



JIDeTEV- Año 2022 -ISSN 2591-4219

Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



Identificación y clasificación de actividades que generan material particulado en la ciudad de Oberá

Scherf, Estefanía Juliana ^{a*}, Kolodziej, Sebastián Federico ^b, Cruz, Eugenio Rubén ^c

^a Becaria LABAM, Estudiante de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

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

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

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

Resumen

Actualmente existen muchos contaminantes que repercuten en la calidad del aire y en la salud de las personas. Entre estos contaminantes se encuentra el material particulado, que son partículas que se encuentran suspendidas en el aire. Según un primer análisis bibliográfico, éstas provienen, en su mayoría, del tráfico vehicular y de la actividad industrial. En el presente trabajo se identifican las principales industrias de la ciudad de Oberá que generan material particulado y se han tomado registros para conocer el tráfico vehicular existente en la localidad. De esta manera se pudo identificar la zona con mayor concentración de industrias generadoras de material particulado y los sectores de mayor flujo vehicular.

Palabras Clave – Actividad industrial; Material particulado; Tráfico vehicular.

1. Introducción

El deterioro de la calidad del aire es una problemática actual que se va agravando con el transcurrir del tiempo. Esto se debe a que cada vez son más las fuentes que generan algún tipo de contaminación y que son muy pocas las medidas que se adoptan para controlar la misma, o bien dichas medidas comienzan a ser implementadas cuando la contaminación alcanza niveles muy altos, donde sus efectos negativos resultan muy evidentes y muy difícil de revertirlos.

En las ciudades más pequeñas o medianas, donde la contaminación del aire comienza a incrementarse, la falta de recursos técnicos y/o humanos no permiten conocer la situación real, a fin de poder ir implementando las medidas de control adecuadas para evitar llegar a niveles límite de contaminación.

Entre los principales contaminantes del aire se encuentran gases y partículas. El material particulado es un indicador común de la contaminación del aire, y según datos de la OMS, afecta a más personas que ningún otro contaminante.

El material particulado (MP o PM) consiste en partículas que pueden ser líquidas o sólidas, orgánicas o inorgánicas, que se encuentran en suspensión en el aire. Estas partículas forman parte de la contaminación del aire y pueden producir reacciones químicas con el mismo. El MP consiste principalmente en partículas de carbón no quemado, nitratos, sulfatos, amonio, cloro y metales como hierro, mercurio y plomo. Según su tamaño se clasifican en tres tipos:

- Partículas Sedimentables, aquellas cuyo diámetro aerodinámico es mayor a 10 micrómetros nominales, y que se depositan en la nariz.

- Partículas Inhalables, partículas cuyo diámetro aerodinámico se encuentra entre 2,5 y 10 micras, que se depositan en la faringe y laringe.
- Partículas Respirables, cuyo diámetro aerodinámico es inferior a 2,5 micrómetros nominales, y que se depositan en el árbol traqueo-bronquial, afectando a la región alveolar.

A su vez, en la normativa se habla principalmente de dos tipos de material particulado:

- PM10: partículas cuyo diámetro aerodinámico inferior o igual a 10 micrómetros nominales.
- PM2.5: partículas con diámetro aerodinámico inferior o igual a 2,5 micrómetros nominales.

Además, el material particulado puede ser clasificado como primario, si es emitido directamente a la atmósfera y secundario si se forma debido a reacciones entre contaminantes en la atmósfera o se modifica por condensación.

El material particulado (MP) tiene efectos nocivos sobre la salud humana, que se manifiesta especialmente por problemas cardiovasculares y respiratorios. Entre las enfermedades que se conocen ligadas a la presencia de MP en el aire respirado, se pueden citar: EPOC, asma ocupacional, alergias, bronquitis crónica hasta cáncer ocupacional, o enfermedades laborales como la silicosis, asbestosis o tabacosis.

Los efectos negativos de las concentraciones de partículas en el aire dependen básicamente del contaminante y sus propiedades (composición química, concentración, morfología, densidad y tamaño de partícula). El MP2.5 causa efectos en diferentes órganos, incluido el hígado. Incluso, puede inducir estrés oxidativo sobre las células y que tiene el potencial de inducir toxicidad genética en los hepatocitos alterando la función hepática.

Los límites de concentraciones de estos materiales que establece la OMS (Organización Mundial de la Salud) se observan en la figura 1.

Contaminante	Tiempo promedio	Meta intermedia				Nivel de las directrices sobre la calidad del aire
		1	2	3	4	
MP _{2,5} , µg/m ³	Anual	35	25	15	10	5
	24 horas ^a	75	50	37,5	25	15
MP ₁₀ , µg/m ³	Anual	70	50	30	20	15
	24 horas ^a	150	100	75	50	45
O ₃ , µg/m ³	Temporada alta ^b	100	70	-	-	60
	8 horas ^a	160	120	-	-	100
NO ₂ , µg/m ³	Anual	40	30	20	-	10
	24 horas ^a	120	50	-	-	25
SO ₂ , µg/m ³	24 horas ^a	125	50	-	-	40
CO, mg/m ³	24 horas ^a	7	-	-	-	4

^a Percentil 99 (es decir, 3-4 días de superación por año).

^b Promedio de las concentraciones máximas diarias de O₃ (medias octohorarias) en los seis meses consecutivos con la concentración media móvil de O₃ más alta.

Fig. 1. Niveles recomendados de las directrices sobre la calidad del aire y metas intermedias

Estas directrices se aplican a entornos interiores y exteriores a nivel mundial, y son valores guías que sirven para evaluar si una población está expuesta o no, y en qué medida lo está, según los niveles de determinados contaminantes atmosféricos que pueden generar problemas de salud. Sin embargo, estos valores pueden no proteger plenamente la salud humana, porque en las investigaciones no se han identificado los umbrales debajo de los cuales no se producen efectos adversos [2].

Según las investigaciones [3] las principales fuentes generadoras de material particulado del tipo primario 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.

Por otro lado, el material particulado secundario se forma como resultado de reacciones químicas a partir de la presencia de materiales gaseosos llamados precursores. Los principales gases precursores de las partículas son el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles. Los dos primeros son emitidos, principalmente, por los vehículos y por las industrias, y, la mayoría de las emisiones orgánicas provienen de actividades agrícolas y combustión de biomasa.

Algunos estudios preliminares realizados en la provincia de Córdoba (Argentina) han demostrado que la principal fuente de emisión de contaminantes a la atmósfera, en esa provincia, es el tránsito vehicular, y este varía considerablemente con la población, según análisis realizados en las ciudades de Córdoba y Río Ceballos [4].

Según investigaciones, realizadas en el Gran La Plata (Argentina), las emisiones industriales y el transporte vehicular son los mayores contribuyentes a las emisiones de MP10 y MP2.5 (aproximadamente un 30% del total cada uno). Le siguen a éstos los sectores de transporte ferroviario, generación de energía y navegación en el área considerada. Cabe aclarar, que las ramas más importantes según la cantidad de establecimientos de la industria manufacturera son la “alimenticia” (30%) y la “fabricación de productos metálicos, maquinarias y equipos” (28%) [5].

En el presente trabajo se propone como objetivo identificar las principales fuentes de generación de material particulado que pueden localizarse en la ciudad de Oberá, tomando de referencia las investigaciones antes mencionadas, que califican a la actividad industrial y al tráfico vehicular como los principales generadores de MP.

2. Metodología

Para la caracterización de la contaminación del aire, en principio se llevó a cabo un relevamiento bibliográfico para identificar trabajos, investigaciones y publicaciones que permitan tener antecedentes sobre las principales causas, fuentes de contaminación y metodologías de evaluación para caracterizar este tipo de contaminación. A partir de este relevamiento, se definió al tráfico vehicular y la actividad industrial como los principales contribuyentes a la contaminación por

material particulado y gases, destacándose el MP como uno de los agentes que más afecta a la salud de las personas.

Para la caracterización del tráfico vehicular y la actividad industrial, se tomó de referencia información disponible e investigaciones anteriores publicadas por el grupo de investigación del Laboratorio Ambiental de la Facultad de Ingeniería.

Para la identificación de las industrias que generan material particulado, se basó la búsqueda en un relevamiento anterior realizado para caracterizar las diferentes actividades productivas de la ciudad de Oberá, el cual fue completado con un análisis de los distintos rubros y actividades que producen este tipo de contaminante.

Luego, se realizaron recorridos en distintos sectores de la localidad y mediante *Google Maps* se obtuvo información acerca de la ubicación de las mismas, corroborando la información disponible e incorporando o eliminando las actividades productivas que se encontraban en dicho relevamiento.

Con respecto al tráfico vehicular, se han tomado registros para conocer la intensidad del tráfico existente. Las mediciones preliminares corresponden a un periodo de media hora, en diferentes horarios discriminado entre la mañana (7 a 12:30 horas) y la tarde (16 a 20 horas). Dicho registro fue llevado a cabo en varios días de semana, principalmente entre lunes y viernes. En general, los días de la semana más representativos para registrar el tráfico vehicular, son los lunes, jueves y viernes. En el conteo se ha diferenciado el tipo de vehículo entre motos, autos, camionetas, camiones y colectivos.

3. Resultados

3.1. Clasificación de las industrias según el tipo de material particulado que podrían generar

Inicialmente, en una tabla, se especificaron las diferentes actividades que se realizan en la ciudad de Oberá y que generan material particulado, ya sea del tipo MP10 como MP2.5. Luego, tomando de referencia la información propuesta por el Instituto de Ecología y Cambio Climático del Estado Mexicano [3] y, teniendo en cuenta la similitud con las partículas generadas en las diferentes industrias de Oberá, se procedió a establecer los tamaños usuales de las mismas, tal como se presenta en la tabla 1:

Tabla 1: Actividad productiva y tipo de Material particulado que pueden generar

Actividades	Material particulado	Tamaños usuales
Aserraderos	Aserrín, polvo y cenizas de madera Hollín, humo	PM2,5-PM10 <PM2,5
Carpinterías	Aserrín, polvo de madera	PM2,5-PM10
Secaderos de té	Polvo de té, cenizas Hollín, humo	PM2,5-PM10 <PM2,5
Secaderos de yerba	Polvo de yerba, cenizas Hollín, humo	PM2,5-PM10 <PM2,5
Constructoras	Polvo de ladrillo, cemento, arena	PM2,5-PM10
Metalúrgicas	Polvo de metal Humo de soldadura	PM2,5-PM10 < PM2,5

Fábricas de premoldeados
Fábricas de bloques de hormigón
Renovación de neumáticos

Polvo de cemento
Polvo de cemento
Polvo de caucho

PM2,5-PM10
PM2,5-PM10
PM2,5-PM10

Una vez identificados los distintos rubros se realizó una investigación y recopilación de datos de las distintas industrias ubicadas en la ciudad que se dedican a estas actividades.

Cada una de las industrias identificadas fue registrada en una tabla, junto con las actividades que realiza, su correspondiente ubicación, el distrito al cual pertenece y el tipo de material particulado que genera.

Del análisis de los datos registrados, se pudo determinar que en la ciudad de Oberá predominan las industrias dedicadas al rubro de la madera, principalmente aserraderos y carpinterías. El segundo lugar es ocupado por las metalúrgicas. En la tercera posición se encuentran los secaderos de té y yerba mate, tal como se observa en la figura 2.

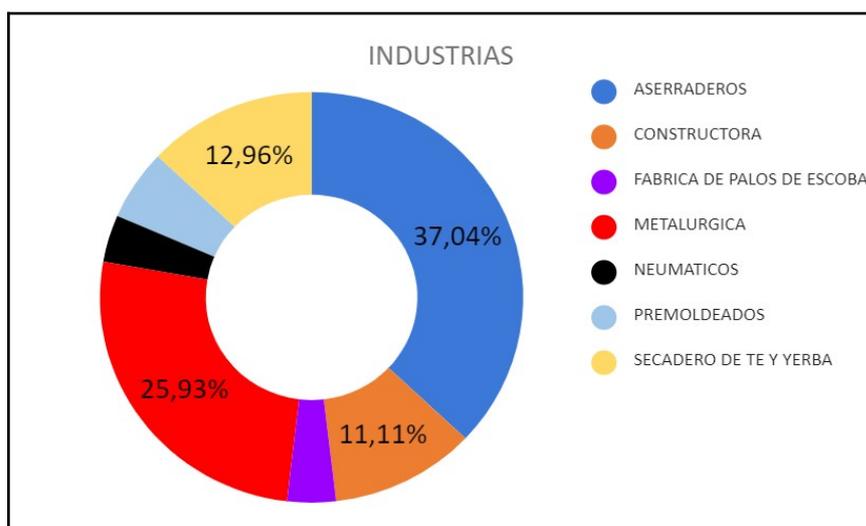


Fig. 2. Proporción de actividades productivas en la ciudad de Oberá.

3.2. Zonas de mayor concentración de industrias que generan MP

Mediante el análisis de los datos obtenidos se logró identificar el distrito de mayor concentración de industrias generadoras de material particulado. Como se observa en la figura 3, el distrito correspondiente es el de “Equipamiento Productivo (E2)” (Según el Plan Urbano Ambiental de la Ciudad de Oberá), con 19 industrias, de las cuales 7 son aserraderos, 5 metalúrgicas y el resto corresponde a los demás rubros identificados.

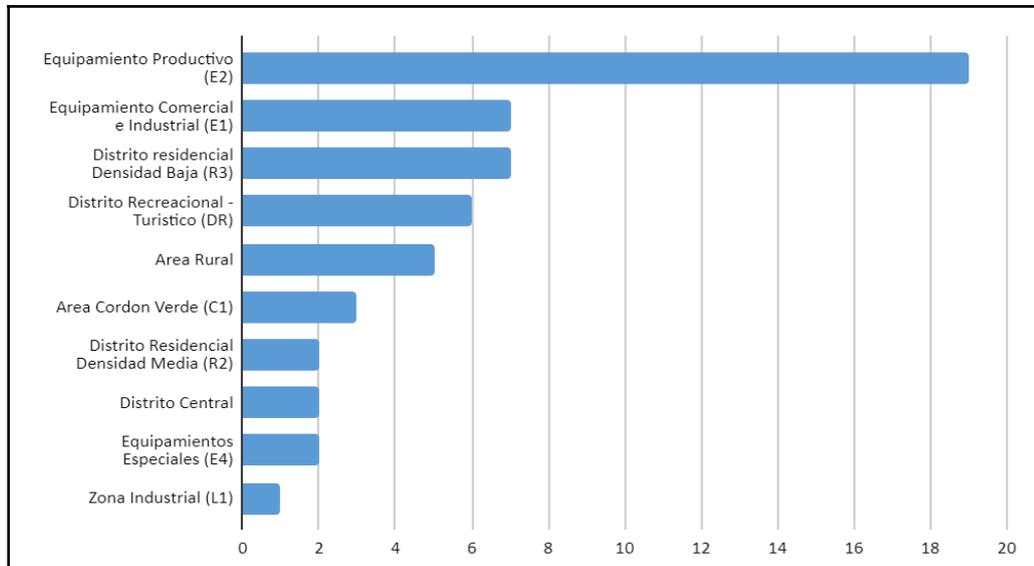


Fig. 3. Cantidad de Industrias por distritos en la ciudad de Oberá

Este distrito se encuentra ubicado en la zona sur de la ciudad, a la vera de la Ruta NN14, y dentro de este distrito la mayoría de las industrias se ubican hacia el sector suroeste.

3.3. Identificación de sectores con mayor tráfico vehicular

En la tabla 2 se indica el flujo de vehículos en las principales avenidas de la ciudad. Para el recuento de vehículos se ha diferenciado en algunas de las avenidas, ambos sentidos de circulación, (entrada y salida de la ciudad), esto es, en el caso de las avenidas Sarmiento, Libertad y de las Américas porque ambas vías están separadas aproximadamente unos 20 metros, por plazoletas centrales.

Si bien todas las avenidas tienen un flujo importante de vehículos, superior a los 100 por cada media hora, existen algunos puntos a destacar.

Tabla 2. Cantidad de vehículos en las principales avenidas de la ciudad de Oberá, durante media hora de observación en diferentes días [6]

Avenida	Horario	Sentido de circulación	Autos	Motos	Camionetas	Camiones	Colectivos	TOTAL
Sarmiento	Mañana	Centro - RNNº14	121	27	65	6	4	224
Sarmiento	Tarde	Centro - RNNº14	155	41	58	3	4	261
Sarmiento	Mañana	RPNº103 - Centro	160	25	38	4	1	228
Sarmiento	Tarde	RPNº103 - Centro	187	40	42	1	0	270
Sarmiento	Mañana	Centro - RPNº103	186	24	48	3	0	261
Sarmiento	Tarde	Centro - RPNº103	230	46	46	1	0	322
Americas	Mañana	Centro - RNNº14	61	29	46	3	2	142
Americas	Tarde	Centro - RNNº14	63	21	43	4	2	134
Libertad	Mañana	RNNº14 - Centro	166	36	56	9	3	270
Libertad	Tarde	RNNº14 - Centro	202	60	68	4	3	337
Libertad	Mañana	Centro - RNNº14	184	37	66	10	4	301
Libertad	Tarde	Centro - RNNº14	197	36	52	3	4	292
Italia	Mañana	Total	73	38	17	4	29	161
Italia	Tarde	Total	70	15	50	2	24	161
RNNº14	Mañana	Total	98	39	50	41	5	233
RNNº14	Tarde	Total	214	92	100	41	13	460
Inmigrantes	Mañana	Total	51	33	12	11	11	118
Inmigrantes	Tarde	Total	132	30	30	25	7	224

En general se puede observar un mayor flujo de vehículos por las tardes que por las mañanas.

Las Avenidas, Italia y de las Américas son las de menor flujo vehicular, sin embargo, la primera tiene una importante cantidad de colectivos de transporte urbano e interurbano, ya que como se ha mencionado esta avenida conecta la terminal de ómnibus con el resto de la ciudad. En cuanto a la Avenida de las Américas solo se ha tomado para el recuento, un sentido de circulación, el que sale de la ciudad.

Las avenidas Sarmiento y Libertad son las de mayor flujo vehicular y en esta última se observa una mayor circulación de camiones, principalmente por las mañanas.

La RNNº14 supera en flujo a las demás, principalmente por la tarde, destacándose un importante movimiento de tránsito pesado, sobre todo camiones. La Avenida de los Inmigrante también posee un importante número de vehículos pesados, en comparación con las otras avenidas, destacando la presencia de camiones y de colectivos, que al igual que la RNNº14 en su mayoría son de media y larga distancia.

Considerando el tráfico vehicular, la zona de la Ruta NNº14 corresponde al sector donde sería mayor la generación de material particulado originado por esta fuente.

3.4. Características del clima de la Región

El clima resulta en un factor influyente en la permanencia, dilución y transporte de los contaminantes en el aire. Uno de los parámetros a considerar en este análisis es el viento, el cual contribuyen a que los contaminantes generados, principalmente partículas en este caso, se desplacen a lugares distantes de las zonas donde son generados.

Según el Anuario estadístico de la Provincia de Misiones [7], los vientos soplan generalmente del sudeste, nordeste y este, en orden de frecuencia.

En la figura 4, se presenta un gráfico de rosa de los vientos del histórico del año 2021 en la ciudad de Oberá, donde se aprecia que los vientos provienen principalmente del este, sureste y nordeste, y las velocidades se encuentran, en la mayoría de los casos, por debajo de los 22 km/h.



Fig. 4. Dirección preponderante de vientos en la ciudad de Oberá.

Este factor ambiental, no resulta menor al momento de considerar la propagación del material particulado. Según los relevamientos realizados, las zonas de mayor generación de material particulado, tanto debido a la actividad industrial como así también al tráfico vehicular se encuentra en la zona sur, sureste de la ciudad. La dirección preponderante de los vientos que inciden sobre el municipio proviene mayormente del sureste y el este. Esto genera una mayor probabilidad de transporte del material particulado hacia los distritos centrales y residenciales de la ciudad, es decir, las zonas más pobladas del municipio.

4. Conclusiones

Con la realización de la presente investigación se pudo identificar las zonas de la ciudad de Oberá con mayor generación de material particulado, la cual corresponde al distrito clasificado como E2: Equipamiento Productivo, según la zonificación establecida en el Plan Urbano Ambiental de la ciudad de Oberá.

En el distrito mencionado se encuentra la mayor cantidad de industrias de la ciudad que generan material particulado PM10 y PM2.5.

Además, la arteria con mayor circulación de vehículos corresponde a la Ruta NN°14, la cual atraviesa el Distrito E2, coincidiendo en esta zona, las principales fuentes de generación de material particulado.

A partir del relevamiento realizado se pretende avanzar con la definición de puntos para la medición de material particulado en la ciudad, a fin de cuantificar las cantidades que se generan y la posibilidad de propagación de las mismas hacia otras zonas del municipio.

5. Referencias

- [1] “Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire: partículas en suspensión (PM2.5 y PM10), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono”, Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 2021. [Online] Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2] “Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre”, Organización Mundial de la Salud, 2005. [Online] Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=5C43954663D707DDBACC8BFB96166994?sequence=1
- [3] “Qué son, cómo son y cómo se originan las partículas”, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México. [Online] Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/695/queson.pdf>
- [4] García Ferreyra, M. F. & Carreras Aranciba, H. A. (2008). Análisis de la genotoxicidad de material particulado recolectado en dos ciudades de la Provincia de Córdoba, Argentina, mediante el ensayo de micronúcleos. [Online] Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29917104>
- [5] Allende, D., Ruggeri, F., Puliafito E., Sanchez, Y. & Porta, A. (2016). Modelo de calidad de aire urbana en alta resolución para el Gran La Plata. [Online] Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/65278/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [6] Koloziej S. F., Cruz E. R., Hillebrand P. Barrios J. L. Caracterización del Ruido en la Ciudad de Oberá, Argentina. Identificación de receptores sensibles al ruido y principales fuentes generadoras. IX Simposio Internacional de Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias. Brasil. 2016.
- [7] “Anuario estadístico de la Provincia de Misiones”, Instituto Provincial de Estadísticas y Censos, 2019. [Online] Disponible en: <https://ipecmisiones.org/wp-content/uploads/2021/11/Anuario-Estadistico-de-la-provincia-de-Misiones-2019.pdf>