

# CONTAMINACIÓN POR VEHÍCULOS EN MENDOZA. DIAGNÓSTICO ACTUAL Y PRONÓSTICO PARA EL AÑO 2010

E. Puliafito, M. Guevara, C. Puliafito, M. Gantuz y R. Inzirillo

## Resumen

El diagnóstico ambiental sobre la calidad del aire en Mendoza muestra claramente que las emisiones vehiculares representan la fuente más importante del deterioro de su calidad del aire. Más aún se espera que estas emisiones aumenten como consecuencia de un aumento del tránsito automotor. Se hace indispensable una nueva planificación del transporte público de manera de ofrecer nuevas opciones al usuario que habitualmente usa su vehículo particular.

El objeto de esta investigación es determinar a) los aspectos más relevantes para la calidad del aire, y su potencial deterioro por efecto de la circulación de vehículos; b) una proyección a futuro, estableciendo además la distribución geográfica de los principales contaminantes derivados del tránsito.

El análisis ambiental se ha realizado basado en: a) mediciones continuas de calidad del aire de ozono superficial  $O_3$ , nitrógenos totales  $NO_x$ , monóxido de carbono CO y partículas suspendidas totales (PST); b) datos de estaciones fijas con mediciones de 24 h de  $NO_x$ , asufres  $SO_2$ , PST y plomo Pb, c) censo de tránsito en numerosas esquinas de la ciudad d) estructura del parque automotor y e) encuesta de origen y destino de los viajes diarios en Mendoza.

Se ha desarrollado además un modelo usando un sistema de información geográfica, que permite establecer las características de emisión e inmisión proveniente de las fuentes móviles. Se puede demostrar que, dependiendo del escenario futuro elegido, se espera un incremento del 30 al 40% en los niveles de contaminación que podrían evitarse con la incorporación de un nuevo sistema de transporte.

## 1. Introducción

Como en muchas ciudades, el aumento en el tránsito vehicular, privado y público es responsable del empeoramiento de la calidad del aire. Este deterioro se manifiesta fundamentalmente como un aumento en las enfermedades respiratorias, sobre todo las bronquitis, una disminución de la productividad, una disminución del valor artístico y cultural del área contaminada.

En el área central del Gran Mendoza, el 70% de las emisiones de los contaminantes principales provienen de las fuentes móviles. Las zonas industriales, localizadas sobre la periferia del área urbana, contribuyen con el otro 30%. Así existen refinerías de petróleo, industrias petroquímicas y de producción de energía en el suroeste, mientras que dos industrias productoras de cemento se ubican en el extremo norte. Otras actividades como las agroindustrias se localizan hacia el este de la ciudad.

Durante 1999 se propuso a las autoridades y la sociedad en general un sistema multimodal de transporte, que consiste en el reemplazo de los micro-ómnibus diesel por el de tranvías eléctricos, trolebuses y la de trenes eléctricos para las distancias medias.

Para responder a la pregunta sobre la influencia que tendría un nuevo proyecto de transporte público eléctrico multimodal, se ha elaborado una evaluación ambiental que incluye todos los aspectos relevantes para determinar la calidad del aire, y su potencial deterioro por efecto de las fuentes móviles. Para ello se ha desarrollado una herramienta de análisis espacial usando un sistema de información geográfica, determinando no sólo cómo y cuánto contribuyen las emisiones de los vehículos a los niveles respirables de contaminación del aire para la situación actual, sino que se ha hecho una proyección a futuro, estableciendo además su distribución geográfica. En síntesis se realizaron los siguientes pasos:

1. Análisis de la situación actual (base cero sin proyecto).
2. Proyección de la situación al año 2010 (sin proyecto) con un escenario similar al actual pero con un crecimiento poblacional y del parque automotor.
3. Proyección de la situación al año 2010 con proyecto. En este punto se han establecido dos escenarios posibles.
4. Comparación de la situación con proyecto y sin proyecto.

Tres han sido las áreas de trabajo principales:

- 1) Modelar las fuentes móviles en Mendoza. Sobre un mapa digital de las calles del Gran Mendoza, se efectuó una categorización de las calles y medición de intensidad de tráfico en diversos puntos.
- 2) Relevar y realizar mediciones de meteorología y de contaminación propia para su uso en los cálculos, modelos y como calibración de los resultados.
- 3) Preparar los mapas conteniendo la información más relevante.

## **2. Meteorología y geografía**

La ciudad de Mendoza, (33° S, 68° W), con alrededor de 895.000 habitantes, se sitúa a 750 m s.n.m., al pie de la Cordillera de Los Andes con una altura promedio de 5000 m. Esta barrera geográfica tiene un fuerte efecto en las condiciones meteorológicas locales, que pueden resumirse como sigue: a) bajas precipitaciones 180 a 200 mm/año especialmente durante los meses de verano; b) vientos promedios de <2 m/s, generalmente calmos (<0,5 m/s) el 35% de los casos con direcciones predominantes del N 5%, NE 10%, E 6%, SE 8%, S 26%, SW 9%, W <1%, NW <1 %; c) baja humedad relativa (50%) con pocas incidencias de nieblas; d) 65 a 75 días con cielos cubiertos al año. Los vientos del NE provienen de la presencia de un anticiclón semipermanente sobre el Atlántico al sur del paralelo 30, perteneciendo al sistema de vientos del Atlántico (Schlink [1]). El viento Zonda (viento cálido y seco del NW) predomina en las capas superiores de la troposfera inferior la mayor parte del año y junto a las situaciones anticiclónica en los meses de invierno, con alta probabilidad de heladas, favorecen la aparición de eventos de alta contaminación en la ciudad debido a la formación de capas de inversión (Norte [2]).

## **3. Metodología**

El modelo que se ha desarrollado, usa un sistema de información ambiental que permite determinar los patrones característicos de emisión e inmisión en la trama urbana.

Los principales datos de entrada al modelo son a) las emisiones medias de los vehículos según el tipo y combustible, b) distancias medias recorridas, c) censos de tránsitos en diversos puntos de la ciudad, d) estructura del parque automotor, e) encuesta de origen y destino de los viajes diarios, y f) otros indicadores como crecimiento poblacional, cantidad de vehículos por habitantes, entre otros. La calibración y posterior validación del modelo se ha realizado usando a) mediciones continuas de inmisión realizadas por el Instituto IEMA de ozono superficial O<sub>3</sub>, nitrógenos totales NO<sub>x</sub>, monóxido de carbono CO y partículas suspendidas totales (PST); b) datos de estaciones fijas con mediciones de 24 h. de NO<sub>x</sub>, azufres SO<sub>2</sub>, PST y plomo Pb, operadas por el Ministerio de Ambiente y Obras Públicas de la Provincia de Mendoza (Puliafito [3,4]).

El modelo se aplica a tres condiciones diversas. Primero para realizar un diagnóstico de la situación actual; segundo como pronóstico de la situación futura de acuerdo a un escenario de desarrollo de la ciudad bajo condiciones de crecimiento estable de la población, aumento del tráfico vehicular manteniendo el actual sistema de transporte público; y tercero comparar el segundo caso cuando se cambia el sistema de transporte público.

#### 4. Patrones característicos de los contaminantes aéreos

Las condiciones meteorológicas y orográficas del Gran Mendoza, juntamente con las diversas actividades del hombre, generan un patrón de comportamiento característico de la contaminación aérea. El análisis de los datos ambientales de Mendoza, permiten reconocer varios ciclos bien definidos:

- 1) El primero de ellos lo configura la variación estacional (invierno-verano) que establece un patrón anual caracterizado por niveles de inmisión elevada en los meses invernales e inferiores en los meses estivales. La figura 1 muestra la variación estacional de los valores medios diarios de partículas (PST), medidos en una de las estaciones fijas del Ministerio de Ambiente y Obras Públicas.
- 2) Otro ciclo que se distingue claramente, es la variación típica noche-día, caracterizada por una circulación del tipo valle-montaña. Durante las horas que siguen al atardecer hasta el amanecer, la circulación predominante es del SSW, mientras que en las horas de luz la circulación es principalmente de WNW. Dada la fuerte irradiación solar en Mendoza, durante las horas de luz existe una importante circulación convectiva. La combinación de estos efectos, sumados a los fuertes enfriamientos nocturnos y calentamientos diurnos del suelo, produce una importante variación diaria de la altura de mezclado y capas de inversión. Este varía entre unos 50-100 metros de noche a más de 1500 metros durante el mediodía, dependiendo de la época del año. La figura 2 muestra un día típico a través de mediciones continuas de radiación solar, viento, inmisiones de  $O_3$ , CO y  $NO_x$  realizadas por el IEMA en su sede. En este gráfico se aprecia claramente el fenómeno descrito anteriormente como producto de la actividad humana reflejadas en las emisiones típicas del tráfico. Así entre las 7 y 9 de la mañana se aprecia el pico de circulación de vehículos de inicio de actividades diarias. Durante el mediodía, a pesar que en Mendoza existe una mayoría de personas que regresan al hogar para la pausa del mediodía, esta actividad vehicular no se manifiesta tan dramáticamente en las mediciones de los contaminantes, debido a condiciones más favorables de dispersión por convección. Sin embargo entre las 20 y 21 horas, cuando se produce el regreso al hogar, las mediciones de contaminantes son muy elevadas por una reducción en las condiciones de dispersión.
- 3) Existe todavía un ciclo típico semanal, que confirma el diagnóstico sobre la importancia de las fuentes móviles en la determinación de la calidad del aire. La figura 3 muestra el valor medio anual de los niveles de inmisión para PST y  $NO_x$  según el día de la semana, tomados de una serie de datos de varios años en las estaciones fijas. Así, de lunes a jueves los valores son similares, mientras que se aprecia una reducción importante de viernes a domingo. A través del análisis de frecuencia de Fourier (FFT) de los datos se distinguen claramente los ciclos presentados anteriormente. En la figura 4 se representa el cálculo de la FFT para una serie de 1024 datos diarios de PST. En el eje de ordenada se presenta la frecuencia de repetición (en  $1/\text{seg } f = 1/T$ , siendo T el período considerado). Para  $f = 0,1428$  ( $T = 7$  días) se distingue un máximo relativo. Otros ciclos importantes lo constituyen las frecuencias correspondientes a los múltiplos de 7 días (14, 28 y 35 días). Este último ciclo podría indicar el tiempo del ciclo de acumulación-ventilación de la ciudad por vientos sinópticos.

#### 5. Emisiones de las fuentes móviles

Las emisiones de contaminantes provenientes de fuentes móviles pueden asociarse en general a tres factores, resumidos en la siguiente ecuación:

$$E = Nxel \quad (1)$$

donde  $E$  (g/h) es la emisión en el tiempo considerado, N es el número de vehículos circulando por hora, e es un factor específico de emisión medido en g/km por vehículos, / es la distancia media recorrida en km. Debe notarse que e, a su vez es una función de:

- tipo y antigüedad del vehículo

- tipo de combustible utilizado
- régimen de marcha

Del análisis de estos tres factores surgen diversas medidas tendientes a disminuir las emisiones de contaminantes provenientes de las fuentes móviles.

**1. Número de vehículos *N*:** El diagnóstico ambiental de Mendoza muestra claramente el aumento de nitrógenos y partículas asociadas al incremento del parque automotor. La reducción de *N* no sólo debe interpretarse como una disminución de los vehículos, sino la reducción del número de viajes. Esto implica varias medidas posibles:

- Incentivar y mejorar el transporte público
- Aumentar la tasa de ocupación del vehículo particular
- Coordinar con otras actividades o simplificar los horarios de trabajos para optimizar el uso de los espacios de circulación, la demanda del transporte y el uso del vehículo particular.

**2. - Tasa de emisión *e*:** Este factor está directamente relacionado a la tecnología disponible, al combustible utilizado, pero también a la antigüedad, uso y régimen de marcha. Evidentemente las normas buscan la reducción de este índice. También se logra este objetivo a través de un control sobre el estado de mantenimiento de los vehículos. Existen varios ejemplos y normas respecto de las revisiones obligatorias o inspecciones periódicas de vehículos. Asimismo se han establecido diversos mecanismos de prueba que puedan contemplar la multiplicidad de factores que se combinan para establecer este número. La tasa efectiva de emisión también se reduce evitando las congestiones y manteniendo una marcha regular. Por ejemplo a través de la sincronización inteligente de la red semafórica. Otro recurso utilizado para la disminución de emisión de contaminantes es la incorporación de un catalizador de oxidación y luego el de tres vías para vehículos nafteros (y naftas sin plomo), y el uso de otros combustibles como el GNC, alcohol, propano (LPG), entre otros.

**3. - Longitud recorrida *l*:** Este factor afecta sin duda a la planificación de la ciudad, sus actividades a desarrollar y otros factores como duplicación de viajes por horarios divididos. La reducción de la longitud media del recorrido diario podría realizarse de varias formas:

- Fortaleciendo la tendencia a la descentralización de actividades administrativas públicas (modificando la logística de la organización espacial y funcional de los trámites municipales o provinciales).
- Favoreciendo la tendencia de creación de sucursales bancarias descentralizadas.
- Favoreciendo la localización de centros comerciales en áreas urbanas perimetrales con relativa densidad alta de población.
- Mejorando o compensando el nivel de calidad de la educación en escuelas periféricas a la ciudad.

Esta tendencia a la descentralización producirá un fortalecimiento de las comunidades locales, provocando un aumento de la oferta cultural y comercial evitando la concurrencia innecesaria a un único centro de actividades, alejado de los usuarios. La creciente informatización y la competencia de mercado están generando esta alternativa independientemente de las necesidades ambientales. Sería conveniente que a este proceso le acompañe una adecuada planificación urbana.

## 6. Descripción de los cálculos

El factor de emisión es una función empírica que depende del tipo de combustible, la velocidad ( $v$ ) y edad del vehículo. Esta función se expresa de la siguiente forma, de acuerdo a los valores de la tabla 1 (ver Freyre [5]):

$$e = A + Bx C^{nDx_n} \quad (2)$$

Tabla 1: Factores de emisión específico en g/km para naftas y gas-oil.

Nafta	TSP	NOx	HC	CO
A	0.1	0.8	0.51	3.62
B	0.2		4.23	32.14
C	3		3.51	3.01
D	-0.06		- 0.075	- 0.099
Diesel	TSP	NOx	HC	CO
A	1.2	1.7	0.71	8.53
B	0.4		4.74	55.54
C	3		2.01	3.13
D	-0.05		-0.069	-0.11

PST: Partículas suspendidas totales, NOx Óxidos de nitrógeno, HC: hidrocarburos, CO monóxido de carbono

En un mapa digitalizado de la ciudad, cada segmento de calle queda representado por un registro. Cada segmento tiene asociado la información de jerarquía, longitud y ancho, intensidad del tránsito, número y tipo de vehículos y combustible usado, velocidad entre otros. Estos valores se asignaron de acuerdo a los censos de tránsitos, densidad de población, índices de variación de la población, disponibles de encuestas propias, locales y nacionales.

Una vez incorporada esta información puede calcularse la inmisión  $I_c$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en cada segmento considerándola como una fuente lineal de acuerdo con la siguiente ecuación (Wark [6]):

$$I_c = \frac{2q}{\sqrt{2\pi S_z u}} \quad (3)$$

Donde  $q$  es la carga de contaminante en cada segmento ( $\text{g}/\text{s} \cdot \text{m}$ ),  $u$  es la velocidad del viento ( $\text{m}/\text{s}$ ), y  $S_z$  es un factor de dispersión ( $\text{m}$ ), que depende de la distancia perpendicular al centro de la calle y condiciones locales de dispersión. Los valores de  $S_z$  se seleccionaron de acuerdo a la jerarquía de cada segmento.

## 7. Proyección para el año 2010

Se desarrollaron varios indicadores que permitieran describir varios posibles escenarios. Dado que el objetivo principal era la de comparar el impacto de reemplazar el sistema de transporte público, se estudió especialmente el incremento en la movilidad, el aumento del parque automotor, el crecimiento poblacional y las preferencias en el tipo de transporte utilizado. Para ello se analizó la siguiente información: a) registro oficial del automotor, que contiene información de la cantidad de vehículos, antigüedad, peso, combustible, tipo, etc.; b) legislación, normas y reglamentos sobre las emisiones permitidas de combustibles en vehículos; d) datos de los productores de vehículos, e) encuesta de origen y destino de los viajes diarios.

De esta información se deduce que se espera la incorporación de un 5% de vehículos nuevos anuales mientras que se observa una baja anual del 1.5%. Estos datos permiten determinar el estado de la tecnología actual media de los vehículos y estimar la tendencia en la

mejora de los factores de emisión.

La Tabla 2 indica el número de viajes actuales y una estimación para el año 2010, a partir de la encuesta de origen y destino realizada en 1998 y de los indicadores de la Tabla 3.

Tabla 2: Encuesta origen y destino: viajes diarios vs. medios de transporte.

<b>Año</b>	<b>1999</b>		<b>2010</b>
<b>Medio de transporte</b>	<b>Viajes</b>	<b>Relativo %</b>	<b>Viajes</b>
Público (ómnibus diesel)	493600	34.9%	623100
Trolley bus (eléctrico)	14900	1.1%	18800
Ómnibus contratado (diesel)	5900	0.4%	7500
Ómnibus escolar	13400	0.9%	16900
Taxi o remis	23000	1.6%	29000
Auto particular, conductor	354700	25.1%	447800
Auto particular, acompañante	201000	14.2%	253700
Motos	35200	2.5%	44400
Bicicleta	102700	7.2%	129600
A pie más de 1000 m	111200	7.9%	140300
Otros medios (no especificados)	59700	4.2%	75400
Total	1415300	100.0%	1786500

Estos datos muestran que en 1999 se realizaron aproximadamente 1400000 viajes diarios dentro del área del Gran Mendoza. El transporte público, compuesto principalmente por ómnibus tipo diesel llevan 510000 pasajeros diarios, lo que representa el 35%. Los viajes realizados en vehículos particulares son alrededor de 610000, lo que significa el 45%. La proporción de usuarios que usan el transporte público está decreciendo en los últimos años, demostrando por un lado una preferencia por el vehículo particular y por el otro la necesidad de una reforma del transporte público.

Finalmente la Tabla 4, resume los factores de emisión calculados para el año 2010, considerando la composición del parque, automotor, combustibles y contaminantes principales. Se ha considerado una reducción del factor de emisión, para ese año; debido a la introducción de mejoras tecnológicas en los vehículos nuevos y en los combustibles.

Tabla 3: Indicadores principales para 1999 y 2010

<b>Año</b>	<b>1999</b>	<b>2010</b>
Población	895000	1050000
Movilidad (número de viajes diarios por habitante)	1.58	1.7
Tasa de crecimiento de viajes (1999-2010)		1.26
Tasa de crecimiento de la población (1999-2010)		1.21
Tasa de crecimiento de autos privados (1999-2010)		1.36
Tasa de Motorización (habitantes por auto)	3.1	2.7
Pasajeros por auto privado por viaje	1.45	1.50
Cantidad de vehículos privados	291000	381000

Tabla 4: Factores de emisión estimados para el 2010 en g/km.

Nafta	TSP	NOx	HC	CO
A	0.09	0.63	0.13	2.3
B	0.12		3.7	27
C	3		3.1	3.1
C	-0.06		-0.075	-0.099
Diesel	TSP	NOx	HC	CO
A	0.9	1.4	0.8	5.6
B	0.35		3	42
C	2.9		2.01	3
D	-0.05		-0.069	-0.11

## 8. Introducción de un sistema eléctrico multi-modal

Actualmente se llevan a cabo discusiones entre autoridades, empresarios y usuarios del transporte público para proponer un sistema eléctrico multimodal de transporte. Una propuesta es la de utilización de trenes eléctricos para las distancias medias y tranvías y trolebuses para la zona urbana central. Un punto importante de la discusión es el impacto sobre la calidad del aire que tengan las distintas propuestas.

Para calcular esta incidencia ambiental, deberá estimarse nuevamente las Tablas 2 y 3 bajo diversas alternativas o escenarios futuros de acuerdo a la propuesta de transporte. Uno de los aspectos principales es evaluar cuántos usuarios del automóvil particular pasarán a ser usuarios del transporte público. Es decir el potencial de atracción del nuevo sistema público. Se han considerado diversos casos, uno de ellos con un 25% de usuarios particulares que pasan al sistema público. Un segundo caso con sólo un 10% de ellos. Sobre esta nueva composición vehicular, y teniendo en cuenta la distribución poblacional esperada, se recalcularon los patrones de emisión e inmisión de contaminantes.

## 9. Resultados

Los principales resultados del modelo son: a) emisiones medias diarias de PST: partículas suspendidas totales, NOx óxidos del nitrógeno, HC: hidrocarburos y CO monóxido de carbono; b) emisiones totales, discriminadas de acuerdo a tipo de vehículo y combustible; c) inmisiones esperadas para la situación actual (1999), para el año 2010 de acuerdo a diversos escenarios y para el 2010 incorporando un sistema de transporte eléctrico. En la Tabla 5 se muestran los resultados globales para el año 1999. En ésta se presenta las emisiones totales para la ciudad (un área aproximada de 20x25 km), de acuerdo con el tipo de combustible usado, el que también puede interpretarse en términos de transporte público y privado. Esta misma información se presenta en la Tabla 6 pero en función de los pasajeros transportados. Ambas tablas nos indican claramente, que aún a pesar de la antigüedad del transporte público, éste tiene mejor rendimiento ambiental que el transporte privado. Sólo para partículas suspendidas, en término de masa total, las emisiones provenientes de los motores diesel son mayores que las provenientes de los nafteros. La figura 5 representa las condiciones actuales (1999) de inmisión de partículas en el Gran Mendoza. La próxima Tabla 7 muestra una comparación de las emisiones media totales calculadas para a) el año 1999; b) año 2010 sin cambios (SP); c) año 2010 con el sistema de transporte proyectado (CP). Se prevé para el año 2010 un incremento en las emisiones de contaminantes del 20 al 40%, usando los indicadores presentados en la Tabla 2 y 3. Por lo tanto se espera un empeoramiento de la calidad del aire, tanto en valores absolutos de inmisión, como en la extensión de las áreas afectadas.

La Figura 6 muestra, por ejemplo, la inmisión PST proyectada para el año 2010, y la Figura 7 muestra que al incorporarse un sistema eléctrico de transporte público, tanto el área con valores de inmisión crítica como valores de inmisión son significativamente menores. Para el caso de hidrocarburos y el monóxido de carbono, la reducción es aún más importante, debido a la dependencia no lineal de estos contaminantes con la velocidad del vehículo. Mientras mayor es la circulación vehicular, menor es la velocidad de desplazamiento y mayores son las emisiones de contaminantes. Por ello se debe necesariamente reducir la circulación vehicular priorizando el transporte público. Inclusive aún considerando una circulación vehicular con emisiones y ruido cero, se mantiene el problema de la congestión. Recordemos que cada vehículo particular ocupa aproximadamente una sección de 5 m<sup>2</sup> y un volumen de 7 m<sup>3</sup>.

Tabla 5. Emisiones diarias (kg) de contaminantes por tipo de combustible.  
Año 1999.

Emisiones (kg) / Tipo de transporte	Público (diesel)	Privado (nafta)	Total
Partículas suspendidas totales (PST)	590	407	997
Nitrógenos (NOx)	848	2522	3370
Hidrocarburos (HC)	916	2939	3854
Monóxidos de carbono (CO)	5227	18400	23627

Tabla 6. Emisiones diarias vs. pasajeros transportados para el año 1999.

Emisiones por pasajero (en g/pas.)	Público (diesel)	Privado (naftas)
Partículas suspendidas totales (PST)	1.15	0.60
Nitrógenos (NOx)	1.65	3.65
Hidrocarburos (HC)	1.80	4.25
Monóxido de carbono (CO)	10.25	26.65
Total	14.85	35.15

La Tabla 8, muestra las inmisiones máximas diarias de contaminantes por fuentes móviles para 1999 y las proyectadas para el año 2010 con y sin proyecto. La incorporación de un proyecto de transporte eléctrico producirá un impacto positivo, reduciendo las emisiones, por reducción del tráfico privado y de las emisiones del transporte público, especialmente en la zona central. Este efecto tenderá a estabilizar la calidad del aire en Mendoza, a pesar del crecimiento de las actividades y la población.

Tabla 7. Emisiones totales por fuentes móviles en toneladas.

Contaminantes (en tn)	1999	2010 (SP)	2010 (CP)
Partículas suspendidas totales (PST)	1	1.4	1.0
Nitrógenos (NOx)	3.4	4.3	3.2
Hidrocarburos (HC)	3.9	4.7	2.7
Monóxido de carbono (CO)	23.6	30.3	18.0

Tabla 8. Inmisiones máximas diarias de contaminantes por fuentes móviles en ng/m<sup>3</sup>.

Contaminantes (en tn)	1999	2010 (SP)	2010 (CP)
Partículas suspendidas totales (PST)	114	205	115
Nitrógenos (NOx)	194	225	125
Hidrocarburos (HC)	508	1060	375
Monóxido de carbono (CO)	2981	4990	2210

## 10. Conclusiones

La propuesta de desarrollar un sistema multimodal de transporte, contribuirá a mejorarla calidad del aire en Mendoza. Mientras que las fuentes fijas industriales contribuyen con el 30% de las emisiones de contaminantes, las fuentes vehiculares son responsables del 70% del empeoramiento de la calidad del aire. Si se mantiene un sistema de transporte similar al actual, se prevé un aumento de la contaminación del 25 al 40% en los próximos 10 años, ampliándose el área con niveles de inmisión crítica. Se ha demostrado, que aún en un escenario de crecimiento en la población y en las actividades comerciales e industriales, se puede estabilizar las emisiones ofreciendo un nuevo sistema multimodal que aliente a los usuarios a dejar el vehículo particular y sumarse al transporte público. Seguramente las múltiples nuevas ofertas de comunicaciones electrónicas contribuirán a reducir la necesidad de transporte manteniendo la capacidad de movilidad.

## 11. Bibliografía

1 - SCHLINK U., PULIAFITO E., HERBARTH O., PULIAFITO J. L., RICHTER M., PULIAFITO C, QUERO J., ENDLICHER W., ZAHNEN B., Ozone air Pollution in Mendoza, in *Air Pollution VI, Serie Advances in Air Pollution*, Brebbia C, Ratto C, Power H. (eds.), Witt Press, pp 435-444, 1998.

2 - NORTE E, Condiciones meteorológicas favorables a la contaminación atmosférica de Mendoza, en *Mendoza Ambiental*, ed. E. Martínez Carretero y A. Dalmaso, Gobierno de Mendoza, pp. 197-206, 1995.

3 - PULIAFITO E., PULIAFITO J., BEHLER J., ALONSO R, La Calidad del aire en Mendoza, en *Mendoza Ambiental*, ed. E. Martínez Carretero y A. Dalmaso, Gobierno de Mendoza, pp. 207-242, 1995.

4 - PULIAFITO E., PULIAFITO C, GUERREIRO R, Airborne Pollutants from mobile sources for the city of Mendoza, Argentina, in *Urban Ecology*, ed. J. Breuste, H. Feldman, O. Uhlmann, Springer Verlag: Berlin-Heidelberg, pp., 99-103, 1998.

5 - FREYRE K., POOP R, TREULER H., WAGLER G., SCHUH-MANN G.: Untersuchungen zu Wechselbeziehungen zwischen Immissionen und Flächennutzungen auf strukturtypischen Testflächen in Leipzig. UFZ Report N. 10/1996 ISSN 0948-9452, 1996.

6 - WARK K., WARNER C: Air Pollution, its origin and control, Chap. 4, Harper and Row Publishers, 1996.

7 - CONCAWE Reports: *Motor vehicle emission regulations fuel specifications*, Part 1, summary and annual 1996 update. Reports, No. 5/97, 1997.

Figura 1: Media diaria de partículas, Plaza Godoy Cruz, Mendoza 1991-1997

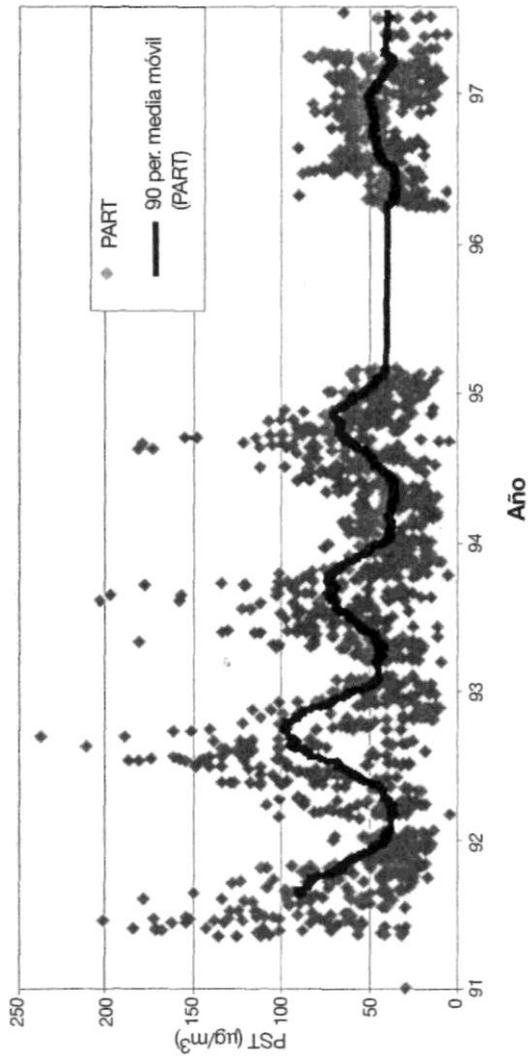


Figura 2: Variación diaria de contaminantes en Benegas (11/09/1998)

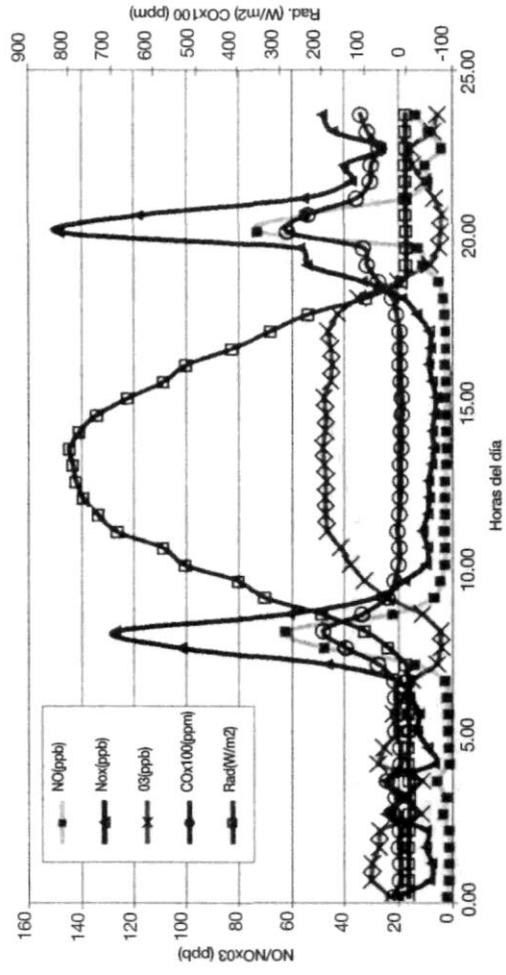


Figura 3: Media anual de partículas y nitrógenos, según el día de la semana

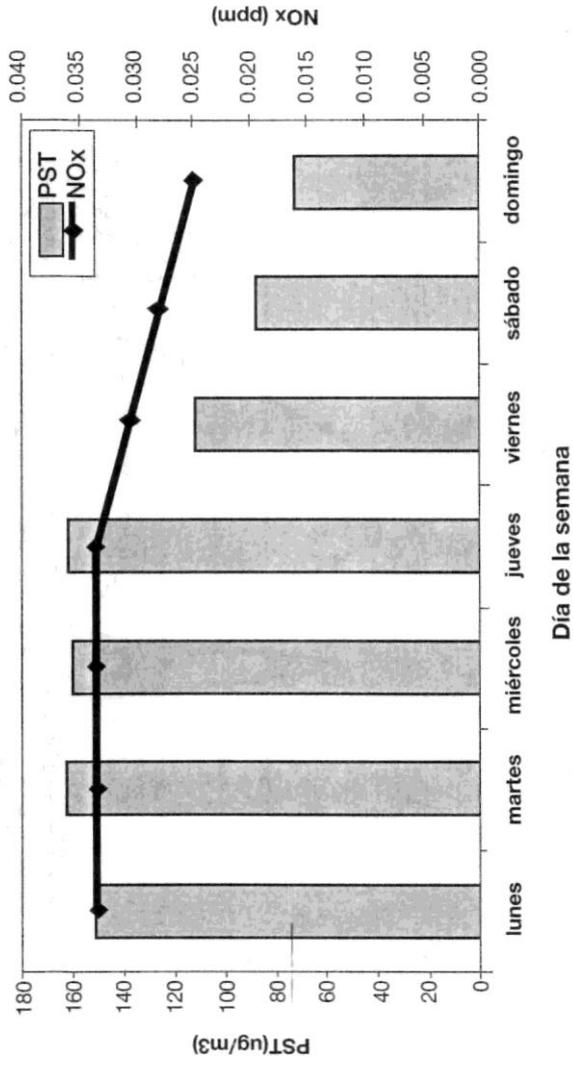
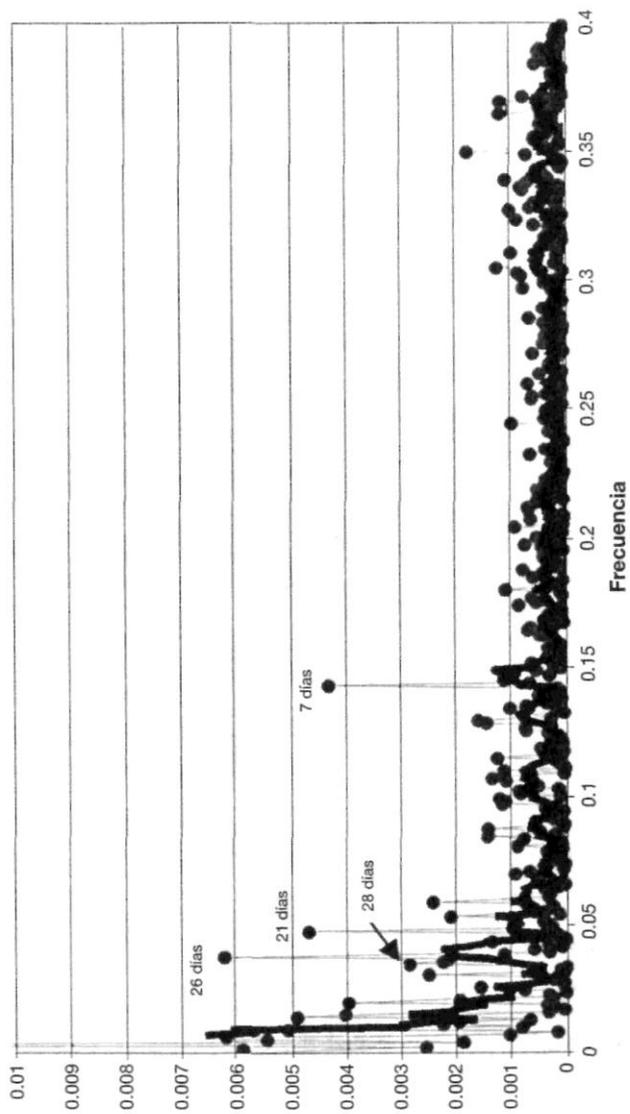


Figura 4: FFT PST Godoy Cruz (1992-1998)



**Inmisiones de partículas  
(media diaria) para el Gran Mendoza  
proyección año 2011 (sin proyecto)**

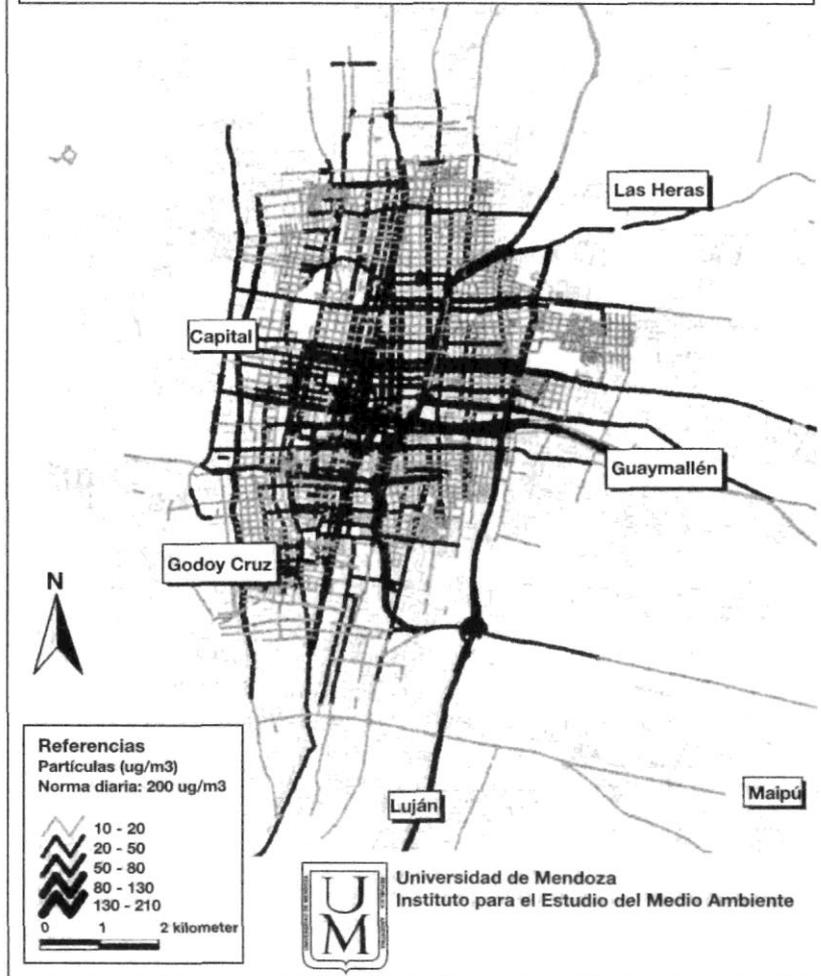


Figura 6

**Inmisiones de partículas  
(media diaria) para el Gran Mendoza  
proyección año 2011 (con proyecto)**

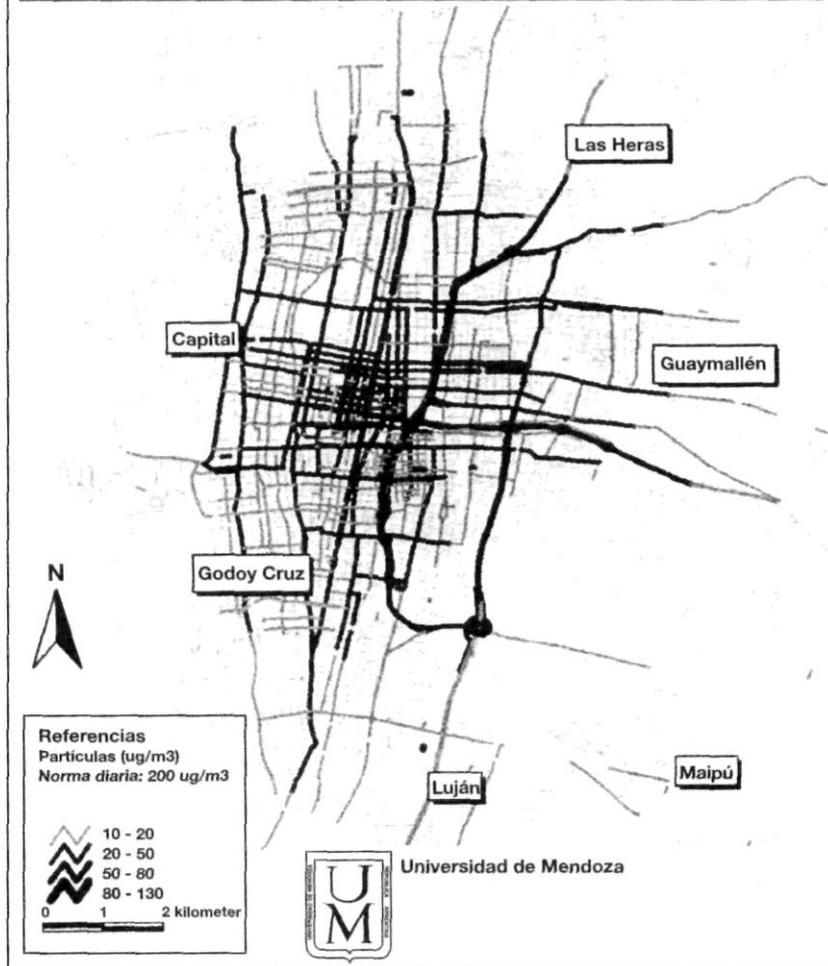


Figura 7