby D.E., Mannucci P.M., Tell G.S., Baccarelli A.A., Brook R.D., Donaldson K., Forastiere F., Franchini M., Franco O.H., Graham I., Hoek G., Hoffmann B., Hoylaerts MF., K nzli N., Mills N., Pekkanen J., Peters A., Piepoli M.F., Rajagopalan S., Storey R.F., 2015. Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur Heart J.* 2015 Jan 7; 36 (2):83-93b.
27. Araujo JA., 2011. Particulate air pollution, systemic oxidative stress, inflammation, and atherosclerosis. *Air Qual Atmos Health*, 4: 79–93.
28. Neophytou AM., Hart JE., Cavallari JM., Smith TJ., Dockery DW., Coull BA., Garshick E., Laden F., 2013. Traffic-related exposures and biomarkers of systemic inflammation, endothelial activation and oxidative stress: a panel study in the US trucking industry. *Environ Health.* 2013, Dec 7; 12:105. doi: 10.1186/1476-069X-12-105.
29. Ananya R., Gong J., Thomas DC., Zhang J., Kipen HM., Rich DQ., Zhu T., Huang W., Hu M., Wang G., Wang Y., Zhu P., Lu S., Ohman-Strickland P., Diehl SR., Eckel SP., 2014. The Cardiopulmonary Effects of Ambient Air Pollution and Mechanistic Pathways: A Comparative Hierarchical Pathway Analysis. *PLoS ONE* 9(12): e114913. doi:10.1371/journal.pone.0114913
30. Demetriou CA., Raaschou-Nielsen O., Loft S., Müller P., Vermeulen R., Palli D., Chadeau-Hyam M., Xun WW., Vineis P., 2012. Biomarkers of ambient air pollution and lung cancer: a systematic review *Occup. Environ. Med.*, 1-9. doi:10.1136/oemed-2011-100566.
31. Brucker N., AM. Moro, MF. Char o, J. Durgante, F. Freitas, M. Baierle, S. Nascimento, B. Gauer, RP. Bulc o, GB. Bubols, PD. Ferrari, FV. Thiesen, A. Gioda, MMMF. Duarte, I. de Castro, PH. Saldiva, SC. Garcia, 2013. Biomarkers of occupational exposure to air pollution, inflammation and oxidative damage in taxi drivers. *Science of the Total Environment*, 463–464, 884–893.
32. Brunekreef B., R. Beelen, G. Hoek, L. Schouten, S. Bausch-Goldbohm, P. Fischer, B. Armstrong, E. Hughes, M. Jerrett, P. van den Brandt, 2009. Effects of Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution on Respiratory and Cardiovascular Mortality in the Netherlands: The NLCS-AIR Study. Health Effects Institute, Research Report 139, 1-93.
33. Pope CA. 3rd, RT. Burnett, MC. Turner, A. Cohen, D. Krewski, M. Jerrett, SM. Gapstur, MJ. Thun, 2011. Lung cancer and cardiovascular disease mortality associated with ambient air pollution and cigarette smoke: shape of the exposure–response relationships. *Environmental Health Perspectives*, 119(11):1616–1621.
34. Hamra GB., Guha N., Cohen A., Laden F., Raaschou-Nielsen O., Samet JM., Vineis P., Forastiere F., Saldiva P., Yorifuji T., Loomis D., 2014. Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect.*, 122(9):906-11.
35. Raaschou-Nielsen O., ZJ. Andersen, R. Beelen, E. Samoli, M. Stafoggia, G. Weinmayr, B. Hoffmann, P. Fischer, MJ. Nieuwenhuijsen, B. Brunekreef, WW. Xun, K. Katsouyanni, K. Dimakopoulou, J. Sommar, B.

- Forsberg, L. Modig, A. Oudin, B. Oftedal, PE. Schwarze, P. Nafstad, U. De Faire, NL. Pedersen, C. Östenson, L. Fratiglioni, J. Penell, M. Korek, G. Pershagen, KT. Eriksen, M. Sørensen, A. Tjønneland, T. Ellermann, M. Eeftens, PH. Peeters, K. Meliefste, M. Wang, B. Bueno-de-Mesquita, TJ. Key, K. de Hoogh, H. Concin, G. Nagel, A. Vilier, S. Grioni, V. Krogh, M. Tsai, F. Ricceri, C. Sacerdote, C. Galassi, E. Migliore, A. Ranzi, G. Cesaroni, Ch. Badaloni, F. Forastiere, I.Tamayo, P. Amiano, M. Dorronsoro, A. Trichopoulou, C. Bamia, P. Vineis, G. Hoek, 2013. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *Lancet Oncol.*, 14: 813–22.
36. Li C., D. Fang, D. Xu, B. Wang, S. Zhao, S. Yan, Y. Wang, 2014. Main air pollutants and diabetes-associated mortality: a systematic review and meta-analysis. *European J. Endocrinology*, 171: R183–R190.
37. Eze IC., LG. Hemkens, HC. Bucher, B. Hoffmann, C. Schindler, N. Künzli, T. Schikowski, NM. Probst-Hensch, 2015. Association between Ambient Air Pollution and Diabetes Mellitus in Europe and North America: Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ. Health Perspect.*, 123(5): 381-389.
38. Genc S., Zadeoglulari, SH. Fuss, K. Gen, 2012. Review Article: The Adverse Effects of Air Pollution on the Nervous System. *J Toxicol.*; 2012:782462, 1-23. doi: 10.1155/2012/782462.
39. Proietti E., Rösli M, Frey U, Latzin P., 2013. Air pollution during pregnancy and neonatal outcome: a review. *J. Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery*, 26(1):9–23
40. Ballester F. and C. Iñiguez, 2011. Air Pollution Exposure During Pregnancy and Reproductive Outcomes. In: "Air Pollution - New Developments", AM. Moldoveanu, ed. ISBN 978-953-307-527-3. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/19144.pdf>
41. Shah PS, Balkhair T., 2011. Air pollution and birth outcomes: a systematic review. *Environment International*, 37(2):498–516.
42. Dirga Kumar Lamichhane, Jong-Han Leem, Ji-Young Lee, Hwan-Cheol Kim, 2015. A meta-analysis of exposure to particulate matter and adverse birth outcomes. *Environmental Health and Toxicology*, 30:e2015011, 1-19.
43. Huang C., C. Nichols, Y. Liu, Y. Zhang, X. Liu, S. Gao, Z. Li, Ren A., 2015. Ambient air pollution and adverse birth outcomes: a natural experiment study. *Pop. Health Metrics*, 13:17, 1-7.
44. Colais P et al., 2012. Particulate air pollution and hospital admissions for cardiac diseases in potentially sensitive subgroups. *Epidemiology*, 23(3):473–481.
45. Lippmann Morton, 2014. Toxicological and epidemiological studies of cardiovascular effects of ambient air fine particulate matter (PM2.5) and its chemical components: coherence and public health implications. *Crit Rev Toxicol.* 2014 Apr;44(4):299-347
46. Ostro B., Tobias A., Querol X., Alastuey A., Amato F., Pey J., Pérez N., Sunyer J., 2011. The effects of particulate matter sources on daily mortality: a case crossover study of Barcelona, Spain. *Environmental Health Perspectives*, 119(12):1781–1787.
47. Meister K, Johansson C, Forsberg B., 2012. Estimated short-term effects of coarse particles on daily mortality in Stockholm, Sweden. *Environmental Health Perspectives*, 120(3):431–436.
48. Chiusolo M., E. Cadum, M. Stafoggia, C. Galassi, G. Berti, A. Faustini, L. Bisanti, MA. Vigotti, MP. Dessì, A. Cernigliaro, S. Mallone, B. Pacelli, S. Minerba, L. Simonato, F. Forastiere, 2011. Short-Term Effects of Nitrogen Dioxide on Mortality and Susceptibility Factors in 10 Italian Cities: The EpiAir Study. *Environmental Health Perspectives*, 119(9): 1233-1238.
49. Janssen NAH., P. Fischer, M. Marra, C. Ameling, F.R. Cassee, 2013. Short-term effects of PM2.5, PM10 and PM2.5–10 on daily mortality in the Netherlands. *Sci. Total Environment* 463–464: 20–26.
50. Bentayeb M., V. Wagner, M. Stempfelet, M. Zins, M. Goldberg, M. Pascal, S. Larrieu, P. Beaudeau, S. Cassadou, D. Eilstein, L. Filleul, A. Le Tertre, S. Medina, L. Pascal, H. Prouvost, P. Quénel, A. Zeghnoun, A. Lefranc. 2015. Association between long-term exposure to air pollution and mortality in France: A 25-year follow-up study. *Environ. International* 85: 5–14.
51. Lippmann M., L. Chen, T. Gordon, K. Ito, GD. Thurston, 2013. National Particle Component Toxicity (NPACT) Initiative: Integrated Epidemiologic and Toxicologic Studies of the Health Effects of Particulate Matter Components. Boston, Health Effects Institute, Research Report 177, 332
<http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=934>
52. Air Quality Thad Godish 4th. Edition Lewis Publishers ISBN 0-203-49265-X Master e-book.

53. Pualifito S.E., Castesana P.S., Allende D.G., Ruggeri M.F., Pinto S., Gariglio A. Inventario argentino de emisiones atmosféricas del sector energético de alta resolución: Parte II. Resultados. PROIMCA-PRODECA, Bahía Blanca, 2017-ISBN 978-987-1896-84-4.
54. INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo) Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. <http://www.censo2010.indec.gov.ar/> 2011.
55. Organización Internacional de Trabajo (OIT-ONU). Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas (CIU). Tercera revisión. (2015). <http://www.ilo.org/public/spanish/bureau/stat/class/isis.htm>
56. Colman Lerner JE., A. Morales, M. Aguilar, D. Giuliani, J. Ditondo, V.I. Dodero, L. Massolo, EY. Sánchez, N. Matamoros, A. Porta. "In: WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol. 181, Environmental Impact II. C.A. Brebbia, G. Passerini, Eds. 659-670. 768 pp, 2014.
57. Colman Lerner JE., Kohajda T., Aguilar M.E., Massolo L., Sánchez E.Y., Porta A.A., Opitz P., Wichmann G., Herbarth O., Mueller A. Improvement of health risk factors after reduction of VOC concentrations in industrial and urban areas. Environmental Science and Pollution Research International, 21: 9676-9688, 2014.
58. Orte M., JE. Colman Lerner, A. Morales, P. Barrionuevo, M. Aguilar, D. Giuliani, V. Dodero, L. Massolo, N. Matamoros, EY. Sánchez y A. Porta. Contaminación atmosférica e hídrica en Argentina. Contribuciones del 4º Congreso PROIMCA. Compilado por SE. Puliafito, D. Allende y C. Panigatti. UTN, 583-594 (2013).
59. Baldauf, R.W., Lane, D.D., Marotz, G.A., Wiener, R.W. Performance evaluation of portable MiniVol particulate matter sampler. Atmos. Environ., 35: 6087-6091, 2001.
60. PCS, 2000. IPCS, International Programme on chemical safety. Environmental Health criteria 214: Human Exposure Assessment. World Health Organization, Geneva, 2000. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc214.htm>
61. OSHA (Occupational Safety and Health Standards), Standard-29 CFR. http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owastand.display_standard_group?p_toc_level=1&p_part_number=1910
62. Colman Lerner J.E., Sanchez E.Y., Sambeth J.E., Porta A.A. Characterization and health risk assessment of VOCs in occupational environments in Buenos Aires, Argentina. Atmospheric Environment 55: 440-447, 2012.
63. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2002. TECNOTECA. Tecnologías de control de contaminantes Procedentes de fuentes estacionarias. Dirección de Investigación sobre la Calidad del Aire. Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global, INECC, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. <http://docplayer.es/3454956-Tecnoteca-tecnologias-de-control-de-contaminantes-procedentes-de-fuentes-estacionarias-direccion-de-investigacion-sobre-la-calidad-del-aire.html>
64. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD). 1996. Prevención y control de contaminación registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Una herramienta para la política ambiental y el desarrollo sostenible manual guía para los gobiernos. 156 pp. https://www.oecd.org/env/ehs/pollutant-release-transfer-register/OECD-GD96-32PRTR_GuidanceManual_Spanish.pdf
65. Tarragó Fontaneda A. 2016. Estudio de los dispositivos y sistemas que permiten el control y reducción de la contaminación en el sector del transporte por carretera. Trabajo final de grado. Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrasa. Universitat Politècnica de Catalunya, BarcelonaTech, España. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/99222/REPORT_172.pdf
66. Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) de América del Norte. 2005. Mejor tecnología disponible para el control de la contaminación atmosférica en América del Norte: directrices para el análisis y estudios de caso. CCA, Canadá. <http://www3.cec.org/islandora/es/item/2195-best-available-technology-air-pollution-control-es.pdf>
67. Spiegel J., LY. Maystre. 1998. Control de la contaminación ambiental. Cap. 55, Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Organización Internacional del Trabajo.

- <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/55.pdf>
68. Hidalgo, D., Huizenga, C. (2013). Implementation of sustainable urban transport in Latin America. *Res. Transp. Econ.* 40, 66-77
 69. Bell, M.L., Cifuentes, L.A., Davis, D.L., Cushing, E., Gusman Telles A., Gouveia, N. (2011). Environmental health indicators and a case study of air pollution in Latin American cities. *Environ. Res.* 111, 57-66.
 70. Romieu I., Gouveia N., Cifuentes L.A., de Leon A.P., Junger W. Vera J., Strappa V. Hurtado Díaz M., Miranda-Soberanis V., Rojas-Bracho L., Carbajal-Arroyo L. (2012). Multicity study of air pollution and mortality in Latin America (the ESCALA study). *Res. Rep. Health Eff Inst.*, 171: 5-86.
 71. Cáceres D., Adonis M. Retamal G., Ancic P., Valencia M., Ramos X. Olivares N., Gil L. Contaminación intradomiliar en un sector de extrema pobreza de la comuna de La Pintana. *Rev. Méd. Chile* 129: 33-42 (2001).
 72. Ribeiro H., Alves Cardoso M.R. Air pollution and children's health in Sao Paulo (1986-1998). *Social Science and Medicine*, 57: 2013-2022, (2003).
 73. Gioda A., Sales J.A., Cavalcanti P.M.S., Maiac M.F., Maiad L.F.P.G., Aquino Neto F.R.. Evaluation of Air Quality in Volta Redonda, the Main Metallurgical Industrial City in Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.*, 15 (6): 856-864, (2004).
 74. Cifuentes L.A., Krupnick A.J., O'Ryan R., Toman M.A. Urban Air Quality and Human Health in Latin America and the Caribbean. Inter-American Development Bank, Washington, D.C. October 2005.
 75. Organización Panamericana de la Salud. Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe. Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. OPS-OMS, Washington, DC. ISBN 92 75 32598 7, (2005).
 76. García Melián M., Bonet Gorbea M., Spiegel J., Yassi A., Diego Olite F. Estrategia para desarrollar capacidades en evaluación y manejo de riesgos de salud ambiental. *Re. Cubana Hig. Epidemiol.*, vol.45 no.1, Ciudad de la Habana Jan.-Apr. (2007).
 77. Inventario de emisiones de fuentes fijas en la Cuenca atmosférica de Ilo. Ministerio de Salud-EnerSur-Dirección Regional de Producción. Ilo, Perú, Julio, 2004.
 78. Diagnóstico de línea de base. Cuenca Atmosférica de Ilo. Ministerio de Salud-Consejo Nacional del Ambiente. Ilo, Perú, Noviembre 2006.
 79. Bogo H., Otero M., Castro P., Ozafran M.J., Kreiner A, Calvo E.J., Negri R.M., Study of atmospheric particulate matter in Buenos Aires city. *Atmosph. Environ.* 37: 1135-1147, (2003).
 80. Marrero J., Jomenez Rebagliati R., Gomez D., Smichowski P., A study of uniformity of elements deposition on glass fiber filters after collection of airborne particulate matter (PM-10), using a high-volume sampler. *Talanta*, 68: 442-447, (2005).
 81. Venegas L.E., Mazzeo N.A., Modelling of urban background pollution in Buenos Aires City (Argentina). *Environmental Modelling & Software*, 21: 577-586, (2006).
 82. Bermudez G.M.A., Rodriguez J.H., Pignata M.L., Comparison of the air pollution biomonitoring ability of three Tillandsia species and the lichen Ramalina celastri in Argentina. *Environmental Research*, 109: 6-14, (2009).
 83. Carreras H.A., Rodriguez J.H., Gonzalez C.M., Wannaz E.D., Farcia Ferreyra F., Perez C.A., Pignata M.L., Assessment of the relationship between total suspended particles and the response of two biological indicators transplanted to an urban area in central Argentina. *Atmospheric Environment*, 43: 2944-2949, (2009).
 84. Puliafito E. Quaranta N.N. Contaminación Atmosférica en Argentina. Contribuciones de la II Reunión Annual PROIMCA. Puliafito E. & Quaranta N.N. Editores, Universidad Tecnológica Nacional, Bs.As. (2009).
 85. D'Angiola A., Dawidowski L.E., Gómez D.R., Osses M. On-road traffic emissions in a megacity. *Atmospheric Environment*, 44: 483-493 (2010).
 86. "Plan de Acción Estratégico (PAE) para la gestión ambiental sustentable de un área urbano-industrial a escala completa" Informe Final. JMB Ingeniería ambiental, 1993. (http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/dock_sud/informes/pae/Informe_Avance_ene-03_rev1-1-4.pdf)

87. Massolo L., Rehwagen M., Porta A., Herbarth O., Ronco A., Müller A. Indoor-outdoor distribution and risk assessment of volatile organic compounds in the atmosphere of industrial and urban areas. *Environ. Toxicology*, 25: 339-349, 2010.
88. Colman Lerner J.E., Elordi M.L., Orte M.A., Giuliani D.S., Gutiérrez M.A., Sanchez E.Y., Sambeth J.E., Porta A.A. Exposure and risk analysis to particulate matter, metals and polycyclic aromatic hydrocarbon and at different workplaces in Argentina. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(9): 8487-8496. ISSN: 0944-1344, 2018.
89. Muller A., Wichmann G., Massolo L, Porta A., Schlink U., Ronco A., Herbarth O. Risk assessment of airborne particles and volatile organic compounds from industrial areas. In: *Industrial Pollution including Oil Spills*. H. Newbury & W. De Lorne, Ed., 101-141.
90. Wichmann F., Busi L., Cianni N.F., Massolo L., Müller A., Porta A. Increased asthma and respiratory symptoms in children exposed to petrochemical pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 12:632-638, 2009.
91. Gutiérrez M. A. Alteraciones oculares relacionadas con la contaminación del aire. Estudio comparativo en poblaciones de La Plata y Ensenada. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Exactas (UNLP) (2016).
92. Sosa B.S., Porta A., Colman Lerner J.E., Banda Noriega R., Massolo L. Human health risk due to variations in PM10-PM2.5 and associated PAHs levels. *Atmos. Environ.*, 160: 27-35, 2017.
93. Colman Lerner J., Gutierrez M., Mellado D., Giuliani D., Massolo L., Sanchez E.Y., Porta A. Characterization and cancer risk assessment of VOCs in home and school environments in gran La Plata, Argentina. *Environmental Science and Pollution Research* 25(10): 10039-10048, 2018.
94. Weisel C.P., Zhang J., Turpin B.J., Morandi M.T., Colome S., Stock T.H. Spektor D.M., Korn L., Winer A., Alimokhtari S., Kwon J., Mohan K., Harrington R., Giovannetti R., Cui W., Afshar M., Maberti S., Shendell D. The relationships of indoor, outdoor and personal air (RIOPA) study: study design, methods and initial results. *J. Exposure Anal. Environ. Epidemiol.* 15, 123-137, (2005).
95. Rehwagen M. , Mueller A., Massolo L., Herbarth O., Ronco A. Polycyclic aromatic hydrocarbons associated with particles in ambient air from urban and industrial areas. *Science of the total Environment*, 348:199-210, 2005.
96. Colman Lerner J.E., Kohajda T., Aguilar M.E., Massolo L.A., Sánchez E.Y., Portga A., Opitz P., Wichmann G., Herbarth O., Mueller A. Improvement of health risk factors after reduction of VOC concentrations in industrial and urban areas. *Environ. Sci. Pollut Res.* 21:9676-9688, (2014).
97. Edwards R.D., Schweizer C., Jantunen M., Lai H.K., Bayer-Oglesby L., Katsouyanni K., Nieuwenhuijsen M., Saarela K., Sram R., Kunzli N. Personal exposures to VOC in the upper end of the distribution-relationships to indoor, outdoor and workplace concentrations. *Atmospheric Environment* 29: 2299-2307, (2005).
98. Camargo Caicedo Y., Bolaño Ortiz T.R., Álvarez Mancilla A. Emisiones de compuestos orgánicos volátiles de origen biogénico y su contribución a la dinámica atmosférica. *Rev. Intropica*, 5:77-86. (2010). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3794137>
99. Komeda M., Parusel E., Wedel A., Koppmann R. Measurements of biogenic VOC emissions: sampling, analysis and calibration. *Atmospheric Environment*, 35(12): 2069-2080, 2001.
100. Sindelarova K., Granier C., Bouarar I., Guenther A., Tilmes S., Stavrou T., Müller J.F., Kuhn U., Stefani P., Knorr W. Global data set of biogenic VOC emissions calculated by the MEGAN model over the last 30 years. *Atmos. Chem. Phys.*, 14: 9317-9341, 2014.
101. Batterman S., Jia C., Hatzivailis G., Migration of volatile organic compounds from attached garages to residences: a major exposure source. *Environmental Research* 104, 224-240, (2007).
102. Charles S., Batterman S., Jia C. Composition and emissions of VOCs in main and side-stream smoke of research cigarettes. *Atmospheric Environment* 41, 5371-5384, (2007).
103. Destailats H., Maddalena R.L., Singer B.C., Hodgson A.T., McKone T.E. Review. Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs. *Atmospheric Environment*, 42(7): 1371-1388, (2008).
104. Herbarth O., Matysik S. Decreasing concentrations of volatile organic compounds (VOC) emitted following home renovations. *Indoor Air* 20:141-146, (2010).

105. Jia C., Batterman S., Godwin C. VOCs in industrial, urban and suburban neighborhoods, Part 1: Indoor and outdoor concentrations, variation, and risk drivers. *Atmospheric Environment*, 42: 2083-2100, (2008).
106. Petry T., Vitale D., Joachim F.J., Smith B., Cruse L., Mascarenhas R., Schneider S., Singal M. Human health risk evaluation of selected VOC, SVOC and particulate emissions from scented candles. *Regul Toxicol. Pharmacol.* 69:55-70, 2014.
107. Godwin C., Batterman S. Indoor air quality in Michigan schools, *Indoor air*. 17:109-121, 2007.
108. Pegas P.N., Nunes T., Alves C.A., Silva J.R., Vieira S.L.A., Caseiro A., Pio C.A., Indoor and outdoor characterization of organic and inorganic compounds in city centre and suburban elementary schools of Aveiro, Portugal. *Atmos. Environ.* 55, 80-89, 2012.
109. Sofuoglu S.C., Aslanb G., Inal A., Sofuoglu A. An assessment of indoor air concentrations and health risks of volatile organic compounds in three primary schools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 214: 36-46, 2011.
110. Mishra N., Bartsch J. Ayoko G.A., Salthammer T., Morawska L. Volatile Organic Compounds: Characteristics, distribution and sources in urban schools. *Atmospheric Environment*, 106: 485-491, 2015.
111. Monks P.S., Archibald A.T., Colette A., Cooper O., Coyle M., Derwent R., Fowler D., Granier C., Law K.S., Mills G.E., Stevenson D.S., Tarasova O., Thouret V., von Schneidmesser E., Sommariva R., Wild O., Williams M.L. Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer. *Atmos. Chem. Phys.*, 15: 8889-8973, (2015).
112. Jensen A.J., Knudsen H.N. Total health assessment of chemicals in indoor climate from various consumer products. No. 75 2006, Danish Ministry of the Environment. <http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2006/87-7052-214-6/pdf/87-7052-215-4.pdf>
113. Ramirez N., Cuadras A., Rovira E., Borrull F., Marcé R.M., Chronic risk assessment of exposure to volatile organic compounds in the atmosphere near the large Mediterranean industrial site. *Environ Inter*, 39:200-209, (2012).
114. Kim K.H., Jahan S.A., Kabir E. A review on human health perspective of air pollution with respect to allergies and asthma. *Environ Inter*, 59:41-52, (2013).
115. Cakmak S., Dales R.E., Liu L., Kauri L., Lemieux C.L., Hebberner C., Shu J. Residential exposure to volatile organic compounds and lung function: results from a population-based cross-sectional survey. *Environ. Pollut.* 194:145-151, (2014).
116. Rumchev K., Spickett J., Bulsara M., Phillips M., Stick S. Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children. *Thorax* 59:746-751, (2004).
117. Tunsaringkarn T., Siriwong W., Rungslyothin A., Nopparatbundit S. Occupational exposure of gasoline station workers to BTEX compounds in Bangkok, Thailand. *Int. J. Occup. Environ. Med.* 3:117-125, (2012).
118. Lim S.K., Shin H.S., Yoon K.S., Kwack S.J., Um Y.M., Hyeon J.H., Kwak H.M., Kim J.Y., Kim T.H., Kim Y.J., Roh T.H., Lim D.S., Shin M.K., Choi S.M., Kim H.S., Lee B.M., Risk assessment of volatile organic compounds benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) in consumer products. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 77:1502-1521, (2014).
119. International Agency for research on cancer (IARC). Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1-121. IARC (WHO). http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php
120. Kwon J., Weisel C.P., Turpin B.J., Zhang J.F., Korn L.R., Morandi M.T., Stock T.H., Colome S. Source proximity and outdoor residential VOC concentrations: results from the RIOPA study. *Environmental Science and Technology* 40, 4074-4082, (2006).
121. Dumanoglu Y., Kara M., Altioek H., Odabasi M., Elbir T., Bayram A. Spatial and seasonal variation and source apportionment of volatile organic compounds (VOCs) in a heavily industrialized region. *Atmos. Environ.* 98:168-178, (2014).
122. Stominska M., Konieczka P., Namiesnik J. The fate of BTEX compounds in ambient air. *Crit Rev Environ. Sci. Technol.* 44:455-472, (2014).
123. Jia C., Batterman C., Godwin C. VOCs in industrial, urban and suburban neighborhoods Part 2: Factor affecting indoor and outdoor concentrations. *Atmospheric Environment* 42: 2101-2116, (2008).
124. Yilmaz Civan M., Yurdakul S., Tuncel B. Improvement of uptake rate equations depending on meteorological conditions for 25 volatile organic compounds. *Talanta* 99:720-729, (2012).

125. Zhan Y., Mu Y., Meng F., Li H., Wang X., Zhang W., Mellouki Al, Gao J., Zhan X., Wan S. Chai F. The pollution levels of BTEX and carbonyls under haze and non-haze days in Beijing, China. *Sci Total Environ* 490:391-396, (2014).
126. Marc M., Bielawska M., Wardencki W., Namiesnik J., Zabiegala B. The influence of meteorological conditions and anthropogenic activities on the seasonal fluctuations of BTEX in the urban air of the Hanseatic city of Gdansk, Poland. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22:11940-11954, (2015).
127. Rivera José Julián. "Metodología para la estimación del TMDA (Tránsito Medio Diario Anual) mediante conteos de tránsito esporádicos en la zona central de la República Argentina". Tesis de Maestría en Transporte y Logística. Fac. Ing. Regional Santa Fe, UTN, 2007
128. Tránsito Medio Diario Anual, Dirección Nacional de Vialidad, Ministerio de Transporte. http://transito.vialidad.gov.ar:8080/SelCE_WEB/intro.html
129. Hay W., Ingeniería del transporte, Limusa, Mexico, 1998.
130. T.M.D.A.-2013 Tránsito Medio Diario Anual. Dirección de Vialidad de Buenos Aires, Gerencia Técnica, Subgerencia de Planificación Vial, Departamento Planeamiento y Programación, División Tránsito. Ministerio de Infraestructura. Provincia de Buenos Aires.
131. T.M.D.A.-2016 Tránsito Medio Diario Anual. Dirección de Vialidad de Buenos Aires, Gerencia Técnica, Subgerencia de Planificación Vial, Departamento Planeamiento y Programación, División Tránsito. Ministerio de Infraestructura. Provincia de Buenos Aires.
132. T.M.D.A. Observatorio Nacional de Datos de Transporte. Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial. U.T.N. <http://ondat.fra.utn.edu.ar/?p=1308>
133. Página web Air Now <https://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>
134. Ley de EE.UU. Vigilancia de la Calidad de Aire: Código de Regulaciones Federales (40 CFR 58) tomado de la página: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-58>
135. EPA-456/R-98-002. Plan de red de monitores del aire ambiental para ciudad Acuña y Piedras Negras, Coahuila, México. U.S.-Mexico Border Information Center on Air Pollution. CICA, (1998). https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir2/ambmon_s.pdf
136. Comunicado de prensa de la Comisión Europea (15-02-2017) IP_17-238_ES.pdf
137. Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad de aire. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, Manual de diseño de sistemas de vigilancia de calidad de aire. Bogotá, Colombia (2010).
138. Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos. Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), Perú (2005).
139. García J.C. "Planes de mejora de la calidad de aire: análisis de ejemplos más conocidos". Master en Ingeniería y Gestión Ambiental. Sevilla (2009-2010).
140. Decreto de Creación de la Comisión de Calidad de Aire de la Ciudad de Madrid. BO. Ayuntamiento de Madrid 11/07/2017 num. 7.945 pag. 7-8. ANM 2017/48.
141. Plan de Mejora de Calidad de Aire 2016-2020. Medio Ambiente y Movilidad. Madrid https://decide.madrid.es/docs/procesos/dossier_plan_de_calidad_de_aire_y_cambio_climatico.pdf
142. Creación de las Zonas de Protección Atmosférica, Decreto N° 2016-01383, Recueil des Actes Administratifs Spécial N° IDF-002-2017-1, publié le 2 janvier 2017 https://www.crit-air.fr/fileadmin/crit-air.fr/Gesetze/ZPA_Zonen/PARIS_IDF_ZPA_-_RAA_-_N_IDF-002-2017-01_-_20170102.pdf
143. Infraestructura de Transporte para la Región Metropolitana de Buenos Aires. Área de Pensamiento Estratégico. Cámara Argentina de la Construcción. (Nov. 2015).
144. Guías de calidad de aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Resumen de evaluación de riesgos. OMS (2005).
145. Landgrebe R., Lipchin C., Dzeladzze M., Convergence with EU Air Protection Policies – Short Guide for ENP Partners and Russia, Short Guide: EU Air Policy, Berlin, 30 pages (2008).
146. Tuinstra W. Preparing for the European Thematic Strategy on air pollution: At the interface between science and policy. *Environmental Science & Policy* 10, 434-444 (2007).
147. AIRPARIF, https://www.clarin.com/sociedad/dia-calles-paris-quedaron-autos-motos_0_r1RSj42u7.html

148. Tainio M., Tuomisto J.T., Pekannen J., Karvosenoja N., Kupiainen K., Porvari P., Sofiev M., Karppinen A., Kangas L., Kukkonen J., Uncertainty in health risks due to anthropogenic primary fine particulate matter from different source types in Finland. *Atmospheric Environment* 44, 2125-2132 (2010).
149. Kubiszewski I., Motor vehicle air pollution control Act of 1965, United States, *Encyclopedia of Earth*, http://www.eoearth.org/article/Motor_Vehicle_Air_Pollution_Control_Act_of_1965,_United_States (2008).
150. Kuklinska K., Wolska L., Namienski Jacek. Air quality policy in the U.S. and the EU – a review. *Atmospheric Pollution Research* 6129-137, www.atmospolres.com (2015).
151. Burtraw D., Szambelan S., U.S. Emissions Trading Markets for SO₂ and NO_x. *Resources for the Future*, Washington, pp. 3-11 (2009).
152. CAQI: The Common Air Quality Index. http://www.airqualitynow.eu/about_indices_definition.php, 2013.
153. Air Now. Air Quality Index (AQI) – A Guide to Air Quality and Your Health, <http://www.airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi> (2009).
154. EC (European Commission) Comparison of the UE and US Air Quality Standards & Planning Requirements, http://ec.europa.eu/environment/archives/cape/activities/pdf/case_study2.pdf (2004).
155. ENCA: Estrategia Nacional de Calidad de Aire - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones Transferencia de Contaminantes. www.gob.mx/semarnat - Marzo 2017.
156. Álvarez V.M., Figueroa Lara J.deJ., Moreno A.H. Evaluación y seguimiento del Programa para mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco. Mexico DF, 2010.
157. Informe de Diagnóstico e Implementación de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Chile. Chile Agenda 2030-ODS. Ministerio de Medio Ambiente. (Septiembre 2017).
158. Planes de Descontaminación Atmosférica-Estrategia 2014-2018. Ministerio del Ambiente. Chile (28 de abril 2014) <https://ods.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/04/Plan-Descont-Atmosferica-Estrategia-2014-2018.pdf> (2014).
159. Romieu I., Gouveia N., Cifuentes L. Multicity study of air pollution and mortality in Latin America, Research Report 171 Health Effects Institute, Boston, MA (2012).
160. Cifuentes L., Mehta S., Dussailant J. The health and social benefits of reduced PM_{2.5} and ozone concentrations in Brazil, Mexico and Chilean cities: an analysis of Sao Paulo, Mexico city and Santiago. Health Effects Institute. Boston MA (2011).
161. Represa S., Calidad de aire en la Argentina ¿Qué se sabe y qué falta?, CIMA-UNLP https://www.researchgate.net/publication/320908709_Calidad_del_aire_en_Argentina_Que_se_sabe_y_que_falta_Presentación_Septiembre_2017.
162. Ley Nacional N° 20.284. Contaminación Atmosférica. Plan de prevención de situaciones críticas de contaminación atmosféricas. Sancionada y promulgada en Abril de 1973. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/40000-44999/40167/norma.htm>
163. Ley Nacional N° 25.675. Ley General del Ambiente. Bien jurídicamente protegido. Sancionada en noviembre de 2002 <http://www.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79980/norma.htm>
164. Resolución N° 1.327/2014. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Jefatura de Gabinete de Ministros. <http://www.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79980/norma.htm>
165. XIX Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. Los Cabos, México. 11-14 de marzo de 2014. Anexo: Plan de Acción Regional de Cooperación Intergubernamental en materia de Contaminación Atmosférica para América Latina y el Caribe. PNUMA. UNEP/LAC-IGWG.XIX/7.Final (2014).
166. Decreto N° 223/16 – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Ley N° 22.520 y Ley N° 26.168)
167. Ley de Ministerios Decreto N° 13/2015 (10-12-2015), fuente Infoleg (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, Presidencia de la Nación: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/255000-259999/256606/norma.htm> octubre 2018.

168. Constitución de la Provincia de Buenos Aires (1994) fuente:
<http://www.gob.gba.gov.ar/dijl/constitucion/cpppal.htm> octubre 2018.
169. Ley N° 11-723/1995 - Ley Integral del medio ambiente y los recursos naturales de la provincia de Buenos Aires. Fuente OPDS: <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/Ley%20%2011723.pdf> octubre 2018.
170. Ley N° 5.965/58 – Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera, de la provincia de Buenos Aires. Fuente OPDS:
<http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/LEY%205965.pdf> octubre 2018.
171. Ley N° 11.720/95 – Ley de Residuos Especiales, de la provincia de Buenos Aires. Fuente OPDS:
<http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/LEY%2011720.pdf> octubre 2018.
172. Ley N° 12.355/99 Ley de Ministerios de la Provincia de Buenos Aires. Fuente página del gobierno de la provincia de Buenos Aires <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/L-12355.html> octubre 2018
173. Ley N° 14.989/07 nueva Ley de Ministerios de la Provincia de Buenos Aires. Fuente página del gobierno de la provincia de Buenos Aires: <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-14989.html> octubre 2018
174. Digesto Normativo Ambiental. Municipalidad de Lomas de Zamora – Secretaría de Medio Ambiente. Facultad de Derecho - Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Tomos I y II. Edición oficial 2009.
<http://www.derecho.unlz.edu.ar/images/digestoFinal.pdf> octubre 2018.
175. Ley N° 1.356/2004. Ley de Calidad Atmosférica. Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 10 de junio de 2004. http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/documents/ley_1356.pdf octubre 2018.
176. Decreto N° 198/2006 Reglamentario de la Ley N° 1.356/2004. Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 10 de junio de 2006.
http://www.ciudadyderechos.org.ar/derechosbasicos_a.php?id=3&id2=58&id3=16&idanexo=227 octubre 2018.
177. IRAM 29.227-1999: Calidad ambiental. Calidad del aire. Planificación del monitoreo de la calidad del aire.
178. Blanco E., Lafflito C., Colman Lerner E., Mayo F., Aguilar M., Giuliani D., Porta A. Contaminación del aire y efectos asociados sobre la salud infantil en el partido de Lomas de Zamora, provincial de Buenos Aires. En: Contaminación atmosférica e hídrica en Argentina: Contribuciones del V Congreso PROIMCA y III Congreso PRODECA, ES. Puliafito, D. Allende y MC. Panigatti, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, 201-210. ISBN 978-950-42-0163-2, 2015.
179. Colman Lerner JE., Morales A., Aguilar M., Giuliani D., Ditondo J., Dodero V.I., Massolo L., Sánchez EY., Matamoros N., Porta A. "The effect of Air Pollution on Children's Health: a Comparative Study between La Plata and Bahía Blanca, Buenos Aires Province, Argentina". In: WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol. 181, Environmental Impact II, CA. Brebbia, G. Passerini, Eds. 659-670. Print ISBN: 978-1-84564-762-9. 768 pp, 2014.
180. Colman Lerner JE., Sánchez EY., Sambeth J., Porta A. Volatile organic compounds and particulate matter in occupational environments. Characterization and health risk assessment. LAP LAMBERT, Saarbrücken, Germany. ISBN: 978-3-659-17151-2. 65 pp. 2012.
181. Blanco E., Lafflito C. Colman Lerner E., Penida M., Aguilar M., Giuliani D., Porta A. Contaminación del Aire y Efectos Asociados sobre la Salud Infantil en el Partido de Lomas de Zamora, Provincia de Buenos Aires. Presentación oral en el VI Congreso Bianual PROIMCA y IV Congreso Bianual PRODECA, Bahía Blanca, Argentina. Septiembre 2017.
182. Orte M., Colman Lerner JE., Arrieta N., Giuliani D., Matamoros N., Sassetto V., Reyna Almandos J. y Porta A. "Estudio del material particulado y contaminantes asociados en el aire ambiente de La Plata y alrededores". Contaminación atmosférica e hídrica en Argentina. Contribuciones del 4º Congreso PROIMCA y 2º Congreso PRODECA. Compilado por SE. Puliafito, D. Allende y C. Panigatti. UTN, 595-602, 2013. ISBN: ISBN 978-950-42-0150-2, 2013.
183. Orte M., Colman Lerner JE., Gutiérrez MA., Elordi ML., Matamoros N., Reyna Almandos J., Porta A. "Estudio de hidrocarburos aromáticos policíclicos asociados al material particulado y en fase gaseosa en la ciudad de la plata y alrededores". Contaminación atmosférica e hídrica en Argentina. Contribuciones

- del V Congreso PROIMCA y III Congreso PRODECA, ES. Puliafito, D. Allende y MC. Panigatti, 1a ed., Univ. Tecnológica Nacional, Bs As, 2015, 265-274. ISBN 978-950-42-0163-2, 2015.
184. Giuliani D., Orte M., Martins E., Matamoros N., Colman Lerner JE., Porta A., 2017. "Caracterización química y espectroscópica de material particulado en aire extramuros en la ciudad de La Plata y alrededores". Presentación oral en el VI Congreso Bianual PROIMCA y IV Congreso Bianual PRODECA, Bahía Blanca, Argentina. Septiembre 2017.
185. 3M Occupational Health and Environmental Safety Division, 2000. 3M Technical Data Bulletin. Organic Vapor Monitor Sampling and Analysis Guide. 3M Organic Vapor Monitor 3500/3510 and 3M Organic Vapor Monitor 3520/3530.
http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsld=SSSSSu7zK1fslxtUo8_U4x2vev7qe17zHvTSeSSSS--&fn=OVMAAnalysisGuide.pdf Julio 2018.
186. Bejerow J., Jerman E., Keles T., Dunemann L. Performance of two different types of passive samplers for the GC/ECD-FID determination of environmental VOC levels in air. Fresenius J. Anal Chem. 363, 399-403, 1999.
187. Namiesnik j., Zabiegala B., Kot-Wasik A., Partyka M., Wasik A. Passive sampling and/or extraction techniques in environmental analysis: a review. Anal. Bioanal Chem. 381: 279-301, 2005.
188. Kot-Wasik A., Zabiegala B., Urbanowicz M., Dominiak E., Wasik A., Namiesnik J. Review. Advances in passive sampling in environmental studies. Analytica chimica acta. 602:141-163, 2007.
189. Colman Lerner JE., Porta AA. Uso de monitores de difusión pasiva en estudio de calidad de aire. Estudio de recuperación de compuestos orgánicos volátiles adsorbidos. Afinidad LXVIII, 552, 406-411, 2011.
190. Colman Lerner JE., Orte M., Giuliani D., Matamoros N., Sanchez EY., Porta A. Volatile and semivolatile organics compounds determination in air. Capítulo 13 del libro 'The quality of air', colección Comprehensive Analytical Chemistry, volume 73, 321-342, 2015. Elsevier. Comp.: Miguel de la Guardia, Universidad de Valencia. Print ISBN: 9780444636058.
191. American Thoracic Society. Standardization of spirometry. 1994 Update. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 152: 1107-1136, 1995.
192. Brusasco V., Crapo R., Viegi G. Standardisation of spirometry. SERIES ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing. European Respiratory Journal, 26: 319-338, 2005.
193. Wichmann FA., Müller A., Busi LE., Cianni N., Massolo L., Porta A., Schlink U., Sly PD. Increased asthma and respiratory symptoms in children exposed to petrochemical pollution. Journal of Allergy and Clinical Immunology, 12 (3), 632-638, 2009.
194. Gauderman WJ., Gilliland F., Vora H. Association between air pollution and lung function growth in southern California children. Results from a second cohort. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 166:76-84, 2002.
195. Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR). Normativa sobre la espirometría (revisión 2013). 66 pp.
http://www.hca.es/huca/web/enfermería/html/f_archivos/Normativa%20Separ%20Espirometria.pdf
196. Espirometría forzada en pediatría. Sociedad Española de Inmunología Clínica, Alergología y Asma Pediátrica. 2016. http://www.seicap.es/espirometr%C3%ADa-forzada-en-ni%C3%B1os_28884.pdf octubre 2018.
197. Mallol J., Solé D., Asher I., Clayton T., Stein R., Soto-Quiroz M. Prevalence of asthma symptoms in Latin America: The international study of asthma and allergies in childhood (ISSAC). Pediatric Pulmonology, 30: 439-444, 2000.
198. Barquera S., Rico-Méndez FG., Tovar V. Methodology in the epidemiological research of respiratory diseases and environmental pollution. Rev. Saúde Pública, 36 (1): 107-113, 2002.
199. Neffen H., Fritscher C., Cuevas Schacht F., Levy G., Chiarella P., Soriano JB. Asthma control in Latin America: the Asthma Insights and Reality in Latin America (AIRLA) survey. Revista Panamericana de Salud Pública, 17 (3): 191-197, 2005.
200. Massolo L., Müller A., Herbarth O., Ronco A., Porta A. Contaminación atmosférica y salud infantil en áreas urbanas industriales de La Plata, Argentina. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana, 42 (4): 567-574, 2008.

- 201.OMS. Guías de calidad de aire de la Organización Mundial de la Salud, 2006.
http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHEOEH_06.02_spa.pdf
- 202.Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Buenos Aires. Ley N° 5.965. Protección a las fuentes de provisión y a los recursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera, y Decreto Reglamentario N° 3.395/96
<http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/Decreto%203395%2096.pdf>
- 203.WHO regional publications. Air quality guidelines for Europe. European series, N° 91, 2012.
http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf
- 204.Vicente AB., Sanfeliu T., Jordan MM. Assessment of PM10 pollution episodes in a ceramic cluster (NE Spain): Proposal of a new quality index for PM10, As, Cd, Ni and Pb. *Journal of Environment Management*, 108:92-101, 2012.
- 205.Aarne Vesilind P., Jeffrey Peirce J., Ruth F. Weiner. *Environmental Pollution and Control*. Chap 20 "Air Pollution Control" pp. 300. Elsevier, ISBN 1483140725, 9781483140728, 2013.
- 206.Kandlikar M., Reynolds CCO., Grieshop AP. A perspective paper on black carbon mitigation as a response to climate change. Copenhagen Consensus Center, Denmark.
http://www4.ncsu.edu/~apgrieshop/pubs/kandlikar_cc_2010.pdf
- 207.Jacob DJ., Winner DA. Effect of climate change on air quality. *Atmospheric Environment*, 43: 51-53, 2009.
- 208.Zelinkova Z., Wenzl T., The occurrence of 16 EPA PHAs in food – A review, polycyclic aromatic compounds, 35(2-4): 248-284, 2015.
- 209.Vu AT., Taylor KM., Holman MR., Ding YS., Hearn B., Watson CH. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the mainstream smoke of popular U.S. cigarettes. *Chem Res Toxicol*. 28(8):1616-1626, 2015.
- 210.US Environmental Protection Agency (USEPA), Provisional Guidance for Quantitative Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. EPA/600/R-93/089, U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC. Office of Research and Development, 1993, pp. 1993.
- 211.Slezadova K., Castro D., Pereira MC., Morais S., Delerue-Matos C., Alvim-Ferraz MC. Influence of traffic emissions on the carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in outdoor breathable particles. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 60(4): 393-401, 2010.
- 212.Dallarosa JB., Teixeira EC., Pires M., Fachel J. Study of the profile of polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric particles (PM10) using multivariate methods *Atmospheric Environment*, 39: 6587-6596, 2005.
- 213.De Guidi G., Librando V., Minniti Z., Bolzacchini E., Perrini G., Bracchitta G., Alparone A., Catalfo A. The PAH and nitro PAH concentrations profiles in size segregated urban particulate matter and soil in traffic-related sites in Catania, Italy. *Polycyclic Aromatic Compounds*, 32(4):439-456, 2012.
- 214.Musa Badowe BA., Meusel H., Huang R., Ho K., Cao J., Hoffmann T., Wilcke W. PM2,5-bound oxygenated PAHs, nitro-PAHs and parent-PAHs from the atmosphere of a Chinese megacity: Seasonal variation, sources and cancer risk assessment. *Science of the Total Environment* 474-474: 77-87, 2014.
- 215.Adgate JL., Church TM., Ryan AD., Ramachandran G., Fredrickson AL., Stock TH., Morandi MT., Sexton K. Outdoor, indoor and personal exposure to VOCs in children. *Environment Health Perspective* 112(149), 1386-1392, 2004.
- 216.Zhang R., Lei W., Tie X., Hess P. Industrial emissions cause extreme urban ozone diurnal variability. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 101(17): 6346-6350, 2004.
- 217.Elliot L., Longnecker MP., Kissling GE., London SJ. Volatile organic compounds and pulmonary function in the third national health and nutrition examination survey, 1988-1994. *Environ. Health Perspect.* 114(8): 1210-1214, 2006.
- 218.Massolo L., Rehwagen M., Porta A., Herbarth O., Ronco A., Müller A. Indoor-outdoor distribution and risk assessment of volatile organic compounds in the atmosphere of industrial and urban areas. *Environmental Toxicology*, 25(4): 339-349, 2010.
- 219.Khoder MI. Ambient levels of volatile organic compounds in the atmosphere of Greater Cairo. *Atmos. Environ.* 41:554-566, 2007.
- 220.Iovino P., Salvestrini S., Capasso S. Identification of stationary sources of air pollutants by concentration statistical analysis. *Chemosphere* 73:614-618, 2008.

221. Herbarth O., Fritz GJ., Rehwagen M., Richter M., Roder S., Schlink U. Association between indoor renovation activities and eczema in early childhood. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 209: 241-247, 2006.
222. Caro J., Gallego M. Environmental and biological monitoring of volatile organic compounds in the workplace. *Chemosphere* 77: 426-433, 2009.
223. Ohura T., Amagai T., Fusaya M. Regional assessment of ambient volatile organic compounds in a industrial harbor area, Shizuoka, Japan. *Atmos. Environ.* 40:238-248, 2006.
224. Arkouli M., Ulke AG., Endlicher W., Baumbach G., Schultz E., Vogt U., Müller M., Dawidowski L., Faggi A., Wolf-Benning U., Scheffknecht G. Distribution and temporal behavior of particulate matter over the urban area of Buenos Aires. *Atmospheric Pollution Research*, 1(1), 1-8, 2010.
225. Estudio 1.EE.205. Plan de Desarrollo Urbano-Territorial del Municipio de Lomas de Zamora. Municipalidad de Lomas de Zamora, Secretaría de Obras y Servicios Públicos, Urbanismo y Vivienda. Programa Multisectorial de Preinversión III. Préstamo BID 1896/OC-AR, Unidad de Preinversión (UNPRE). Secretaría de Política Económica. Ministerio de Economía y Producción de la Nación.
226. Ley Nº 14.294 (13 de Julio de 2011) de la Provincia de Buenos Aires
<http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-14294.html>
227. Quanjer PH., Stanojevic S. Cole TJ., Baur X., Hall GL., Culver BH., Enright PL., Honkinson JL., MSM. Lp, Zheng J., Stocks J. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95 year age range: the global lung function 2012 equations: Report of the Global Lung Function Initiative (GLI), ERS Task Force to establish improved Lung Function Reference Values. *Eur. Respir. J.*, 40(6): 1324-1343, 2012.
228. Lafflito Cristina Mariana. "Gestión sustentable del Periurbano: una metodología estratégica como aporte para el incremento de la calidad ambiental en la Cuenca Matanza-Riachuelo desde la planificación territorial". Tesis de doctorado. Facultad de Ingeniería, UNLZ, 2018.

8. Siglas y acrónimos

ACUMAR: Autoridad de la Cuenca Matanza Riachuelo

ADEFA: Asociación de Fábrica de Automotores (Argentina)

AEMA: Agencia Europea de Medio Ambiente

AIRLA: the Asthma Insights and Reality in Latin America, Revista Panamericana de Salud Pública

AQI: Air Quality Index

AQMS: Air Quality Monitoring Sites

ASEA: Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente, México

ATS: American Thoracic Society

BC: Black Carbon

BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos

CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires

CAFE: Programa Aire Puro para Europa

CE: Comisión Europea

CIGATE: Centro de Investigación en Gestión Ambiental Territorial, Facultad de Ingeniería - UNLZ

CIMA: Centro de Investigaciones Medio Ambientales, Facultad de Ciencias Exactas – UNLP

CITEAIR I y II: Programas de calidad de aire en las ciudades de Europa. Cite European Air

COFEMA: Consejo Federal de Medio Ambiente, Argentina

COP: Contaminantes Orgánicos Persistentes

CORINAIR: Core Inventory of Air Emissions

COVs: Compuestos Orgánicos Volátiles

DPV BA: Dirección Provincial de Vialidad de la provincia de Buenos Aires

DNV: Dirección Nacional de Vialidad, Argentina

EDA: Estrategia de Descontaminación Atmosférica, Chile

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental

ENCA: Estrategia Nacional de Calidad de Aire, México

EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

ERS: European Respiratory Society

FEF25-75%: Flujo Mesoexpiratorio Forzado

FEV1: Volumen Espiratorio Forzado en el 1er. Segundo

FEV1/FVC: Relación porcentual entre el FEV1 y la FVC

FVC: Capacidad Vital Forzada

GINA: Global Initiative for Asthma

GLA: Autoridad del Gran Londres

HC: Hidrocarburos

HAPs: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

IARC: International Agency for Research on Cancer (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer)

INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo de la República Argentina

INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México

IPMA: Instituto Provincial de Medio Ambiente, Provincia de Buenos Aires, Argentina

IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación

ISSAC: The International Study of Asthma and Allergies in Childhood

ISO: International Organization for Standardization

MAPAMA: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, España

MAYDS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable – Poder Ejecutivo Nacional

MP: Material Particulado (Particulate Material)

NOM: Normas Oficiales Mexicanas

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible, Naciones Unidas

OIT: Organización Internacional del Trabajo

OPDS: Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible, Provincia de Buenos Aires, Argentina

OMS: Organización Mundial de la Salud

OSHA: Occupational Safety and Health Administration (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. Departamento de Trabajo de los EE.UU.)

PDA: Planes de Descontaminación Atmosférica, Ministerio de Medio Ambiente, Chile

PECCA: Plan Estratégico de Control de Contaminantes Atmosféricos

PEMEX: Petróleos Mexicanos

PEN: Poder Ejecutivo Nacional, Argentina

PFA: Pacto Federal Ambiental – Argentina

PRODECA: Proyecto Integrador para la Determinación de la Calidad del Agua

PROFEPA: Procuraduría Federal de Protección del Ambiente - México

PROIMCA: Proyecto Integrador para la Mitigación de la Contaminación Atmosférica

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

SAYDS: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable – Argentina

SEI: Sistema Español de Inventario de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – México

SEPAR: Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica, España

SINCA: Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire, Chile

SMN: Servicio Meteorológico Nacional, Argentina

SNAP-97: Selected Nomenclature for Air Pollution 1997

SPA: Secretaría de Política Ambiental – Provincia de Buenos Aires, Argentina

TMDA: Tránsito Medio Diario Anual

TSP: Partículas en Suspensión Totales (Total Suspended Particles)

UNLZ: Universidad Nacional de Lomas de Zamora

US EPA: United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental – Estados Unidos)

UTN: Universidad Tecnológica Nacional

WHO: World Health Organization (OMS: Organización Mundial de la Salud)

ZCR GP: Zona de Circulación Restringida del Gran París

ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México

ZPA GP: Zona de Protección Atmosférica del Gran París

9. Índice de Figuras

Figura N°	Descripción	Página
1	Ilustración explicativa de los conceptos de emisión, transmisión e inmisión (fuente: IRAM 29.227:1999).	9
2	Etapas de la estrategia de control: fuente Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2002. Tecnoteca. México.	23
3	Puntos críticos para el control de la contaminación (fuente: Introduction to Environmental Engineering: Code N° PE389).	26
4	Mapa de la calidad de aire en tiempo real en el territorio de España. (fuente: página de air quality index).	34
5	Zonificación del ayuntamiento de Madrid. Estaciones de monitoreo: rojo: estaciones de tráfico, azul: estaciones de fondo urbano, verde: estaciones suburbanas. (fuente: Ecologistas en Acción, sitio web ong ambientalista)	35
6	Estaciones de monitoreo continuo en la región de Madrid (fuente: página de Air Quality Index).	36
7	Estaciones de monitoreo continuo de calidad de aire en el área del gran Londres. (fuente: página de Air Quality Index)	38
8	Zonas medioambientales de Francia. Zonas de Circulación Restringida (ZCR) y Zonas de Protección Atmosférica (ZPA).	40
9	Zonas de protección atmosférica en París ZCR y ZPA.	41
10	Resumen de las obleas distintivas referidas a las Normas Euro (Normativa Europea sobre emisión de contaminantes para vehículos).	42
11	Estaciones de monitoreo de calidad de aire en la Región de París.	43
12	En la página de Air Quality in Europe se pueden comparar los niveles de contaminación con días anteriores en diferentes ciudades.	43
13	Programas Proaire vigentes y en elaboración en México, en el marco de la ENCA.	51
14	Evaluación y seguimiento del programa para mejorar la calidad de aire en la zona metropolitana de México.	52
15	Población y flota vehicular de la zona metropolitana del valle de México. (ENCA, 155).	54
16	Cuencas atmosféricas de México. (fuente: ENCA, 155).	56
17	Medición de la calidad del aire en México. (fuente: ENCA, 155).	58
18	Promedio anual $MP_{2,5}$ en estaciones de monitoreo a lo largo del territorio de Chile. (fuente: Primer Reporte del Medio Ambiente, 2013).	61
19	Promedio anual MP_{10} en estaciones de monitoreo a lo largo del territorio de Chile. (fuente: Primer Reporte del Medio Ambiente, 2013).	61
20	Estaciones de monitoreo a lo largo del territorio de Chile, Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire para las estaciones con monitoreo continuo. (fuente: SINCA, Ministerio del Medio Ambiente, Chile)	64
21	Estaciones de monitoreo a lo largo del territorio de Chile, Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire para las estaciones con monitoreo continuo. (fuente: SINCA, Ministerio del Medio Ambiente, Chile)	65
22	Estaciones de monitoreo en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. (fuente: página del gobierno de CABA, imagen de Google Earth).	82
23	Municipio de Lomas de Zamora (imagen tomada de Google Maps).	86
24	Mapa regional que muestra el conjunto de las lagunas de Santa Catalina y los bañados y lagunas de Rocha (225).	87
25	Mapa regional indicando las cuencas Matanza-Riachuelo y Zona Sur sobre las que se encuentra el municipio de Lomas de Zamora (225).	88
26	Municipio de Lomas de Zamora, distribución de Delegaciones Municipales (imagen tomada de la página web de la Municipalidad de Lomas de Zamora).	88

27	Probabilidad diaria de precipitación y precipitación de lluvia promedio mensual de Lomas de Zamora (fuente: página web Wather Spark).	89
28	Rosa de los vientos promedio anual.	90
29	Rosa de los vientos promedio diurno y nocturno.	90
30	Rosa de los vientos promedio para cada estación del año.	91
31	Rosa de los vientos promedio para cada mes del año.	91
32	Ruta Provincial Nº 4 - Tramo 4 (elaboración propia, imagen tomada del Google Earth).	94
33	Ruta Provincial Nº 4 - Tramo 5 (elaboración propia, imagen tomada del Google Earth).	94
34	Ruta Provincial Nº 4 - Tramo 6 (elaboración propia, imagen tomada del Google Earth).	95
35	R.N.Nº 205 1er. Tramo, entre R.N.Nº A002 (Au. Riccheri) y Variante de la R.N.Nº 205.	96
36	Figura Nº 36: Distribución de las industrias declaradas agentes contaminantes en el distrito de Lomas de Zamora (elaboración propia).	98
37	Ubicación de los cuatro sitios de muestreo dentro del partido de Lomas de Zamora (elaboración propia, imagen tomada del Google Earth).	99
38	Ubicación de los sitios de muestreo dentro del partido de Lomas de Zamora (elaboración propia, imagen tomada del Google Earth).	100
39	Imagen del porta filtro de pre-separador/cassette.	103
40	Imagen del paquete de baterías.	104
41	Imagen del equipo montado.	104
42	Esquema de funcionamiento del filtro (fuente: ficha técnica Minivol TAS).	105
43	Detalle de los componentes del impactador y filtro para MP ₁₀ y MP _{2,5} .	105
44	Detalle de las funciones disponibles para el procedimiento de monitoreo (fuente: ficha técnica del Minivol TAS).	106
45	3M 3500 utilizado en este estudio (dimensiones 50mm x 30mm, fuente: ficha técnica de Monitoreadores Orgánicos 3M).	107
46	Ubicación geográfica de los domicilios de los alumnos que participaron en la muestra pertenecientes al Ciclo Superior de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria (elaboración propia sobre Google Earth).	114
47	Ubicación geográfica de los domicilios de los alumnos que participaron en la muestra pertenecientes al Ciclo Básico de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria, que funciona en Indelama SRL. (elaboración propia sobre Google Earth).	115
48	Esquema del Diagnóstico Cuadrante de Miller.	121
49	Distribución según género. Sede Facultad de Ingeniería, UNLZ.	123
50	Distribución según género y edad. Sede Facultad de Ingeniería, UNLZ.	123
51	Valores de FVC según género. Sede Facultad de Ingeniería, UNLZ.	126
52	Valores de FEV1 según género. Sede Facultad de Ingeniería, UNLZ.	126
53	Distribución por género. Sede Indelama SRL.	126
54	Distribución de edades por género. Sede Indelama SRL.	126
55	Valores de FVC según género. Sede Indelama.	129
56	Valores de FEV1 según género. Sede Indelama.	129
57	Ubicación del punto de monitoreo en la sede Facultad de Ingeniería, UNLZ.	130
58	Ubicación del punto de monitoreo en la sede Indelama.	130
59	Estación de monitoreo La Matanza, ACUMAR. Captura de pantalla de la página web aqicn.org.	132
60	Estación de monitoreo Dock Sud, ACUMAR. Captura de pantalla de la página web aqicn.org.	132
61	Mapa que muestra las estaciones de monitoreo en funcionamiento en Sud América. (fuente: captura de pantalla de la página web aqicn.org).	133
62	Tabla de valores y colores indicativos del Índice AQI (fuente: https://airnow.gov/index.cfm?Action=aqibasics.aqi)	135
63	Disposición de los 7 puntos de monitoreo continuo en el municipio de Lomas de Zamora (imagen de Google Earth, elaboración propia).	143

10. Índice de Tablas

Tabla N°	Descripción	Página
1	Comparación de los valores límites actuales de calidad de aire en la UE y los EE.UU. Junto con los establecidos por la OMS (150).	47
2	Comparación de estándares de la normativa de México y de la OMS para contaminantes criterio. (fuente: ENCA) (155).	57
3	Situación de los planes de descontaminación en Chile. (fuente: PDA) (158).	62
4	Anexo II de la Ley N° 20.284 (16/04/1973).	67
5	Centros de atención primaria de la salud (fuente: página del municipio de Lomas de Zamora).	93
6	Comparación de T.M.D.A. (fuente DVBA).	95
7	Evolución del parque automotor en la argentina (fuente: Observatorio Nacional de Datos de Transporte, Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial, UTN, datos tomados de ADEFA).	97
8	Evolución del parque automotor en la provincia de Buenos Aires (fuente: Observatorio Nacional de Datos de Transporte, Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial, UTN, datos tomados de ADEFA).	97
9	Valores obtenidos en las condiciones descritas para los parámetros cromatográficos más representativos.	109
10	Límites de detección para cada analito (LD, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).	110
11	Factores de recuperación por analito.	111
12	Valores obtenidos para MP en los distintos relevamientos.	117
13	Comparación de los valores obtenidos de MP con sitios similares en otras ciudades.	118
14	Concentración de MP_{10} obtenida comparada con niveles guía para la calidad de aire de OMS y Unión Europea.	119
15	Valores obtenidos para COVs en los distintos relevamientos.	119
16	Distribución de participantes en las espirometrías según ubicación de sedes de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria (Lomas de Zamora 2014-2016).	122
17	Distribución de participantes en la sede Facultad de Ingeniería, UNLZ.	122
18	Estadísticos descriptivos de parámetros espirométricos según género. Sede Facultad de Ingeniería, UNLZ.	123
19	Estadísticos descriptivos de parámetros antropométricos (edad, talla, peso) y parámetros espirométricos (FVC, FEV1, FEF25-75, FEV1/FVC). Sede Facultad de Ingeniería, UNLZ.	123
20	Coefficiente de Correlación de Pearson (r) entre parámetros antropométricos y respiratorios. Sede facultad de Ingeniería, UNLZ.	124
21	Prueba de normalidad. Sede Facultad de Ingeniería, UNLZ	125
22	Estadísticos descriptivos parámetros antropométricos (edad, talla, peso) y parámetros espirométricos (FVC [I], FEV1 [I], FEF25-75 [I/S], FEV1/FVC) en jóvenes 12-15 años, sede Indelama SRL.	127
23	Estadísticos descriptivos parámetros antropométricos (edad, talla, peso) y parámetros espirométricos (FVC [%], FEV1 [%], FEF25-75 [%], FEV1/FVC [%]) en jóvenes 12-15 años, sede Indelama SRL.	127
24	Coefficiente de Correlación de Pearson (r). Sede Indelama SRL.	128
25	Prueba de normalidad. Sede Indelama SRL.	128
26	Valores comparativos de las distintas variables analizadas, por género, considerando las poblaciones estudiantiles relevadas en ambas sedes.	129
27	Influencia de la topografía en la dispersión de contaminantes (fuente: USEPA).	138
28	Relación entre los tipos de sitios y las escalas de representatividad (fuente: US EPA, Tabla D1, Apéndice D, Parte 58 – 40 CFR 58).	142

11. Anexo I: Formulario de la Encuesta realizada en las dos etapas del relevamiento:

Cuestionario N°

Encuesta Epidemiológica

Proyecto

Contaminación atmosférica y salud de la población en el Partido de Lomas de Zamora. Desarrollo de indicadores de gestión y de políticas públicas para mitigación del impacto.

Área Ingeniería Ambiental
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Toda la información se analizará respetando las reglamentaciones legales de protección de datos.

Cuestionario N°.....

Declaración de Consentimiento para la Realización de Cuestionarios

Numerosos estudios realizados en diversos países lograron mostrar como la contaminación del aire se encuentra asociada con afecciones respiratorias y el desarrollo de alergias. Para conocer la situación a nivel local, estamos realizando un estudio comparativo de los efectos de la contaminación del aire en la salud infantil en Lomas de Zamora y alrededores. Para ello utilizamos tres herramientas básicas: medimos los niveles de contaminantes, realizamos un relevamiento con encuestas y realizamos espirometrías en voluntarios. En todos los casos utilizamos metodología validada internacionalmente.

En el cuestionario que sigue te realizaremos preguntas básicas acerca de las características de la vivienda y la zona donde reside tu grupo familiar, tus antecedentes de salud: alergias y enfermedades respiratorias, además de otros antecedentes familiares.

Te solicitamos dar tu asentimiento para responder el presente cuestionario mediante tu firma. La participación en este estudio es voluntaria y gratuita, y puede ser revocado en todo momento aún sin indicar las razones.

Finalizado el estudio, los resultados obtenidos les serán oportunamente comunicados.

"Estoy de acuerdo con participar en la encuesta y con la utilización de la información que contiene, en el contexto del proyecto " *Contaminación atmosférica y salud de la población en el Partido de Lomas de Zamora. Desarrollo de indicadores de gestión y de políticas públicas para mitigación del impacto.* "

.....
Nombre y Apellido

.....
Firma y DNI

.....
Fecha de nacimiento

.....
Fecha y lugar

Para preservar el anonimato, esta declaración de consentimiento junto con la primera hoja con sus datos personales, se guardan bajo llave y separada del cuestionario.

Cuestionario N°.....

DATOS PERSONALES del participante del estudio**Fecha de Nacimiento** (día / mes / año):**Edad:****Sexo:** masculino femenino **Datos confidenciales y opcionales:**

Para preservar el anonimato, esta primera hoja con sus datos personales junto a la declaración de consentimiento, se guardan bajo llave y separada del cuestionario.

Nombre y Apellido:**Domicilio** (calle/número/departamento):
.....**Localidad:****Teléfono:****Observaciones:**
.....

Se reitera que sus datos se mantienen bajo el secreto profesional. Serán utilizados exclusivamente en el contexto de las disposiciones de protección legal de datos para el estudio

Cuestionario N°.....

A. Zona de Residencia y Vivienda Familiar			
A.1	Domicilio		
A.2	¿Cuántas personas viven en tu casa?		
A.3	¿Desde cuándo viven ustedes en la dirección citada? (meses o años)		
A.3.1	La vivienda está ubicada (marcar todas las opciones afirmativas) :		SI
A.3.1.1	En un Asentamiento		<input type="checkbox"/>
A.3.1.2	En un barrio de plan de viviendas		<input type="checkbox"/>
A.3.1.3	Barrio con calles de tierra sin veredas ni desagües		<input type="checkbox"/>
A.3.1.4	Barrio con veredas y desagües pero con viviendas precarias o muy deterioradas		<input type="checkbox"/>
A.3.1.5	Barrio con veredas, desagüe y calles asfaltadas		<input type="checkbox"/>
A.3.1.6	Cercana a un basural.		<input type="checkbox"/>
A.3.1.7	Cercana a aguas servidas.		<input type="checkbox"/>
A.3.1.8	Zona Inundable		<input type="checkbox"/>
A.3.1.10	Sobre una calle de tránsito principal o cruce de semáforos o loma de burro.		<input type="checkbox"/>
A.3.1.11	Sobre un parque o espacio verde.		<input type="checkbox"/>
A.3.1.12	Cercana (1 km de distancia) a un establecimiento Industrial de gran envergadura.		<input type="checkbox"/>
A.3.1.13	Cercana (500 m de distancia) a un establecimiento Industrial pequeño o mediano (carpintería, metalúrgica, construcción, soldaduras, etc.)		<input type="checkbox"/>
A.3.1.14	Cercana (100 m) a una tintorería.		<input type="checkbox"/>
A.3.1.15	Cercana (500 m) a una estación de servicio.		<input type="checkbox"/>
A.3.1.16	Otro.....		<input type="checkbox"/>
A.4	Tipo de vivienda		A.5 Material de los pisos
A.4.1	Casa <input type="checkbox"/>		A.5.1 Mosaico, madera, <input type="checkbox"/>
A.4.2	Casilla <input type="checkbox"/>		A.5.2 Alfombra o baldosa plástica <input type="checkbox"/>
A.4.3	Rancho <input type="checkbox"/>		A.5.3 Cemento o ladrillo fijo <input type="checkbox"/>
A.4.4	Departamento <input type="checkbox"/>		A.5.4 Ladrillo suelto o tierra <input type="checkbox"/>
A.4.5	Inquilinato <input type="checkbox"/>		A.5.5 Otro:]
A.4.6	Pensión <input type="checkbox"/>		
A.4.7	Otro <input type="checkbox"/>		
A.6	Posee		
A.6.1	Baño <input type="checkbox"/>	A.6.4 Inodoro con botón o cadena de arrastre de agua	<input type="checkbox"/>
A.6.2	Letrina <input type="checkbox"/>	A.6.5 Inodoro sin botón o cadena de arrastre de agua	<input type="checkbox"/>
A.6.3	Ninguna <input type="checkbox"/>	A.6.6 Sin Inodoro	<input type="checkbox"/>
A.7	Servicios		
A.7.1	Agua		
A.7.1.1	De red pública o agua corriente <input type="checkbox"/>	A.7.1.4	cañería y red interna en la vivienda <input type="checkbox"/>
A.7.1.2	De perforación (bombedor) <input type="checkbox"/>	A.7.1.5	Sólo cañería en la vivienda <input type="checkbox"/>
A.7.1.3	De superficie (río o lago) <input type="checkbox"/>	A.7.1.6	Provisión de agua fuera del terreno <input type="checkbox"/>
A.7.1.7	Otro:		
A.7.2	El desagüe del inodoro es...		
A.7.2.1	A red pública (cloacas) <input type="checkbox"/>	A.7.2.3	A cámara séptica y pozo ciego <input type="checkbox"/>
A.7.2.2	Solamente pozo ciego <input type="checkbox"/>	A.7.2.4	Otro:
A.7.3	Suministro de electricidad		
A.7.3.1	con medidor particular <input type="checkbox"/>	A.7.3.3	Sin medidor <input type="checkbox"/>
A.7.3.2	con medidor compartido <input type="checkbox"/>	A.7.3.4	No tiene electricidad <input type="checkbox"/>

Cuestionario N°.....

B. Actividad Escolar	
B.1	Dirección del Establecimiento escolar al que asiste actualmente su hijo (quien participa del estudio)
B.1.1	Nombre: Escuela Tecnológica Preuniversitaria "Ing. Carlos E. Giudici"
B.1.2	Calle: Ruta 4 y Juan XXIII. Facultad de Ingeniería UNLZ.
B.1.3	Localidad: Lomas de Zamora
B.2	Este se ubica: SI
D.2.1	en la proximidad de un parque <input type="checkbox"/>
D.2.2	próximo a una calle de tránsito principal <input type="checkbox"/>
D.2.3	cercana (1 km de distancia) a un establecimiento industrial de gran envergadura <input type="checkbox"/>
D.2.4	próximo a zona ribereña <input type="checkbox"/>

Cuestionario N°.....

C. Hábitos en la casa

C.1 ¿Actualmente se fuma en su hogar?

Si la respuesta es **NO** pase a la pregunta **C.3**

C.2 ¿Cuántos cigarrillos se fuman en su hogar diariamente?

C.2.1 Ocasionalmente

C.2.2 Pocos (5)

C.2.3 Intermedio (5-10)

C.2.4 Muchos (más que 10)

C.3 ¿Qué combustible utilizan para calefacción? (se puede marcar mas de una opción).

C.3.1 Madera, carbón C.3.4 Electricidad

C.3.2 Gas natural C.3.5 Kerosén

C.3.3 Gas envasado C.3.6 otros

C.4. ¿En su hogar, qué utilizan para cocinar? (se puede marcar más de una opción)

C.4.1 madera, carbón C.4.4 electricidad

C.4.2 gas natural C.4.5 kerosén

C.4.3 Gas envasado C.4.6 otros

C.5. ¿Ha observado manchas de humedad o mohos en su vivienda? SI

C.5.1 En que sitio:

D. Historia Clínica Familiar

D.1 En tu familia tienen o tuvieron broncoespasmo o síntomas asociados al asma?

SI madre padre hermanos otros convivientes

D.2 En tu familia tuvieron o tienen bronquitis crónica?

SI madre padre hermanos otros convivientes

Cuestionario N°.....

**Declaración de Asentimiento para la Realización de Estudios
Espirométricos en los Participantes**

Numerosos estudios realizados en diversos países lograron mostrar como la contaminación del aire se encuentra asociada con afecciones respiratorias y el desarrollo de alergias. Para conocer la situación a nivel local, estamos realizando un estudio comparativo de los efectos de la contaminación del aire en la salud pública en Lomas de Zamora y alrededores. Para ello utilizamos tres herramientas básicas: medimos los niveles de contaminantes, realizamos un relevamiento con encuestas epidemiológicas y realizamos espirometrías. En todos los casos utilizamos metodología validada internacionalmente.

Para estudiar la capacidad pulmonar utilizamos una técnica conocida como espirometría. La misma consiste en soplar, como mínimo tres veces, en una boquilla descartable conectada a una computadora. De este modo se obtienen parámetros fisiológicos y gráficos que muestran el funcionamiento del pulmón, y un diagnóstico de su estado. Simultáneamente cada participante es medido y pesado.

Te solicitamos dar tu asentimiento a la realización de dichas medidas mediante su firma. La participación en este estudio es voluntaria y gratuita, y puede ser revocado en todo momento aún sin indicar las razones.

Finalizado el estudio, los resultados obtenidos les serán oportunamente comunicados.

Estoy de acuerdo en realizar las medidas espirométricas y con la utilización de la información que se obtenga, en el contexto del proyecto "Contaminación atmosférica y salud de la población en el Partido de Lomas de Zamora. Desarrollo de indicadores de gestión y de políticas públicas para mitigación del impacto".

.....
Nombre y Apellido del participante

.....
Firma del participante y DNI

.....
Fecha de nacimiento del participante

.....
Fecha y lugar

Para preservar el anonimato, esta declaración de consentimiento junto con la primera hoja con sus datos personales, se guardan bajo llave y separada del cuestionario.

12. Anexo II: Resultados de muestreo de material particulado (MP)

Inicio	Finalización	Zona muestreo	Tamaño MP	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2015				
13-abr	15-abr	Facultad	MP ₁₀	32,65
07-abr	13-abr	Facultad	MP _{2,5}	25,39
2016				
23-sep	26-sep	Facultad	MP ₁₀	46,30
26-sep	03-oct	Facultad	MP _{2,5}	9,90
23-sep	26-sep	Indelama	MP ₁₀	54,37
26-sep	03-oct	Indelama	MP _{2,5}	11,75
2017				
07-ago		Facultad	TSP	35,63
09-ago	14-ago	Facultad	MP _{2,5}	8,22
08-ago		Indelama	TSP	49,59
09-ago	14-ago	Indelama	MP _{2,5}	10,96
14-ago	17-ago	Indelama	MP ₁₀	87,96
14-ago	17-ago	Facultad	MP ₁₀	67,45
22-ago	28-ago	Facultad	MP _{2,5}	20,68
22-ago	28-ago	Indelama	MP _{2,5}	20,66
17-ago	22-ago	Indelama	MP ₁₀	41,39
17-ago	22-ago	Facultad	MP ₁₀	36,46
28-ago		Facultad	TSP	46,33
29-ago		Indelama	TSP	79,01
31-ago	08-sep	Indelama	MP _{2,5}	17,60
31-ago	08-sep	Facultad	MP _{2,5}	17,73
03-oct	06-oct	Urbano	MP ₁₀	67,94
02-oct	05-oct	Parque industrial	MP ₁₀	60,19
06-oct	11-oct	Urbano	MP _{2,5}	14,68
06-oct	11-oct	Parque industrial	MP _{2,5}	13,69
11-oct		Parque industrial	TSP	83,33
12-oct		Urbano	TSP	53,33

13. Anexo III: Resultados de muestreo de compuestos orgánicos volátiles (COVs)

COVs	Fac Ing. UNLZ 2014 19/5 - 18/6	Pque. Industrial 2015 07/04 - 11/05	Fac Ing. UNLZ 2015 7/04 - 11/5	Indelama 2015 16/11 - 16/12	Fac Ing. UNLZ 2016 23/09 - 31/10	Indelama 2016 23/09 - 31/10
Hexano	1,321	7,701	0,993	3,429	1,459	3,429
Alcanos	4,264	20,192	3,124	8,045	3,916	5,779
Acetato de etilo	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Cloroformo	<LD	6,897	0,714	1,665	1,171	7,301
Compuestos clorados	0,077	7,400	1,147	1,742	1,297	7,544
Ciclohexano	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Tetracloruro de carbono	<LD	1,503	0,438	0,223	0,477	0,405
BTEX	4,581	42,146	4,669	29,074	8,617	15,223
Benceno	0,395	2,723	0,378	1,302	0,477	0,683
1,2-EDC	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Heptano	0,049	3,018	0,918	0,534	0,675	0,601
3-metil-2-butanona	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
Aldehídos y cetonas	0,093	0,948	0,047	0,116	0,068	0,299
n-Propilacetato	<LD	<LD	<LD	1,844	0,439	<LD
MIBK	<LD	0,584	0,047	0,052	0,032	0,299
Tolueno	2,528	21,956	2,381	14,474	4,974	7,598
percloroetileno	0,077	0,465	0,047	0,066	0,121	<LD
Acetato de butilo	0,279	26,538	0,402	0,432	0,476	13,816
Clorobenceno	<LD	0,037	0,385	0,012	0,005	0,243
Etilbenceno	0,205	1,138	0,141	2,596	0,225	0,415
m+p-Xileno	1,083	10,206	1,160	6,735	1,996	4,406
Nonano	0,808	2,435	0,332	0,722	0,567	0,917
o-Xileno	0,370	6,124	0,610	3,968	0,946	2,120
Etoxietilacetato	<LD	0,723	0,089	<LD	0,116	0,773
Cumeno	0,068	0,373	0,055	0,083	0,062	0,120
Ciclohexanona	0,093	0,364	<LD	0,064	0,037	<LD
Undecano	1,676	6,435	0,759	2,814	1,098	0,757
Dodecano	0,411	0,603	0,121	0,545	0,116	0,074
COVs T	18,4	170,5	19,0	80,5	29,4	72,8

LD (límite de detección)= 0,05 µg/m³

14. Anexo IV: Total de precipitaciones caída (en mm), en los períodos de monitoreo de MPFuente: <https://www.tutiempo.net/clima/ws-875760.html> noviembre 2018

Inicio	Finalización	Zona muestreo	Tamaño MP	Precipitación de lluvia [mm]
2015				
13-abr	15-abr	Facultad	MP ₁₀	13, 14 y 15/04 sin precipitaciones
07-abr	13-abr	Facultad	MP _{2,5}	7 al 10/04 0mm; 11/04 0,51mm y 12 y 13/04 0mm
2016				
23-sep	26-sep	Facultad	MP ₁₀	23/09 al 26/09 sin precipitaciones
26-sep	03-oct	Facultad	MP _{2,5}	26/09 al 02/10 0mm y 03/10 8,89mm
23-sep	26-sep	Indelama	MP ₁₀	23/09 al 26/09 sin precipitaciones
26-sep	03-oct	Indelama	MP _{2,5}	26/09 al 02/10 0mm y 03/10 8,89mm
2017				
07-ago		Facultad	TSP	07/08 sin precipitaciones
09-ago	14-ago	Facultad	MP _{2,5}	9 y 10/08 0mm; 11 y 12/08 23,88mm y 11,94mm; 13 y 14/08 0mm
08-ago		Indelama	TSP	08/08 4,06mm
09-ago	14-ago	Indelama	MP _{2,5}	9 y 10/08 0mm; 11 y 12/08 23,88mm y 11,94mm; 13 y 14/08 0mm
14-ago	17-ago	Indelama	MP ₁₀	14 al 17/08 sin precipitaciones
14-ago	17-ago	Facultad	MP ₁₀	14 al 17/08 sin precipitaciones
22-ago	28-ago	Facultad	MP _{2,5}	22 al 24/08 0mm; 25, 26 y 27/08 3,05mm, 16mm y 0,25mm; 28/08 0mm
22-ago	28-ago	Indelama	MP _{2,5}	22 al 24/08 0mm; 25, 26 y 27/08 3,05mm, 16mm y 0,25mm; 28/08 0mm
17-ago	22-ago	Indelama	MP ₁₀	17 y 18/08 0mm; 19 y 20/08 7,11mm y 0,76mm; 21 y 22/08 0mm
17-ago	22-ago	Facultad	MP ₁₀	17 y 18/08 0mm; 19 y 20/08 7,11mm y 0,76mm; 21 y 22/08 0mm
28-ago		Facultad	TSP	28/08 sin precipitaciones
29-ago		Indelama	TSP	29/08 sin precipitaciones
31-ago	08-sep	Indelama	MP _{2,5}	31/08 al 02/09 0mm; 03 y 04/09 2,03mm y 4,06mm; 05 al 08/09 0mm
31-ago	08-sep	Facultad	MP _{2,5}	31/08 al 02/09 0mm; 03 y 04/09 2,03mm y 4,06mm; 05 al 08/09 0mm
03-oct	06-oct	Urbano	MP ₁₀	03/10 2,06mm; 04 al 06/10 0mm
02-oct	05-oct	Parque industrial	MP ₁₀	02 y 03/10 5,08mm y 2,06mm; 04 al 05/10 0mm
06-oct	11-oct	Urbano	MP _{2,5}	06 al 11/10 sin precipitaciones
06-oct	11-oct	Parque industrial	MP _{2,5}	06 al 11/10 sin precipitaciones

11-oct		Parque industrial	TSP	11/10 sin precipitaciones
12-oct		Urbano	TSP	12/10 7,11mm