

Mediciones de Material Particulado y Ruido Ambiental en la Ciudad de Oberá, Misiones

Ferreyra Tatiana Belén^a, Enríquez Héctor Darío^a, Cruz, Eugenio Rubén^b
Kolodziej Sebastián Federico^b

^a Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ingeniería (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^b Laboratorio Ambiental, Facultad de Ingeniería (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina

e-mails: belentferreyra18@gmail.com, enriquez@fio.unam.edu.ar, eugenio.cruz@fio.unam.edu.ar, sebastian.kolodziej@fio.unam.edu.ar,

Resumen

La presente investigación, tuvo como objetivo evaluar preliminarmente la calidad del aire en la ciudad de Oberá mediante el monitoreo de Material Particulado Total en suspensión (PMT) y ruido ambiental, tomando de referencia para la metodología de medición las respectivas Normas IRAM sobre PMT y ruido. Se seleccionaron cuatro estaciones representativas de distintos entornos (rural, urbano de alta densidad, urbano de baja densidad e industrial), donde se realizaron mediciones en diferentes horarios. Las concentraciones de PMT fueron comparadas con valores de referencia de la OMS y otras normativas, mientras que los niveles de ruido se contrastaron con los límites establecidos por la Ordenanza N°1926/2000 del municipio de Oberá. El estudio evidenció un comportamiento variable de los contaminantes según la zona y el horario, destacándose mayores concentraciones en la zona industrial y en áreas de tránsito vehicular intenso. Si bien las mediciones fueron de corta duración, los resultados obtenidos permiten contar con una primera caracterización ambiental del área y sirven como base para futuros estudios y medidas de gestión. Asimismo, se comprobaron las capacidades del instrumental empleado y se formularon recomendaciones específicas para mitigar la exposición a contaminantes atmosféricos y ruido en zonas críticas.

Palabras Clave –Calidad del Aire, Contaminación Acústica, Material Particulado, Monitoreo Ambiental.

1. Introducción

La calidad del aire es un aspecto fundamental para la salud pública y el bienestar de las comunidades. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Material Particulado Total en suspensión (PMT) constituye uno de los principales contaminantes atmosféricos, cuya presencia en el ambiente puede generar efectos adversos sobre la salud respiratoria y cardiovascular, así como impactos en el medio ambiente [1]; este organismo se encarga de fijar además los límites de concentración admitidos para los contaminantes que pueden estar presentes en el aire.

Según investigaciones [2] las principales fuentes generadoras de contaminantes del aire son los procesos de combustión, principalmente de la combustión del carbón y debido al transporte vehicular, además otras fuentes son las industrias, la construcción, los trabajos agrícolas, las actividades domésticas, los servicios, entre otras.

En lo que respecta al ruido, organismos internacionales han incluido a este contaminante dentro de los temas ambientales de investigación prioritaria [3]. La contaminación por ruido no es un problema exclusivo de países desarrollados, sino que afecta también a aquellos que se encuentran en vías de desarrollo, siendo por lo tanto necesario conocer las fuentes de su generación y adoptar políticas de planificación tendientes a minimizarlo o evitarlo [4].

En la ciudad de Oberá, el crecimiento urbano, el tránsito vehicular, las actividades industriales y las prácticas agrícolas pueden contribuir a la emisión de material particulado y ruido, generando la necesidad de evaluar su presencia en el aire de manera sistemática.

En este contexto, la presente investigación desarrollada en el marco de una Práctica Profesional Supervisada, tuvo como propósito realizar un diagnóstico preliminar de la calidad del aire en Oberá, mediante la medición de concentraciones de PMT y Ruido Ambiental en diferentes puntos de la ciudad. Para ello, en cuanto a PMT, se siguió la metodología establecida por la Norma IRAM 29269:2023 [5], adaptada al contexto local, con el objetivo de generar datos fiables que sirvan como base para futuras acciones de gestión ambiental. Las mediciones de Ruido Ambiental se realizaron siguiendo criterios de la IRAM 4062:2, Ruidos Molestos al Vecindario [6].

2. Metodología

Para llevar a cabo este diagnóstico ambiental, se desarrolló una estrategia de muestreo basada en criterios técnicos y normativos, que incluyó la selección de estaciones representativas la planificación y realización de las mediciones. A continuación, se describen los procedimientos aplicados en cada etapa del estudio.

2.1 Selección de puntos de toma de muestras

La primera etapa consistió en la identificación y selección estratégica de puntos de muestreo que representaran de manera integral las distintas características ambientales y usos del suelo en Oberá. Para ello, se consideraron criterios técnicos y ambientales, tales como:

- Diversidad de entornos: Se seleccionaron cuatro estaciones que abarcan zonas rurales, urbanas (tanto céntricas como periféricas) e industriales, con el fin de obtener un diagnóstico representativo y comparar niveles de contaminación en diferentes contextos.
- Presencia de fuentes emisoras: Se priorizaron sitios con influencia potencial de fuentes de material particulado, como tránsito vehicular intenso, actividades industriales y áreas rurales con posible suspensión de polvo o quema de biomasa.
- Accesibilidad y seguridad: Se eligieron puntos accesibles para el traslado y montaje del equipo, garantizando la seguridad durante las mediciones.
- Dirección preponderante de los vientos en la región, como factor de propagación del material particulado [7].
- Capacidad para realizar mediciones simultáneas o consecutivas con representatividad temporal adecuada.

La ubicación de las estaciones de medición, seleccionadas para este estudio abarcó diferentes tipos de entornos: rural, industrial, urbano céntrico y urbano periférico. Los puntos elegidos fueron los siguientes:

- Punto 1. Ruta Provincial N°5. Límite municipal Oberá - Los Helechos (zona rural).
- Punto 2. Ruta Nacional N°14. Rotonda Mirador - Parque de las Naciones (zona industrial).
- Punto 3. Distrito Residencial de alta densidad, Oberá, Plaza Las Malvinas (zona urbana céntrica).
- Punto 4. Distrito Residencial de baja densidad, Oberá, Plaza Barrio Punta Alta (zona urbana periférica).

El siguiente mapa (fig. 1) muestra la localización geográfica de cada uno de los puntos donde se realizaron los muestreos, permitiendo visualizar la distribución espacial dentro del ejido urbano y sus alrededores.

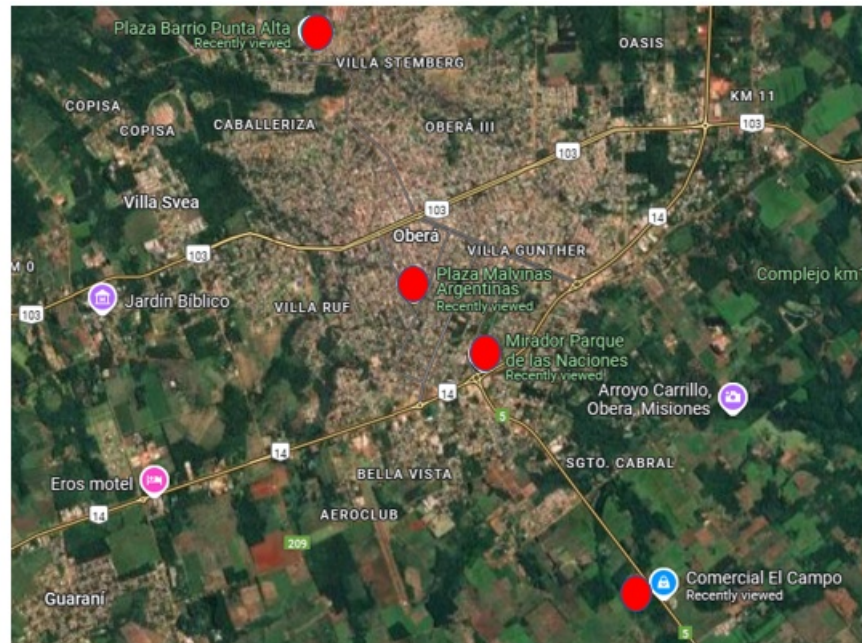


Fig.1. Localización de las estaciones de estudio. Fuente: Google maps

2.2 Planificación y diseño de la metodología de recolección de datos

Durante el desarrollo del trabajo, se llevó a cabo una rigurosa planificación de la metodología para la recolección de datos, basándose en la Norma IRAM 29269:2023, la cual establece procedimientos para la medición in situ de PMT.

Las actividades incluyeron:

- Definición de parámetros a medir: Se estableció medir la concentración másica promedio, mínima y máxima de PMT.
- Configuración del equipo: El monitor DustTrak II fue configurado para registrar datos en intervalos de un minuto, utilizando unidades mg/m^3 que luego fueron convertidas a $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para análisis normativo.
- Elaboración de fichas de registro: Se diseñaron formatos para documentar datos técnicos, condiciones ambientales y observaciones relevantes durante cada medición.
- Pruebas y calibración: Se realizaron pruebas preliminares para garantizar la correcta operación y calibración del equipo antes de salir a campo, ajustando parámetros según recomendaciones de la norma y el fabricante.

- Establecimiento de protocolos de muestreo: Se definieron duraciones (25 a 30 minutos por punto), horarios (mañana y tarde para evaluar variaciones temporales) y procedimientos de instalación del equipo (altura y ubicación).

El equipo utilizado para las mediciones de ruido es un sonómetro integrador IEC61672-1 Clase 2 que opera en un rango de frecuencia de 31.5 Hz – 8 kHz. Las mediciones fueron tomadas en respuesta lenta. Los datos almacenados por el instrumento permiten la determinación posterior de los niveles máximos registrados y el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE).

2.3 Relevamiento de datos

El relevamiento de datos fue desarrollado en dos jornadas diferenciadas. El primero se realizó el 13 de febrero de 2025 por la mañana, y el segundo el 6 de marzo de 2025 por la tarde. En ambas fechas se llevaron a cabo mediciones en las cuatro estaciones seleccionadas, registrando datos de concentración de PMT y ruido ambiental. En cada sitio, el equipo fue montado sobre un trípode a una altura aproximada de 1,5 metros, garantizando previamente su correcta calibración y funcionamiento.

En cuanto al muestreo de PMT, se midieron concentraciones por minuto durante períodos de entre 21 y 30 minutos por estación, según el día. Se obtuvieron valores promedio, máximos y mínimos, y se documentaron condiciones ambientales como temperatura, humedad, velocidad del viento, presencia de tránsito u otras actividades que pudieran influir en los resultados. También se registraron eventos particulares, como quema de residuos, movimiento de suelo o tránsito de vehículos pesados.

Simultáneamente, se realizó el relevamiento de niveles de ruido ambiental registrando de forma continua los niveles de presión sonora durante el mismo período de medición antes mencionado. A partir de esos datos, se calcularon el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE), así como los valores máximos y mínimos para cada estación. Las mediciones se realizaron conforme a procedimientos técnicos, y los resultados obtenidos fueron posteriormente comparados con los límites máximos establecidos por la Ordenanza Municipal N°1926, según la clasificación del uso del suelo. Esta integración permitió caracterizar de manera conjunta y contextualizada las condiciones ambientales de cada estación de medición.

3. Resultados

3.1 Concentraciones de PMT

Durante las dos jornadas de medición realizadas en la ciudad de Oberá, se obtuvieron datos de la concentración de PMT en las cuatro estaciones definidas para el relevamiento. A continuación, se presenta el análisis detallado de los resultados obtenidos.

Tabla 1. Concentraciones de PMT Primer día de medición. Turno mañana. Fuente: Elaboración propia

CONCENTRACIONES DE PMT DIA 1								
Estación de medición	Zona	Turno*	Horario inicio (hs./min./seg.)	Horario fin (hs./min./seg.)	Conc. másica promedio (mg/m ³)	Conc. másica mínima (mg/m ³)	Conc. másica máxima (mg/m ³)	Tiempo de muestreo (min.)
Punto 1	Rural	M	8:50:59	9:21:05	-0.001	-0.025	0.289	30
Punto 2	Industrial	M	9:35:38	10:05:37	0.002	-0.012	0.092	30
Punto 3	Urbana AD	M	10:17:08	10:47:07	0.01	0.002	0.277	30
Punto 4	Urbana BD	M	11:02:33	11:32:32	0.004	0.001	0.075	30

*Turno: M = mañana. T = Tarde

Tabla 2. Concentraciones de PMT Segundo día de medición. Turno tarde. Fuente: Elaboración propia

CONCENTRACIONES DE PMT DIA 2								
Estación de medición	Zona	Turno*	Horario inicio (hs./min./seg.)	Horario fin (hs./min./seg.)	Conc. másica promedio (mg/m ³)	Conc. másica mínima (mg/m ³)	Conc. másica máxima (mg/m ³)	Tiempo de muestreo (min.)
Punto 1	Rural	T	17:51:28	18:16:38	0.024	0.013	0.153	25
Punto 2	Industrial	T	17:17:17	17:42:22	0.037	0.015	0.173	25
Punto 3	Urbana AD	T	16:46:15	17:08:06	0.02	0.011	0.116	21
Punto 4	Urbana BD	T	16:08:24	16:33:32	0.028	0.018	0.071	25

*Turno: M = mañana. T = Tarde

La comparación entre jornadas evidencia que la mayor concentración promedio de PMT durante el primer día se registró en el Punto 3: Plaza Las Malvinas, una zona urbana céntrica caracterizada por intenso tránsito vehicular y actividad comercial. En la segunda jornada, realizada por la tarde, se observa un aumento generalizado en todas las estaciones, destacándose la estación Punto 2: Mirador - Parque de las Naciones con un valor promedio de 0.037 mg/m³, siendo la más alta registrada de las mediciones. Así, se concluye que la zona industrial (Punto 2) representa el punto de mayor concentración de material particulado en el contexto analizado.

Los niveles negativos que se observan en la tabla 1, corresponde a una diferencia con el punto de calibración de referencia, que se realiza al inicio de cada medición.

A continuación, se presenta una tabla resumen con las estaciones que alcanzaron los valores más elevados en cada jornada.

Tabla 3. Resumen de estaciones con mayores concentraciones. Fuente: Elaboración propia

Jornada	Estación de mayor concentración	Zona	Valor promedio (mg/m ³)
Día 1 – Mañana	Punto 3. Plaza Malvinas	Urbana céntrica	0.01
Día 2 – Tarde	Punto 2. Mirador - Parque de las Naciones	Industrial	0.037
Mayor valor general	Punto 2. Mirador - Parque de las Naciones (Día 2)	Industrial	0.037

Al contrastar los resultados obtenidos con las normativas vigentes, se identificaron ciertas limitaciones metodológicas que condicionaron la posibilidad de realizar una evaluación completamente ajustada a dichos estándares. En primer lugar, las mediciones realizadas fueron de corta duración (21 a 30 minutos), por lo que no resultan representativas de promedios diarios o anuales, como los requeridos por las guías de calidad del aire. Además, se registraron algunos valores negativos puntuales atribuibles a errores instrumentales, los cuales fueron descartados del análisis. Por último, el monitoreo se centró exclusivamente en PMT, sin discriminar fracciones como PM₁₀ o PM_{2.5}, que son las utilizadas como referencia normativa en términos de impacto sobre la salud pública.

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos ofrecen un primer panorama sobre la calidad del aire en distintos sectores de la ciudad, y constituyen una base valiosa para el desarrollo de futuros estudios con metodologías de mayor duración y frecuencia.

Si bien la provincia de Misiones no cuenta actualmente con una normativa específica que establezca límites permisibles de material particulado en aire ambiente exterior, se utilizó como referencia el valor guía diario propuesto por la Organización Mundial de la Salud [1], que sugiere un umbral de 45 µg/m³ para PM₁₀.

En base a los resultados obtenidos durante las dos jornadas de monitoreo, se observó que todas las estaciones se mantuvieron por debajo de dicho límite. Estos datos permitieron comprobar el adecuado funcionamiento del equipo utilizado, el cual demostró ser apto para detectar y registrar concentraciones de material particulado en diversas condiciones ambientales y en distintos contextos urbanos, suburbanos, rurales e industriales.

3.2 Ruido Ambiental

A continuación, se presentan los niveles de ruido registrados durante ambas jornadas de campo en las cuatro estaciones de monitoreo seleccionadas. Los valores corresponden al Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE), así como los niveles máximos y mínimos detectados durante los períodos de medición.

Tabla 4. Reporte de ruidos del 1er día de campo. Fuente: Elaboración Propia

Estación de Medición	NSCE (dB)	Nivel Máximo (dB)	Nivel Mínimo (dB)
Punto 4. Plaza Barrio Punta Alta	44.97	61.2	35.2
Punto 3. Plaza Las Malvinas	55.60	77.7	45.0
Punto 2. Mirador	67.76	89.4	40.5
Punto 1. Entrada Los Helechos	-	-	-

Tabla 5. Reporte de ruidos del 2do día de campo. Fuente: Elaboración Propia

Estación de Medición	(NSCE) [dB]	Nivel Máximo (dB)	Nivel Mínimo (dB)
Punto 4. Plaza Barrio Punta Alta	44.4	72.6	33.8
Punto 3. Plaza Las Malvinas	53.11	71.4	43.5
Punto 2. Mirador	63.32	75.9	52.5
Punto 1. Entrada Los Helechos	72.79	97.6	44.5

Según el plan de zonificación urbana de Oberá y la ordenanza N°1926/1999 [8], los niveles de ruido registrados permiten identificar que:

- Las estaciones situadas en zonas residenciales (R2), como Punto 4: Plaza Barrio Punta Alta y Punto 3: Plaza Las Malvinas, presentaron valores promedio (NSCE) dentro de los límites establecidos, aunque con picos altos en momentos puntuales.
- En estaciones ubicadas en sectores de actividad económica o tránsito intenso, como el Punto 2: Mirador - Parque de las Naciones, los valores registrados resultan compatibles con su clasificación urbana, aunque cercanos al límite superior.
- En zonas no plenamente urbanizadas o mixtas, como el Punto 1: Entrada Los Helechos, se registró el valor más crítico de todas las mediciones tomadas, excediendo los límites de cualquier categoría.

4. Conclusión

Los resultados obtenidos evidencian una relación directa entre el uso del suelo y los niveles de contaminación atmosférica y sonora en la ciudad de Oberá. En puntos de medición con alta circulación vehicular, actividad industrial o calles sin pavimentar, como en el Punto 2: Mirador o Punto 2: Los Helechos, se registraron concentraciones de PMT y niveles de ruido superiores al resto de las estaciones. Este patrón es consistente con estudios previos que señalan al tránsito y a las fuentes industriales como los principales emisores de contaminantes en entornos urbanos y periurbanos [9].

La mayor presencia de partículas en suspensión durante los horarios vespertinos puede atribuirse tanto al aumento del tránsito como a condiciones atmosféricas que dificultan la dispersión, como la inversión térmica o la baja velocidad del viento. Este comportamiento también ha sido documentado en otras ciudades de Argentina y América Latina [1], destacando la influencia de los patrones horarios en la dinámica de los contaminantes.

En cuanto a los niveles de ruido, se observó que en zonas de uso mixto o con actividades productivas, como Punto 1: Los Helechos, se exceden los límites establecidos por la Ordenanza Municipal 1926/1999. Este hallazgo es relevante dado que, según la OMS, la exposición prolongada a niveles superiores a 70 dB puede generar impactos negativos en la salud, incluyendo trastornos del sueño, estrés y problemas cardiovasculares.

Aunque las mediciones fueron puntuales y de corta duración, por lo que no es posible realizar comparaciones anuales ni aplicar plenamente los valores guía de la OMS para PM₁₀ y PM_{2.5}, los resultados permiten realizar una primera caracterización diagnóstica de la calidad ambiental en Oberá. En este sentido, se concluye que las concentraciones de PMT, si bien más elevadas en zonas críticas, se mantuvieron dentro de valores aceptables según normativas locales. En cambio, los niveles de ruido excedieron en varios casos los límites permitidos, lo que requiere una atención especial desde el punto de vista sanitario y urbanístico.

Se recomienda avanzar hacia la instalación de una red de monitoreo ambiental continuo que permita evaluar tendencias temporales y espaciales, incorporar mediciones de fracciones respirables (PM₁₀ y PM_{2.5}), y desarrollar encuestas de percepción ciudadana para enriquecer el análisis técnico con información social.

5. Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud, «Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire: partículas en suspensión (PM_{2.5} y PM₁₀), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono,» OMS, Ginebra, 2021.
- [2] D. Allende, F. Ruggeri, E. Puliafito, Y. Sanchez y A. Porta, «Modelo de calidad de aire urbana en alta resolución para el Gran La Plata,» *Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 4, n° 2, pp. 27-40, 2016.
- [3] G. M. González y A. Santillán, «Del concepto de ruido urbano al de paisaje sonoro,» *Revista Bitácora Urbano Territorial*, vol. 1, n° 10, pp. 39-52, 2006.
- [4] B. Zamorano González, F. Cárdenas Peña, V. Sierra Parra, Y. Narváez Velázquez y J. Martínez Vargas, «Contaminación por ruido en el centro histórico de Matamorros,» *Multidisciplinary Scientific Journal*, vol. 5, n° 25, pp. 20-27, 2015.
- [5] IRAM 29269:2023, «Calidad ambiental - Calidad de aire. Sistemas automáticos de medición para la determinación de la concentración másica de material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}) en el aire ambiente,» IRAM, Buenos Aires, 2023.
- [6] IRAM 4062-2:2021, «IRAM 4062-2 Ruidos Molestos al vecindario. Método de medición y calificación en la vía pública y en exteriores linderos con la vía pública,» IRAM, Buenos Aires, 2021.
- [7] S. Kolodziej, E. Cruz y E. Scherf, «Propuesta de puntos para la evaluación de la calidad de aire en un distrito de la ciudad de Oberá, Misiones,» de *Semana Internacional de Engenharia e Economia FAHOR*, Horizontinas, Brasil, 2023.
- [8] M. Honorable Consejo Deliberante Ciudad de Oberá, *Ordenanza Municipal N°1926. Modificatoria a la Ordenanza N°046, Control de la Contaminación Sonora*, Oberá, 1999.
- [9] Dirección de Salud y Educación Ambiental, «Evaluación de riesgos para la salud por la presencia de contaminantes del aire exterior,» Acumar, Buenos Aires, 2019.