

# **CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE SANTA FE**

**Jorge Andrés Caminos  
Claudio Enrique  
Romina Ghirardi  
Alexiana Graizaro  
Sebastián L. Russillo  
Carlos Gustavo Pacheco**

**Facultad Regional Santa Fe  
Universidad Tecnológica Nacional  
U.T.N. - Argentina**

© [Copyright] **edUTecNe**

*La Editorial de la U.T.N. recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir el conocimiento generado por autores universitarios, pero que los mismos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.*

ISBN: 978-987-27056-3-3

**Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional - edUTecNe**

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

[edutecne@utn.edu.ar](mailto:edutecne@utn.edu.ar)

# **CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE SANTA FE**

**Jorge Andrés Caminos, Claudio Enrique, Romina Ghirardi,  
Alexiana Graizaro, Sebastián L. Russillo, Carlos Gustavo Pacheco**

ISBN: 978-987-27056-3-3

## **INDICE**

### **CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

- 1.1 Desarrollo sostenible
- 1.2 El protocolo de Kyoto
- 1.3 Contaminación del aire
- 1.4 Tipos de fuentes
- 1.5 Contaminación debido a fuentes móviles
- 1.6 La contaminación atmosférica en la ciudad de Santa Fe

### **CAPITULO 2: LEGISLACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS AMBIENTALES**

- 2.1 Legislación
- 2.2 Implementación de políticas ambientales en el orden internacional
- 2.2 Implementación de políticas ambientales en el orden nacional
- 2.4 Orden local- GESE

### **CAPITULO 3: METODOLOGÍA**

- 3.1. Espacios verdes y contaminación ambiental
- 3.2. Modelos de simulación informático y proyecciones de escenarios futuros
- 3.3. Percepción social

### **CAPITULO 4: RESULTADOS OBTENIDOS**

- 4.1 Evolución de los contaminantes en el tiempo
- 4.2 Espacios verdes urbanos
- 4.3 Resultados de "Calidad de aire I"
- 4.4 Percepción social

### **CAPITULO 5: ¿QUÉ SE PUEDE HACER AL RESPECTO?**

### **CAPITULO 6: BIBLIOGRAFÍA**

### **CAPITULO 7: ANEXOS**

### **CAPITULO 8: GLOSARIO**

# **CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN**

## **AMBIENTAL**

### **DESARROLLO SOSTENIBLE**

El Desarrollo Sostenible<sup>1</sup> es un concepto muy usado desde fines del siglo XX. Quizás una de las primeras definiciones formales sobre este concepto apareció en el texto elaborado por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1984; más conocido como Informe Brundtland (Nuestro Futuro Común, 1987), que lo define como *“aquél que garantiza las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”*.

El concepto de Desarrollo Sostenible implica limitaciones al consumo, distribución de recursos de manera más equitativa en favor de quienes más los necesitan, tanto en las generaciones presentes -equidad intrageneracional- como en las futuras -equidad intergeneracional-. Esa equidad requiere del apoyo de los sistemas políticos que garanticen una más efectiva participación ciudadana en los procesos de decisión, es decir, más democracia a niveles nacional e internacional.

Debe destacarse que se ha mencionado *desarrollo* y no *crecimiento*, lo que genera un nuevo paradigma. El crecimiento mide el incremento en la actividad económica en el corto plazo, independientemente de la situación social y ambiental en que viven las personas en el largo plazo. El desarrollo trata del mejoramiento de la calidad de vida de las personas, buscando aumentar la habilidad de cada uno para construir su propia visión del futuro. Crecimiento, en términos simples, implica “más” mientras que desarrollo implica “mejor”. Dicho de otro modo, el crecimiento es cuantitativo, mientras que el desarrollo es cualitativo.

Consecuentemente, el desarrollo no queda reducido al crecimiento económico, sino que se amplía significativamente su alcance. En esta línea, el concepto sustentabilidad hace referencia a la interrelación de tres elementos:

1. La *Sostenibilidad Ambiental*, que se refiere a la necesidad de que el impacto del proceso de desarrollo no supere la capacidad de carga del ecosistema. En palabras de Hans Opschoor (1996. *Sustainability, Economic Restructuring and Social Change*. ISS. La Haya: 14), “la naturaleza provee a la sociedad de lo que puede ser denominado *frontera de posibilidad de utilización ambiental*, definida ésta como las posibilidades de producción que son compatibles con las restricciones del metabolismo derivados de la preocupación por el bienestar futuro, restricciones o límites que incluyen procesos tales como capacidad de regeneración de recursos, ciclos bio-geoquímicos y capacidad de absorción de desechos. Esto representa el carácter multidimensional de la utilización del espacio ambiental” [traducción del autor].

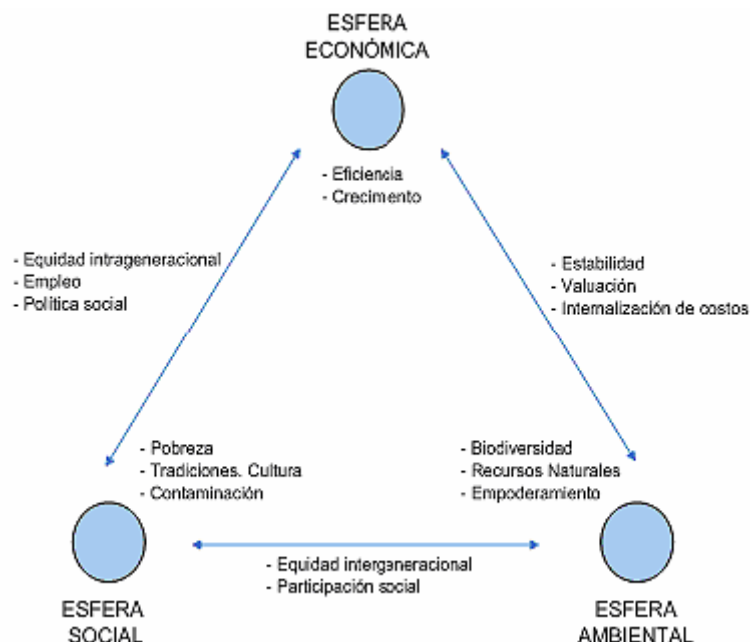
2. La *Sostenibilidad Social*, cuyos aspectos esenciales son (a) el fortalecimiento de un estilo de desarrollo que no perpetúe ni profundice la pobreza ni, por tanto, la exclusión social, sino que tenga como uno de sus objetivos centrales la erradicación de aquélla y la justicia social; y (b) la participación social en la toma de decisiones -es decir, que las comunidades y la ciudadanía se apropien y sean parte fundamental del proceso de desarrollo-.

3. La *Sostenibilidad Económica*, entendida como un crecimiento económico interrelacionado con los dos elementos anteriores.

En síntesis, el logro del desarrollo humano sustentable será resultado de un nuevo tipo de crecimiento económico que promueva la equidad social y que establezca una relación no destructiva con la naturaleza.

---

<sup>1</sup> En este trabajo, los términos *Sostenible* y *Sustentable* se consideran equivalentes.



*Figura 1: Elementos del Desarrollo Humano Sostenible*

En la actualidad se ha propuesto que en lugar de un triángulo sea un cuadrilátero, donde el vértice restante comprenda la *Esfera Cultural*.

La concepción de Desarrollo Sostenible en su sentido fuerte o alternativo otorga un contenido distinto a las tres esferas antes mencionadas -desarrollo, sostenibilidad y participación social. En este sentido, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en su *Informe sobre Desarrollo Humano* (1996. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid), establece los siguientes vínculos entre crecimiento económico y desarrollo para que sea sustentable:

- **Equidad:** Cuanto mayor sea la igualdad con que se distribuyan las oportunidades económicas, tanto más probable será que se traduzcan en un mejoramiento del bienestar humano.

- **Oportunidades de empleo:** El crecimiento económico se concreta en la vida de la gente cuando se le ofrece trabajo productivo y bien remunerado.

- **Acceso a los bienes de producción:** Las oportunidades económicas de mucha gente pueden incrementarse con acceso a bienes de producción, en particular la tierra, la infraestructura física y el crédito financiero; el estado puede hacer mucho en todas esas esferas, interviniendo para tratar de nivelar el terreno de juego.

- **Inversión social:** Los gobiernos y las comunidades deben encauzar una parte importante del ingreso público hacia el gasto social más prioritario, en particular mediante la prestación de servicios sociales básicos para todos.

- **Igualdad de oportunidades:** Al brindar a las minorías mejores oportunidades y mejor acceso a la enseñanza, el crédito y el empleo.

- **Buen gobierno:** Quienes detentan el poder asignan gran prioridad a las necesidades de toda la población y la gente participa en la toma de decisiones en muchos niveles.

- **Una sociedad civil activa:** Las organizaciones no gubernamentales y los grupos de la comunidad no sólo complementan los servicios gubernamentales haciendo llegar los servicios a la población meta, sino que además desempeñan una función esencial al movilizar la opinión pública y la acción de la comunidad a ayudar a determinar las prioridades del desarrollo humano.

## EL PROTOCOLO DE KYOTO

El Protocolo de Kyoto fue el primer gran acuerdo ambiental internacional. Suscripto en diciembre de 1997, su objetivo principal fue lograr que, para el período comprendido entre 2008 y 2012, un determinado número de países, que se consideran desarrollados y en proceso de transición para una economía de mercado, disminuyan sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 5,2% respecto del nivel de emisiones de 1990.

Como complemento de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMCC; en inglés: UNFCCC), primera reunión para tratar el cambio climático en 1992, el Protocolo buscaba responder a preocupaciones crecientes de que gases emitidos por actividades humanas, llamados Gases de Efecto Invernadero [GEI: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), compuestos hidrofluorcarbonados (HFC), perfluorocarbono (PFC) y hexafluorocarbono de azufre ( $\text{SF}_6$ )] puedan ahondar el efecto invernadero y contribuir a variaciones climáticas que ocasionarían el calentamiento en la temperatura global.

Si bien en sus inicios el Protocolo carecía de especificidades, a partir de las reuniones negociadoras de Marruecos a fines de 2001 se definieron cinco puntos principales:

1. compromisos legalmente vinculantes para países desarrollados;
2. métodos de implementación del Protocolo diferentes de la reducción de emisiones (implementación conjunta);
3. minimización de impactos en países en desarrollo (incluyendo asistencia en diversificar sus economías);
4. reportes y revisiones por un equipo de expertos;
5. cumplimiento evaluado por un comité.

Según lo acordado, el Protocolo de Kyoto entraría en vigencia luego de ser ratificado por 55 países miembros de la Convención y entre los cuales había un número de países Anexo I<sup>2</sup> que eran responsables, en conjunto, al menos el 55% de las emisiones de dióxido de carbono.

Si bien hasta el 29 de septiembre de 2003, 84 países lo habían firmado y 119 lo habían ratificado o accedido al Protocolo, la negativa de los Estados Unidos (responsable del 25% de las emisiones de estos gases) hizo que este acuerdo se demorase hasta que, gracias a la adhesión de la Federación Rusa (que generaba el 17,4% de las emisiones) entró en vigencia el 16 de febrero de 2005.

Los compromisos asumidos por los países desarrollados fueron ambiciosos. Para facilitar su cumplimiento, el Protocolo de Kyoto prevé la posibilidad de utilizar los mecanismos llamados de “flexibilidad” para complementar las políticas y medidas que cada uno de ellos deberá aplicar a nivel nacional. Estos mecanismos son tres:

- *Los “Permisos de Emisión”*: esta disposición permite vender o comprar derechos de emisión entre países industrializados.

- *La “Aplicación Conjunta”*: permite, entre los países desarrollados, hacer inversiones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero fuera del territorio nacional y beneficiarse con créditos de emisión generados por reducciones obtenidas.

- *El “Mecanismo de Desarrollo Limpio”*: similar a la disposición anterior, con la diferencia que las inversiones son hechas por un país desarrollado en un país en desarrollo.

---

<sup>2</sup> Países del Anexo I: Australia, Austria, Bielorrusia, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Croacia, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Japón, Letonia, Liechtenstein, Lituania, Luxemburgo, Mónaco, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, Rumania, Federación de Rusia, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Turquía, Ucrania, Reino Unido, Estados Unidos de América

A los países en desarrollo o No Anexo I como Argentina, el Protocolo no les exige ningún esfuerzo cuantificado de reducción de emisiones. Esto es así ya que la propia Convención sobre Cambio Climático reconoce que existe una responsabilidad diferenciada entre los países. El mundo industrializado ha sido el gran emisor de estos gases desde la revolución industrial hasta la actualidad, básicamente dióxido de carbono producto de la quema de combustibles fósiles, y aún hoy sigue siendo el principal emisor de estos gases. Esto justifica que el Protocolo de Kyoto exija inicialmente un esfuerzo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a los países industrializados.

No obstante ello, Argentina ratificó el Protocolo de Kyoto el 13 de julio de 2001 a través de la Ley Nacional 25.438 y, en el mes de junio del mismo año entró en vigencia. Para promover Proyectos para el Mecanismo de Desarrollo Limpio la Argentina tiene una Oficina especial (OAMD<sup>3</sup>).

Desde la perspectiva de este estudio, el escenario de mitigación para Argentina sólo se diferencia del escenario de base en la medida que supone la implementación de opciones y acciones para mitigar las emisiones de GEI dentro de su territorio y que, al no pertenecer al grupo de países considerado desarrollado, no tiene obligación de cumplir con los valores establecidos en el acuerdo.

Dado que la intención de este escenario es aprovechar las mejores oportunidades para reducir los consumos energéticos y, por tanto, las emisiones de GEI, se ha considerado que a nivel del consumo final los esfuerzos deberían estar orientados principalmente a los sectores del transporte y la industria.

### **Después de Kyoto**

Los países miembros se reunieron por primera vez para evaluar el seguimiento del Protocolo de Kyoto en Montreal en 2005, donde se estableció un Grupo de Trabajo Especial orientado a diagramar los acuerdos a tomar una vez finalizado el período de incumbencia del mismo.

Los tres objetivos principales fueron:

1. Implementar el protocolo de Kyoto, especialmente los acuerdos establecidos en Marrakesh<sup>4</sup>. Se planteó ante la necesidad de aprobar por unanimidad, entre los miembros que habían ratificado dicho Protocolo, el conjunto de medidas tomadas a partir de 1997, pues éstas estaban en vigor de manera provisional hasta que Kyoto entrara en vigencia (febrero de 2005).

2. Mejorar la operacionalidad del Protocolo y de la Convención. Se planteó ante la opinión generalizada de que los mecanismos establecidos que complementan al mercado de emisiones (Mecanismos de Desarrollo Limpio y Mecanismos de Implementación Conjunta) no funcionaban de manera adecuada. Según algunos observadores, los acuerdos obtenidos en Montreal son bastante equilibrados, estableciendo medidas técnicas que favorecen la creación de proyectos y la mejora de sus sistemas de control.

3. Innovar explorando opciones para una futura cooperación, de manera que refleje el conjunto de los intereses de la Convención. Si bien contaba con la oposición de EEUU, finalmente se estableció un camino de trabajo -aprobado unánimemente- que debería circular simultáneamente por tres vías paralelas: (1) iniciar la implementación del Protocolo de Kyoto después del año 2012; (2) que el conjunto de los países del UNFCCC acordasen iniciar los trabajos para encontrar nuevos compromisos de lucha contra el cambio climático (permitiendo de este modo que EEUU y el resto de los países no firmantes del Protocolo continúen “sentados” en las mesas de negociaciones buscando

---

<sup>3</sup> Oficina dependiente de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Ubicada en calle San Martín 451 - 1º piso - oficina 130 de la Ciudad de Buenos Aires.

<sup>4</sup> Acuerdos de Marrakech: sistema de acuerdos en el cual se establecieron normas detalladas para la aplicación del Protocolo de Kyoto.



nuevos posibles compromisos o protocolos que complementen o sustituyan el de Kyoto) y (3) se estableció una tercera revisión del Protocolo de Kyoto.

La comparación entre los resultados versus los objetivos planteados originalmente indica que la reunión de Montreal fue un éxito. No obstante ello, existen algunas dudas sobre la suficiencia de los mecanismos actuales de lucha contra el cambio climático. Por un lado, Kyoto -que tan difícilmente avanza- plantea objetivos de reducción de emisiones muy insuficientes si se quieren mantener estables las concentraciones de GEI a niveles bajos. Las reducciones deberían ser más ambiciosas si se trata de disminuir al máximo los impactos que hoy ya son inevitables. Por otro lado, no existen mecanismos efectivos de transmisión de recursos entre países más contaminantes a los menos contaminantes, que aunque no sean los máximos responsables, estos últimos son los que están en la mayoría de las zonas de afectación.

Una tercera problemática de Kyoto es que continúa con un esquema de derechos adquiridos, y no un esquema de distribución de emisiones que busque la igualdad *per cápita*, más acorde con un esquema de justicia ambiental.

En diciembre de 2007 en Bali, Indonesia, se llevó a cabo la tercera reunión de seguimiento, así como la 13ª Cumbre del Clima (COP13/MOP13). Los objetivos fueron sentar las bases hacia un acuerdo de reducción de emisiones para el periodo posterior a 2012, y comprometer las ayudas financieras y tecnológicas para la adaptación de los países con mayores dificultades. Se trató igualmente de definir criterios y mecanismos necesarios para asegurar que se respeten (y se sigan respetando) los principios de equidad y justicia climática bajo el “paraguas” que ofrece la Convención.

Dos cuestiones estuvieron siempre sobre la mesa de negociaciones: los objetivos obligatorios de reducción de emisiones para los países industrializados y las mejoras de las deficiencias del primer período de compromiso del Protocolo de Kyoto. La primera de ellas se descartó casi desde el primer instante, quedando las propuestas de reducción del Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) relegadas a un pie de página en el texto final. La segunda se comenzó a debatir y ocupará las negociaciones próximas.

Durante el año 2009 se realizó en Copenhague una cumbre de las Naciones Unidas con el fin de realizar un seguimiento de los avances relacionados con los objetivos establecidos en 1997, en el marco del Protocolo de Kyoto.

El texto final de la Convención dice que el cambio climático es uno de los grandes retos de nuestro tiempo y que el incremento de la temperatura debería estar por debajo de los dos grados Celsius, pero no menciona ningún objetivo concreto que permita esa reducción, algo que era fundamental en las negociaciones de la COP15. No hay metas concretas para bajar las emisiones, y sólo aparecen ofertas voluntarias de reducción para llegar a un 18% las de los países desarrollados para 2020. China y EEUU fueron finalmente los protagonistas del acuerdo, a pesar de las decenas de países que participaron, lo cual resulta lógico dado que son las naciones más contaminantes. Respecto a aquellas que están en desarrollo, acordaron que harán una medición, declaración y verificación propia de sus emisiones. Además aceptaron realizar consultas internacionales para verificar que la financiación resulte en un trabajo concreto.

El acuerdo respeta el Protocolo de Kyoto y establece la necesidad de dar fondos a las naciones en vías de desarrollo para luchar contra el cambio climático, pero no deja claro cuál es la mejor forma, ni siquiera una forma, para llevarlo a cabo. Tampoco dice cómo se pasará de un acuerdo voluntario a otro legalmente vinculante en 2010. El pacto vinculante significa establecer un control de las emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque la crítica recayó sobre la falta de cuantificación en los puntos considerados, los temas abordados son fundamentales para el establecimiento de pautas en la problemática.

## **Perspectivas futuras**

En base a lo anteriormente expuesto podemos destacar que la Cumbre de la ONU sobre el Cambio Climático de Bali 2007 (COP 13) abrió el camino (vía Poznan 2008, COP14) hacia Copenhague 2009 (COP15), donde se pretendió negociar la continuación del Protocolo de Kyoto, que vence en 2012. Otra oportunidad de llegar a un acuerdo de manera eficiente y eficaz es la COP 16 de Cancún (México, del 29/11/10 al 10/12/10). Las presiones de las ONG's -particularmente los grupos ecologistas- junto al IPCC, plantean reducciones drásticas de las emisiones de los GEI, con el objeto de que el Cambio Climático sea de alguna vez controlado, aunque esto es una aparente utopía. Lo que es evidente es que los acuerdos internacionales desde Kyoto no han sido cumplidos, la presencia de intereses individuales han primado respecto de los globales, y la idea general es de pesimismo porque los efectos del Cambio Climático son cada vez más frecuentes y más intensos. La idea principal es que se nos acaba el tiempo para actuar en pos de frenar el aumento de la temperatura promedio del planeta.

## **CONTAMINACIÓN DEL AIRE**

El origen de los problemas modernos de contaminación del aire se remonta al siglo XVIII con el nacimiento de la revolución industrial, encontrando la principal causa de contaminación a fines del siglo XIX e inicios del siglo XX con el humo y ceniza provenientes de la quema de combustibles fósiles en las plantas estacionarias de energía, situación que empeoró con el creciente uso del automóvil.

Grandes volúmenes de contaminantes se vuelcan diariamente en los centros urbanos y se emiten altas concentraciones en el ambiente que respiran millones de personas. El desarrollo industrial y el creciente aumento en el uso de vehículos de transporte son un símbolo de desarrollo, pero contribuyen paradójicamente al deterioro de la salud de quienes los utilizan. Esto en combinación con un marcado crecimiento urbanístico, falta de planificación, deficiencias en las regulaciones ambientales, ha originado un deterioro de la salud y del medio ambiente.

En estas últimas décadas más del 90% de la contaminación atmosférica se debe a una pequeña cantidad de contaminantes producidos fundamentalmente por el consumo de combustibles fósiles, que aportan en la actualidad el 77% de la energía generada en el mundo. A su vez más del 50% de toda la contaminación atmosférica se debe al uso de combustibles para el transporte automotor. Las emisiones de Carbono (C) a la atmósfera son 13% superiores al nivel de 1990, muy lejos del 7% del compromiso de quienes participaron del Protocolo en Kyoto.

La utilización de combustibles fósiles en los diversos procesos de transformación de energía que se realizan en las industrias del país para satisfacer las necesidades energéticas es la principal fuente de emisión de contaminantes.

Los contaminantes se pueden clasificar en:

- **Primarios:** sustancias contaminantes que son vertidas directamente a la atmósfera, provienen de muy diversas fuentes dando lugar a la llamada contaminación convencional. Su naturaleza física y su composición química son muy variadas.
- **Secundarios:** se producen como consecuencia de las transformaciones y reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en la atmósfera.

En la Tabla 1 se pueden observar ejemplos de cada tipo



| Contaminantes                                                                                                                                                                                                    |                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Primarios                                                                                                                                                                                                        | Secundarios             |
| Monóxido de carbono (CO)<br>Óxidos de azufre (SO <sub>2</sub> y SO <sub>3</sub> )<br>Óxidos de nitrógeno (NO y NO <sub>2</sub> )<br>Hidrocarburos (HC)<br>Material particulado (PM <sub>10</sub> )<br>Plomo (Pb) | Ozono (O <sub>3</sub> ) |

Tabla 1: Contaminantes criterio

Además de los efectos sobre la salud, existen otros efectos sobre la vegetación, suelo, agua, materiales hechos por el hombre, clima y visibilidad. Podemos hacer referencia a conocidos problemas globales que han aparecido en las últimas décadas, como el adelgazamiento de la capa de ozono en la estratosfera y el consecuente incremento de radiación ultravioleta, la pérdida de la visibilidad debida a la aparición del smog fotoquímico, la lluvia ácida y el calentamiento global.

La problemática de la contaminación atmosférica, como en gran parte de los temas relacionados a la contaminación en nuestro país, cuenta con pocos estudios de base, en parte debido a la dificultad que se presenta para el acceso a equipamiento tecnológico y recursos para efectuar los diagnósticos correspondientes.

Así mismo se debe tener en cuenta que si bien el sector industrial es el que produce mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, en los últimos años fue disminuyendo por la gran incorporación de gas natural en los sectores industrial y residencial, no pasando lo mismo en el transporte de cargas y pasajeros.

Además de la contaminación por gases y partículas, cabe destacar otro problema al que estamos expuestos continuamente, *la contaminación acústica*. En las ciudades modernas la mitad de la población está sometida a ruidos de tránsito que superan los valores establecidos por organismos internacionales, sin embargo, la sensibilidad al ruido de los distintos individuos es muy variable, interviniendo factores físicos, psicológicos y culturales que determinan una actitud distinta de cada persona ante el mismo.

## TIPOS DE FUENTES

Las fuentes contaminantes pueden dividirse

- Según el origen

Fuentes naturales: como su nombre lo indica, son las que se manifiestan a través de fenómenos naturales, tales como erupciones volcánicas, tormentas de viento, descomposición de plantas y animales, entre otros.

Fuentes antropogénicas: causadas por las actividades humanas. A su vez, éstas se clasifican según su movilidad:

- Fijas: fuentes que permanecen estacionarias, como centrales termoeléctricas, las industrias, los incineradores de residuos, etc.
- Móviles: emiten contaminantes mientras se encuentran en movimiento, principalmente el transporte urbano, como colectivos, camiones, automóviles, etc.

- Según el área que comprenden

Fuentes puntuales: son fuentes individuales y únicas que emiten gases y partículas a la atmósfera. Pueden ser las chimeneas industriales y las de las calefacciones de los edificios. Están localizadas en un punto y fijas en el tiempo.

Líneas de emisión: Producidas por contaminantes con geometría rectilínea. Las carreteras por las que circulan los vehículos emisores de contaminantes se tratan como

líneas emisores promediando la emisión por unidad de longitud teniendo en cuenta la densidad de automóviles que circulan.

Áreas de emisión: Son varias fuentes puntuales que existen en una superficie sobre el terreno. Un ejemplo son las minas a cielo abierto, los vertederos de basura que emiten gases de la descomposición a la atmósfera, zonas donde se producen movimientos de tierra, obras y canteras a cielo abierto, campos agrícolas con pesticidas, o las emisiones generadas en centros o centros urbanos etc.

## **CONTAMINACIÓN DEBIDO A FUENTES MÓVILES**

En las grandes áreas urbanas una de las principales fuentes de contaminación atmosférica la constituyen los vehículos automotores. En las últimas décadas, ha aumentado en forma considerable el uso del automóvil en las ciudades, disminuyendo el del transporte masivo. Esto contribuye a incrementar los problemas de contaminación atmosférica como consecuencia de los gases contaminantes que se emiten por los caños de escape.

Algunos de los principales contaminantes emanados por los automóviles son:

- monóxido de carbono (CO),
- óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>),
- hidrocarburos no quemados (HC),

Las proporciones en las que se emiten estos contaminantes varían dependiendo del tipo de motor que se utilice. Los vehículos que emplean nafta como carburante emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos. En cambio, los vehículos que utilizan motores de ciclo diesel, como lo son camiones y autobuses, emiten, además de gases, material particulado (como hollín).

Los requisitos para el control de emisiones de automóviles tienen como principal objetivo reducir la cantidad de contaminantes del aire. Además, los reglamentos que controlan la calidad del combustible de los automóviles también han contribuido a una mayor eficiencia y menores emisiones. Por ejemplo, la transición de la gasolina con plomo a la gasolina sin plomo ha reducido la cantidad de plomo en el aire. Los adelantos en la tecnología del control de la contaminación, los combustibles alternativos y los cambios en el estilo de vida, tal como el transporte público pueden minimizar los efectos perjudiciales de estas necesidades.

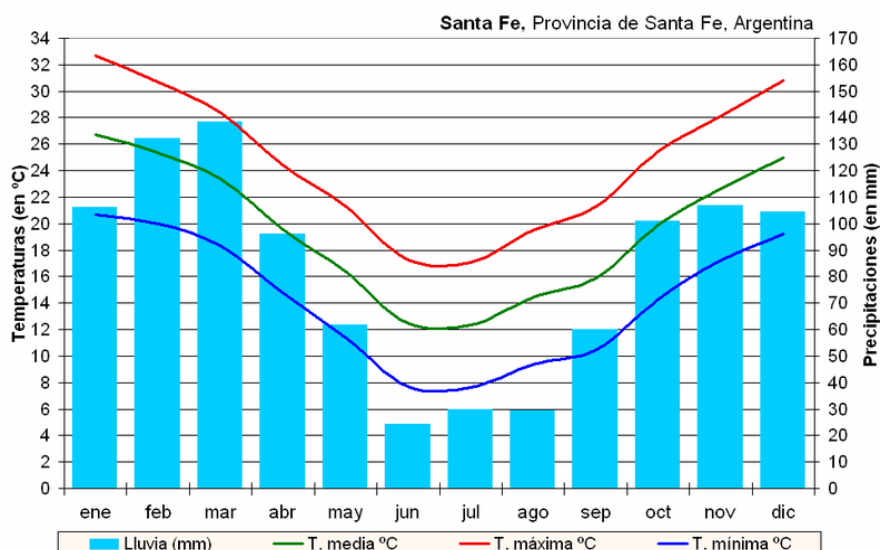
## **LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA CIUDAD DE SANTA FE**

La ciudad de Santa Fe de la Vera Cruz está ubicada en el centro-este de la República Argentina, pertenece a la región geográfica denominada Llanura Pampeana, y se inserta en la zona del Litoral. Los límites de esta ciudad son principalmente fluviales: al este, el Río Paraná; al oeste, el Río Salado; y al Sur, el río Santa Fe y su confluencia con el Río Salado y las islas adyacentes hasta el Paraná. Al norte, limita con la ciudad de Recreo. Si consideramos además que está a orillas de la laguna Setúbal, la presencia de estas masas de agua produce un clima de características mediterráneas

Se extiende por una llanura extensa que debido a su planicie hace difícil el escurrimiento de las aguas, con la correspondiente formación de lagunas, arroyos y bañados. Dicha llanura, inclinada en dirección noroeste-sudeste, es el producto de la acumulación de sedimentos del macizo de Brasilia que han ido colmando una gran fosa tectónica de hundimiento, durante la era precámbrica

Santa Fe tiene una influencia muy marcada por parte del río Paraná en las condiciones climáticas, dado que atenúa sus características de mediterraneidad. Definido como templado pampeano, se destaca por la presencia de cuatro estaciones que no están bien delimitadas por la intensificación de la isla de calor urbana. En verano llegan masas de aire tropical cálida y húmeda con vientos del norte que traen altas

temperaturas, mientras que en invierno masas de aire polar producen enfriamientos y heladas.



*Figura 2: Temperaturas y precipitaciones de la ciudad de Santa Fe*

La temperatura media en invierno es de 12 °C, con una humedad de 65%; en verano es de 26 C y 55% de humedad media.

Debido a su cercanía a los ríos Paraná y Salado, se han producido inundaciones recurrentes. Por ejemplo, en el actual Ciclo Húmedo (considerado desde el año 1973 hasta aproximadamente el 2020) la gran altura de ambos ríos influyó en la inundación de parte de la ciudad; particularmente la más trágica ocurrida en abril del año 2003 con miles de evacuados. Semejante inundación sólo tenía un precedente en el año 1905, perteneciente al ciclo húmedo de 1870 a 1920, aunque en aquel momento el causante fue el río Paraná.

La ciudad de Santa Fe es una urbanización que cuenta aproximadamente con 369.000 habitantes, según el censo del INDEC del año 2001. Por ser la Capital Provincial, es la residencia de los tres poderes del estado, además de ser un centro proveedor de servicios comerciales, médico- asistenciales, educativos, financieros y bancarios. Sumado a esto la mayoría de las industrias se sitúan en el parque industrial de la ciudad, Sauce Viejo. Esta situación ocasiona que la mayor incidencia de contaminantes en la ciudad sea consecuencia del parque automotor, aspecto que se acentúa aún más en el centro.

Debido a que la zona estudiada no se caracteriza por sus industrias, podemos decir que el parque automotor que circula por la ciudad de Santa Fe es el principal responsable de la contaminación del aire de dicha área urbana, particularmente, el crecimiento desmedido de su parque vehicular. Según la Dirección Nacional de Registro del Automotor, entre el año 2005 y 2007 el parque vehicular de La ciudad se aproximó a las 130000 unidades y la misma se encuentra distribuida en diferentes proporciones según tipo de vehículos (Figura 3):

En este aspecto, la ciudad ha sufrido las consecuencias del incremento excesivo del parque vehicular; particularmente en la zona estudiada.

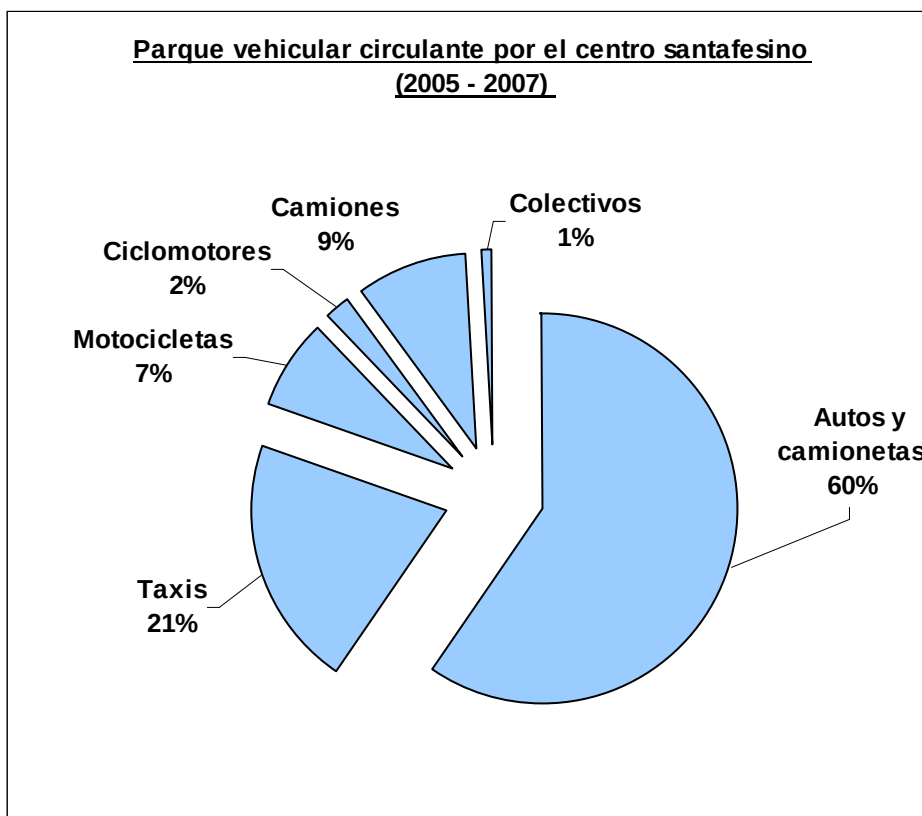


Figura 3: Detalle del porcentaje de tipos de vehículos que circularon por el área de estudio en el período 2005 – 2007.

Entre todos los efectos posibles de este crecimiento desmedido, interesa particularmente el relacionado al estudio y análisis de la contaminación atmosférica. Por eso, con el objeto de investigar esta situación, el Grupo de Estudios sobre Energías perteneciente a la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe (GESE-UTN FRSF), ha desarrollado un estudio que hizo hincapié en diversos aspectos relacionados con la calidad del aire, analizando diferentes situaciones y perspectivas, tales como:

- Mediciones de concentraciones de distintos contaminantes.
- Empleo de simulaciones a través de modelos computacionales propios para tener información – probabilística - sobre escenarios futuros.
- Influencia de los espacios verdes como agentes mitigadores de la contaminación del aire.
- Percepción de la ciudadanía sobre diferentes aspectos relacionados con la calidad del aire.

## **CAPÍTULO 2: LEGISLACIÓN E IMPLMETACIÓN DE POLÍTICAS AMBIENTALES**

Debido a la existencia de distintas competencias territoriales – local, nacional, regional y global -, existe una variada y abundante legislación referida a la contaminación atmosférica. Por ese motivo en este capítulo sólo se mencionarán las más importantes, ya sea por abordar los temas aquí desarrollados, o por ser referencia para los estudios realizados y descriptos en esta publicación. No obstante ello, el lector puede ampliar la información con las fuentes citadas en el Anexo 1.

En el ámbito internacional las negociaciones se dan en el marco de las Naciones Unidas, donde los representantes de los gobiernos se reúnen en conferencias mundiales sobre diferentes temáticas en busca de acuerdos que reflejen un compromiso; particularmente en nuestro caso, con el desarrollo sustentable. Cuando se llega a un consenso generalizado se emite una Resolución, que es una declaración formal sobre el tema tratado. Como ejemplo, se tiene el acuerdo sobre la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) a causa de la incidencia que éstos tienen, entre otras cosas, en el cambio climático.

Respecto a nuestro país, existen Resoluciones tales como la 61-99 y 638-01 sobre Calidad de Aire, y la 528-01 sobre Contaminación de Aire. Éstas ordenan el modo de efectuar mediciones de cada contaminante, así como también normalizan el procedimiento de medición de gases emitidos por el parque automotor.

En relación a las normativas locales es importante hacer referencia a la Ordenanza 5820 de la ciudad de Rosario que establece las Normas de Calidad de Aire para el control de la contaminación atmosférica producida por fuentes fijas y móviles capaces de generar emisiones gaseosas y particuladas. La misma resulta ser una referencia para el desarrollo de los estudios y mediciones que se describen en el presente. De igual manera, vale la pena mencionar la Ordenanza Municipal 9662 de la Ciudad de Santa Fe

### **IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS AMBIENTALES EN EL ORDEN INTERNACIONAL**

Actualmente, los esfuerzos para controlar la contaminación del aire en el mundo no han sido uniformes. En muchos países se han establecido normas nacionales sobre calidad del aire en exteriores y/o límites máximos permisibles para emisiones, aunque no siempre existen procesos de actualización.

Algunas ciudades han implementado actividades de muestreo de la calidad del aire pero no todas han establecido programas de aseguramiento y control de la calidad. Varios países han elaborado inventarios de emisiones, pero éstos pueden llegar a ser incompletos y no actualizarse regularmente

A nivel regional, el mayor desarrollo de la gestión de la calidad del aire se ha presentado principalmente en tres ciudades: México, Santiago de Chile y San Pablo. Las mismas cuentan con programas de vigilancia de la calidad del aire e impacto sobre la salud y se encuentran en la fase de implementación de planes viables de control y prevención.

Se puede citar la existencia de dos programas regionales para América Latina:

1. La *Iniciativa de Aire Limpio para Ciudades de América Latina del Banco Mundial*, cuya meta es promover el desarrollo o fortalecimiento de los planes de acción para mejorar la calidad del aire en los grandes centros urbanos de América Latina. El mismo incluye las ciudades de Lima-Callao, México D. F., Río de Janeiro, y Buenos Aires.
2. El *Programa Aire Puro en Centro América*, financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y ejecutado por la Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico (Swiss Contact). El objetivo principal de este programa es el mejoramiento de la calidad del aire urbano en Guatemala, Honduras, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador y

Panamá a través de la capacitación de profesionales en el sector automotriz, el establecimiento de un sistema de inspección regular de automóviles, y la sensibilización de la población.

El mayor desarrollo de la gestión de la calidad del aire se ha presentado principalmente en tres ciudades: México D.F., Santiago de Chile y San Pablo. Durante el año 2001 las mismas implementaron programas de vigilancia de la calidad del aire e impacto sobre la salud, algunos de los cuales permanecen.

Otros países que están desarrollando sus capacidades en el tema son Perú, Trinidad y Tobago y Uruguay, que están preparando normas nacionales de calidad del aire en exteriores. En Ecuador, el Municipio de Quito ha puesto en marcha la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico (REMMAQ) por medio de sus estaciones remotas ubicadas en el área urbana. Cuba ha creado el Sistema Nacional de Vigilancia de la Contaminación Atmosférica (SINVCA). Particularmente en México, las ciudades de Monterrey, Guadalajara, Valle de Toluca y Ciudad Juárez en México han desarrollado planes de acción para mejorar la calidad del aire basados en el marco conceptual del plan de acción para el Valle de México. En Chile, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) ha llevado a cabo estudios de la calidad del aire en regiones urbano-industriales del país con el apoyo financiero de COSUDE.

### **IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS AMBIENTALES EN EL ORDEN NACIONAL**

Por su parte, Argentina ha establecido el Programa Nacional sobre Calidad del Aire y Salud, basado en el programa GEMS (actualmente llamado AMIS) de la OMS. En enero de 1999, el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) y la REDPANAIRES (Red Panamericana de Muestreo de la Contaminación del Aire) enviaron un cuestionario a veintisiete países incluidos en dicho programa sobre la situación de sus proyectos de gestión de la calidad del aire.

El cuestionario involucró cuatro áreas:

- a) Políticas, normas y reglamentos: legislación vigente, normas, límites fijados para fuentes fijas y móviles, programas de mantenimiento, etc.
- b) Manejo de la calidad del aire: redes de monitoreo, contaminantes monitoreados, desarrollo de inventarios de emisiones y modelos de calidad de aire, etc.
- c) Impacto de la contaminación del aire sobre la salud: conocimiento sobre el impacto de la contaminación atmosférica, prioridad que se le atribuye al tema, desarrollo de estudios epidemiológicos, etc.
- d) Educación, capacitación y sensibilización pública: programas de educación y de difusión existentes, capacitación, etc.

Como conclusión de esta encuesta el programa ha evaluado que Argentina tiene un marco legal bien definido, pero el nivel de los programas de manejo de calidad del aire es limitado.

En este contexto, diferentes ciudades han trabajado junto a las Secretarías de Medio Ambiente, Universidades, Municipios y variadas instituciones vinculadas a la temática, sobre planes de monitoreo de calidad de aire, sistemas de alerta temprana, evaluaciones de concentración de diferentes gases y partículas, con estaciones fijas y móviles. Algunos ejemplos se detallan en la tabla 2:

| <b>Lugar</b>            | <b>Características</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ciudad de Bahía Blanca  | Se cuenta con 2 estaciones de monitoreo continuo, en una se evalúa, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO, Ozono y PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> y BTEX. Se toman muestras de hidrocarburos y VOC's en forma manual y se analizan con un cromatógrafo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Ciudad de Buenos Aires  | Mediciones de SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> y material particulado. Cuentan con 10 estaciones aproximadamente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Ciudad de Córdoba       | Monitoreo automático discontinuo. Se han instalado dos estaciones de monitoreo continuo. Se mide SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO, Ozono y PM <sub>10</sub> en el centro.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Provincia de Entre Ríos | Una estación fija de medición continua de calidad de aire en la estancia Ñandubaysa; una estación móvil de medición continua de calidad de aire en el Río Uruguay y toma de muestras con equipos portátiles en zonas aledañas; Existen tres estaciones de medición de datos meteorológicos, y pronósticos de dispersión de contaminantes.                                                                                                                                                                                                                                       |
| Provincia de Mendoza    | Monitoreo manual de 24 horas de Plomo, azufre, óxidos de nitrógeno y material particulado en más de 12 estaciones en la ciudad de Mendoza. Algunas están siendo reemplazadas por estaciones automáticas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Provincia de Santa Fe   | Se realizan en forma discontinua monitoreos de SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> y PM <sub>10</sub> , ruido ambiental por métodos manuales y celdas electroquímicas.<br>Desde el año 2001 en la ciudad de Santa Fe y en el ámbito del GESE UTN FRSF se realizan mediciones con equipos automáticos de PM <sub>10</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , HC y O <sub>3</sub> . La zona de estudio de este último es el centro de la ciudad capital. Este organismo, en conjunto con el GESE de UTN Rosario desarrollaron durante dos años mediciones de NO <sub>x</sub> |

*Tabla 2: Aplicación de Metodología de Calidad de Aire en Argentina*



## **Actividad del GESE. Evolución histórica**

El Grupo de Estudios Sobre Energía (GESE) de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe, surge en el año 1985 mediante la firma de un convenio entre la Universidad Tecnológica Nacional y la Secretaría de Energía de la Nación en el marco del Decreto Ley 2.245/85, con la finalidad de realizar diagnósticos energéticos en las PyMEs, tendientes a promover el Uso Racional de la Energía - U.R.E.

Su misión primaria es promover y coordinar acciones para el aprovechamiento eficiente de los recursos energéticos que apunten a un desarrollo sustentable como así también brindar soluciones integrales para la mejora continua de procesos.

Entre los objetivos generales del mismo se encuentran:

- Promover la realización de programas de U.R.E. en empresas industriales.
- Ponderar el potencial de ahorro de energía por sector industrial.
- Generar políticas de desarrollo para la aplicación del U.R.E. mediante ayuda financiera, franquicias fiscales, proyectos de conservación de la energía o nuevas tecnologías.
- Generar un ámbito científico de discusión y estudio sobre las temáticas energéticas y ambientales, fomentando la capacitación y presentación de estudios.
- Generar líneas de acción en proyectos integradores sobre medioambiente.

Si bien desde los comienzos la temática ambiental era abordada indirectamente a través de los estudios de uso racional y eficiente de la energía, entre los años 1991 y 1996, funcionó dentro del mismo un subárea denominada Grupo de Ruidos y Humos, a través de la cual se llevaron adelante diversas actividades como ser el estudio y recopilación de información respecto a este tópico. Se realizaron mediciones de emisión de partículas carbonosas y niveles de ruido en vehículos de transporte de pasajeros mediante el seguimiento de unidades de varias líneas de colectivos de la época. Estas actividades fueron realizadas a través de un convenio con la Municipalidad de Santa Fe.

Dentro de este periodo se desarrolló también un estudio de ruido en la ciudad de Santa Fe, realizándose mediciones de nivel sonoro urbano durante un año en más de 50 esquinas de la ciudad. Los resultados del mismo fueron plasmados mediante un mapa del municipio con la ubicación de los puntos de medición y los valores promedios registrados en cada uno de ellos.

A partir del año 1997, el Grupo comienza a trabajar en un proyecto en conjunto con el GESE Facultad Regional Rosario para la medición de concentraciones en aire de NOx por medio de muestreadores pasivos. El mismo se extendió hasta el año 1999 estudiándose más de 10 puntos representativos de la zona centro y centro de la ciudad.

En el año 2000 y luego de haber adquirido equipamiento para realizar determinaciones de concentración de contaminantes gaseosos, material particulado en aire y nivel sonoro, se comenzaron a realizar mediciones en diferentes zonas de la ciudad, principalmente sobre avenidas, edificios educativos y hospitales. Posteriormente se continuó con este tipo de mediciones, mediante el proyecto homologado por la Secretaría de Ciencia y Técnica y de la Universidad, denominado “Investigación de la Contaminación por Emisiones Gaseosas y Ruido”, años 2001-2003. Se concentraron las mediciones en la zona centro comprendida entre boulevares, pero manteniendo puntos de interés como centros de salud y educativos. Posterior al mismo surge el proyecto “Gestión de tránsito en la Ciudad de Santa Fe”, llevado a cabo con el grupo de investigación GETRANS, perteneciente a la misma institución educativa, en el cual se concentraron los estudios en la zona del centro de la ciudad e incluyeron el análisis del parque vehicular como factor principal de la problemática.

Actualmente se continúan realizando mediciones en distintos puntos de la ciudad.

## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

La gestión ambiental implica el fortalecimiento de un marco tanto institucional como social y cultural. Esto a su vez permite el desarrollo normativo y organizativo, lo que genera un impulso en planes y programas ambientales que hagan viables el cumplimiento de los objetivos ambientales. La necesidad de una eficiente gestión en áreas como el centro de la ciudad de Santa Fe, está justificada en el hecho de preservar el medio ambiente y la calidad de vida.

Ante este escenario, resulta conveniente desarrollar herramientas que orienten la gestión ambiental hacia la búsqueda de la sostenibilidad para evitar o controlar el deterioro.

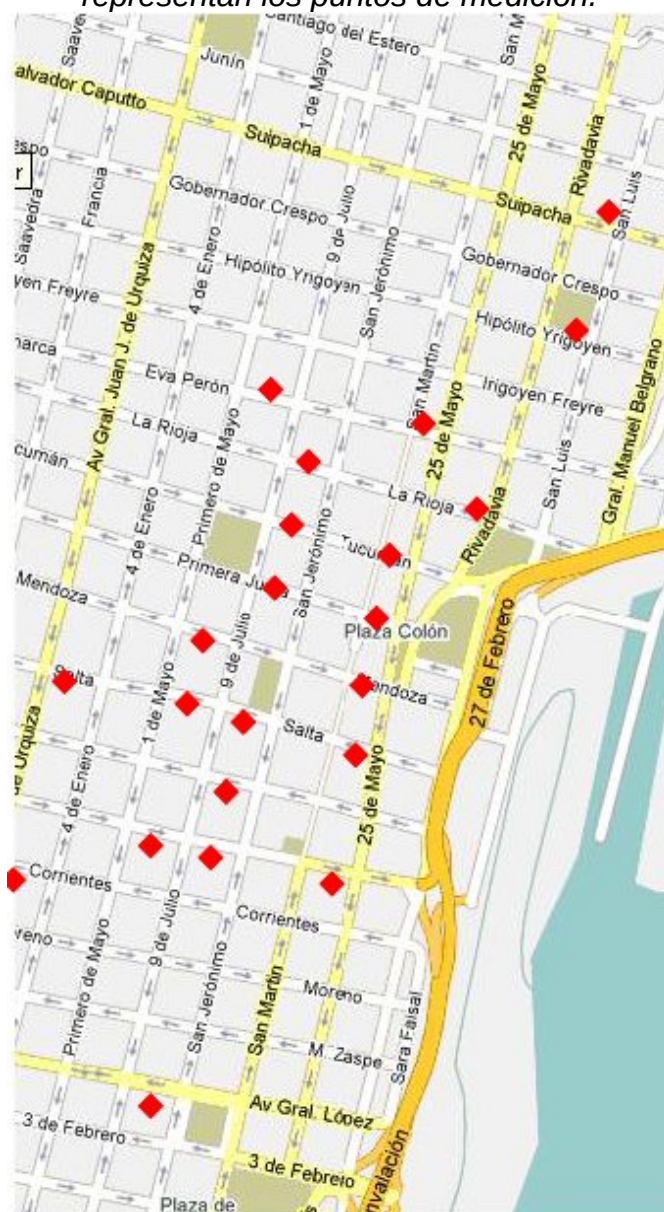
Para que esto sea posible, es imprescindible que se generen incentivos para implementar prácticas ambientales sanas, adoptar estándares de producción compatibles con la preservación del medio ambiente y además, estimular y consolidar la capacidad interna para prevenir su deterioro.

En este sentido, la capacitación en el área de la gestión ambiental, contribuirá a que la lucha contra la contaminación y el deterioro del medio ambiente sean objetivos prioritarios de los sectores públicos y privados, y una estrategia para la búsqueda de crecimiento económico en equilibrio con la protección del medio ambiente.

## PLANIFICACIÓN

Con el fin de determinar las concentraciones de contaminantes presentes en el aire y comprobar la evolución de los mismos en el centro santafesino, se seleccionaron 22 puntos o esquinas en las que se ubicó el equipo analizador de calidad aire y ruido. Los puntos se eligieron con el objetivo de generar una muestra que resulte representativa para el estudio y al mismo tiempo resultara viable para su realización y seguimiento.

*Figura 4: Zona de estudio. Las estrellas representan los puntos de medición.*



| Nº | ESQUINA                             |
|----|-------------------------------------|
| 1  | Av. General López y San Jerónimo    |
| 2  | Corrientes y 4 de Enero             |
| 3  | Juan de Garay y 25 de Mayo          |
| 4  | Juan de Garay y San Jerónimo        |
| 5  | Juan de Garay y 9 de Julio          |
| 6  | Lisandro de la Torre y San Jerónimo |
| 7  | Salta y 25 de Mayo                  |
| 8  | Salta y San Jerónimo                |
| 9  | Salta y 9 de Julio                  |
| 10 | Salta y 4 de Enero                  |
| 11 | Mendoza y 25 de Mayo                |
| 12 | Mendoza y 9 de Julio                |
| 13 | Primera Junta y 25 de Mayo          |
| 14 | Primera Junta y San jerónimo        |
| 15 | Tucumán y 25 de Mayo                |
| 16 | Tucumán y San Jerónimo              |
| 17 | La Rioja y Rivadavia                |
| 18 | La Rioja y San Jerónimo             |
| 19 | Eva Perón y 25 de Mayo              |
| 20 | Eva Perón y 9 de Julio              |
| 21 | Hipólito Irigoyen y San Luis        |
| 22 | Suipacha y San Luis                 |

*Tabla 3: Puntos de medición*

### **TOMA DE DATOS**

El procedimiento para la medición fue estandarizado por el Grupo. Para cada sitio analizado, se ubicó el equipo sobre un trípode en el punto seleccionado a una altura aproximada de 2 metros del suelo. Se destinaron 5 minutos para la estabilización del equipo para luego, durante 20 minutos, proceder a la toma de muestra. Este período de tiempo fue adoptado de la Ordenanza Municipal N° 9662/93, en la cual se establecen los valores de “Concentraciones Máximas Admisibles para Períodos Cortos (CAPC), los cuales fueron realizados en momentos de alta actividad y de mayor probabilidad de comprometer los bienes y la salud de la comunidad. Finalizada cada una de las mediciones, el equipo se transportó hasta las dependencias del GESE para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos.

En cada una de las rondas, se midieron además de las concentraciones de los contaminantes, las condiciones meteorológicas, el flujo vehicular en el momento de la medición y su composición.

El área de estudio seleccionada fue la comprendida entre las calles Urquiza por el oeste, Junín por el norte, San Luis por el este y 3 de Febrero por el sur (Figura 2).

### **ANÁLISIS DE LOS DATOS**

Los datos obtenidos se corrigieron para adaptarlos a las condiciones meteorológicas estándares (1 atmósfera de presión y 25 °C de temperatura).

En el transcurso total del proyecto se realizaron entre 9 y 10 rondas anuales (Tabla 3).

| Año  | Nº de rondas |
|------|--------------|
| 2005 | 9            |
| 2006 | 10           |
| 2007 | 9            |

*Tabla 4: Número de rondas por año de estudio durante el proyecto*

Con los datos obtenidos se obtuvieron, por un lado los promedios anuales de flujo vehicular y su composición en todos los puntos de medición, así como las concentraciones máximas, promedio y mínimas de los gases y material particulado en el lapso de 20 minutos.

Por otro lado, y a partir del análisis de los datos obtenidos en las rondas de medición se realizaron paralelamente tres líneas de investigación complementarias:

- análisis de los espacios verdes localizados en zonas aledañas a los puntos de medición,
- modelo informático de simulación que permita predecir escenarios futuros a partir del análisis de la evolución de los datos.
- observación de la percepción social mediante encuestas realizadas en el centro.

## **ESPACIOS VERDES Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Los espacios verdes en general, y los urbanos particularmente en este estudio, ya sean públicos o privados, tienen una incidencia importante en la calidad de vida de las poblaciones, por lo que su mantenimiento, ampliación y mejoramiento, merecen cada día mayor atención. La existencia de árboles en áreas urbanas ofrece la ventaja de reducir la concentración de gases de efecto invernadero al secuestrar carbono, proporcionan sombra en el verano, lo que ayuda a reducir el consumo de aire acondicionado, y ofrece protección contra el tiempo en el invierno, lo que reduce las emisiones de los sistemas de calefacción. Son capaces de interceptar partículas y absorber contaminantes gaseosos como los dióxidos de azufre y nitrógeno y la formación de compuestos orgánicos volátiles. Por otro lado, el valor que tiene la madera como almacenador de carbono, depende en gran parte del período requerido por el árbol para su desarrollo. Los árboles de crecimiento rápido tienen un valor relativamente bajo como almacenadores de carbono por la corta duración del producto final. Por otro lado, la madera de árboles de lento crecimiento puede almacenar carbono por muchas décadas.

Las plantas muestran una especial sensibilidad a la mayor parte de los contaminantes del aire y sufren daños mucho más significativos a concentraciones más bajas que las necesarias para causar efectos perjudiciales sobre la salud del hombre. En este proceso, algunas partículas se fijan a las hojas obturando los estomas (órganos de respiración) o recubriendo las superficies asimiladoras y afectando el proceso de fotosíntesis.

Los árboles están compuestos de aproximadamente 50% carbono, el cual extraen de la atmósfera durante el proceso de fotosíntesis. La cantidad de carbono que un árbol puede absorber en un año depende de las características de crecimiento de la especie, las condiciones de crecimiento existentes en el área de plantación y la densidad de su madera. Los automóviles son los responsables del 55 al 95% de la contaminación atmosférica por monóxido de carbono y se estima que el 28% del monóxido de carbono presente en el aire es absorbido por las plantas. También los óxidos de nitrógeno que se forman en la cámara de combustión de los vehículos a partir del nitrógeno gaseoso (que normalmente contiene el aire que respiramos y no nos resulta tóxico) pueden ser depurados por los árboles, y ha sido estimada a partir de ciertas mediciones en una



reducción teórica de alrededor del 50%. Los árboles y arbustos existentes en algunas ciudades son capaces, además, de capturar cerca del 6% de las partículas menores a 10 micrones ( $PM_{10}$ ) presentes en el aire durante la primavera y alrededor del 3% en invierno.

La Organización Mundial de la Salud recomienda, para una vida saludable y compatible con el ambiente, que haya entre 10 y 16  $m^2$  de espacio verde público por habitante. Por tanto, se observa que la vegetación cumple un rol importante en la absorción de los diferentes contaminantes presentes en la atmósfera, y, realizando un estudio y estimación sobre dicha capacidad, se puede reorientar la planificación sobre la vegetación urbana, para aumentar la forestación y optar por las especies con mayor capacidad de absorción.

Con la finalidad de ver cómo los espacios verdes inciden en la contaminación atmosférica, entre las esquinas utilizadas para la medición de los contaminantes, se seleccionaron seis puntos teniendo en cuenta la cantidad y calidad de la vegetación presente en cada uno de ellos y el tránsito vehicular que circula en la zona (Figura 3).



Figura 4: Zona de estudio delimitada por calles 3 de Febrero (S), San Luís (E), Junín (N) y Urquiza (O) y detalle de los espacios verdes comprendidos en la zona<sup>5</sup>. Los círculos verdes representan los sitios vegetados y los rojos los no vegetados.

Las mismas fueron definidas de la siguiente manera:

Zona 1: zona vegetada (plazas públicas) que posee alta riqueza y abundancia de especies.

Zona 2: zona con escasa vegetación o carente de ella.

<sup>5</sup> Fuente. [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)

Ambas zonas tienen similares características edilicias y de circulación de automóviles, para asegurar una comparación adecuada y significativa.

- J de Garay y San Jerónimo ZONA VEGETADA - Plaza del Soldado.
- La Rioja y Rivadavia ZONA VEGETADA - Plaza España y Plaza Colón.
- Gral. López y San Jerónimo ZONA VEGETADA - Plaza 25 de Mayo -.
- San Jerónimo y 1º Junta ZONA NO VEGETADA.
- Corrientes y 4 de Enero ZONA NO VEGETADA.
- 25 de Mayo y Salta ZONA NO VEGETADA.

Se realizó un estudio comparativo de contaminantes entre zonas vegetadas y no vegetadas utilizando análisis estadísticos. Adicionalmente, en las zonas vegetadas se aplicó el Modelo UFORE (Urban Forest Effects - [www.ufore.org](http://www.ufore.org); -Efectos del arbolado Urbano) para evaluar la estructura, los efectos y valor de los espacios verdes urbanos. El mismo consta de 4 etapas:

- UFORE A: Anatomía del bosque urbano.
- UFORE B: Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles Biogénicos (COVb).
- UFORE C: Almacenamiento y Absorción de Carbono.
- UFORE D: Deposición Seca de la Contaminación Atmosférica.

En base a los resultados obtenidos se identificaron las especies que podrían estar favoreciendo a la mitigación de la contaminación atmosférica por sus características biológicas y los espacios que al tenerlas son importantes como bosques urbanos.

## **MODELO DE SIMULACIÓN INFORMÁTICO Y PROYECCIONES DE ESCENARIOS FUTUROS**

El modelo presentado en este trabajo, denominado “Calidad de Aire 1”, está construido según los lineamientos de la Dinámica de Sistemas, que es la *herramienta funcional* del Pensamiento Sistémico. Básicamente es una metodología que fue creada en los años '50 por Jay Forrester, del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) para la construcción de modelos de simulación de sistemas complejos aplicados a la toma de decisiones, tales como los sistemas ambientales.

Un modelo es una simplificación de la realidad. En realidad, siempre cuando estudiamos algo lo hacemos en base a un modelo, que será más o menos complejo según el número de variables a considerar del mismo. El desarrollo y el acceso a las computadoras han hecho posible manejar una gran cantidad de datos y por eso ahora se usan, cada vez más, modelos computacionales en los que se *imita* el funcionamiento de sistemas complejos

En Dinámica de Sistemas la simulación permite obtener gráficas de las variables incluidas en el modelo - conocidas como trayectorias - , mediante la aplicación de técnicas de integración numérica. No obstante, estas trayectorias nunca se deben interpretar como predicciones detalladas y exactas, sino como proyecciones o tendencias. El objetivo de los modelos de Dinámica de Sistemas es, como ocurre en todas las metodologías de sistemas blandos, llegar a comprender cómo la estructura del sistema es responsable de su comportamiento. Esta comprensión normalmente debe generar un marco favorable para la determinación de las acciones que puedan mejorar el funcionamiento del sistema o resolver los problemas observados.

Todo sistema social – entre ellos, el ambiental - resulta difícil de modelar, debido al número de variables que forman parte del mismo. De todas maneras, tal como sostiene Jay Forrester: “la gente es reacia a pensar que los sistemas físicos y los humanos tienen

la misma naturaleza. Aunque los sistemas sociales son más complejos que los físicos, pertenecen a la misma clase de sistemas altamente organizados, retroalimentados y no lineales, que los sistemas físicos”, por lo que se deduce que, si bien no es una tarea sencilla, tampoco resulta imposible de realizar.

Uno se pregunta porqué emplear la Dinámica de Sistemas. Retomando los conceptos de Forrester, se encuentra la respuesta: “los modelos de Dinámica de Sistemas pueden reflejar el comportamiento de los sistemas actuales. Los modelos de Dinámica de Sistemas surgen y demuestran por qué han fracasado tantos esfuerzos por mejorar los sistemas sociales. Se pueden construir modelos muy superiores a aquellos modelos intuitivos de las personas en los que están basados programas sociales nacionales actuales”.

Además, el uso de la Dinámica de Sistemas permite ver con claridad algunos hechos que pueden parecer sorprendentes cuando se estudian los sistemas sociales:

- primero, la mayor parte de los problemas se originan en causas internas (aunque generalmente se “culpa” a causas externas);
- en segundo término, las acciones que se emprenden, normalmente con la creencia de que son una solución para los problemas, son a menudo la causa de los problemas que se están experimentando;
- en tercer lugar, la propia naturaleza de la estructura dinámica realimentada de un sistema social tiende a conducir, erróneamente, a acciones que son ineficaces e incluso contraproducentes;
- por último, los individuos disponen de suficiente información sobre un sistema como para permitir, con éxito, su modelado.

Las tareas que se realizan con el modelo “Calidad de Aire 1” consisten en ingresar como *inputs* los valores numéricos de variables tales como: las concentraciones de los contaminantes CO; NO<sub>2</sub>; y SO<sub>2</sub>; el número de vehículos que circulan por el área por unidad de tiempo; las condiciones atmosféricas tales como velocidad y dirección del viento y frecuencia de lluvias; factores de emisión de distintos contaminantes del aire; entre otros. Como *outputs* o salidas, se pueden obtener la evolución del parque vehicular; las emisiones; y las inmisiones de los contaminantes atmosféricos a analizar. De este modo, se puede estudiar su evolución temporal “a futuro”, de modo de proyectar diferentes escenarios donde se analizará si habrá o no una situación de riesgo ambiental.

La primera tarea comprende la comparación entre los datos tomados de la realidad versus los entregados por el citado modelo vía simulaciones, para realizar la validación de este último. Esta validación permite establecer las condiciones iniciales para realizar simulaciones de escenarios futuros en distintas escalas. En definitiva, las actividades involucradas consisten en:

- a. realizar una retroalimentación permanente de los datos reales con los predichos por “Calidad de Aire 1”;
- b. proyectar el comportamiento del sistema - para una determinada escala de tiempo-.

El modelo descrito tiene varias ventajas, como la de permitir la obtención simultánea y rápida de varias magnitudes relacionadas con la contaminación del aire producida por fuentes móviles. La tarea de “Calidad de Aire 1” es de suma importancia, debido a que en el presente y de acuerdo a la información disponible existen pocas herramientas informáticas que puedan simular situaciones donde se analice la problemática de la calidad del aire urbano.

La proyección de escenarios futuros, considerando los datos actuales de contaminación es una herramienta vital que puede proporcionar, siempre en un marco de cierta probabilidad, las consecuencias futuras de acciones presentes.

## PERCEPCIÓN SOCIAL

Para poder evaluar la percepción de la calidad del aire hemos confeccionado una encuesta dirigida a las personas que trabajan y/o transitan en la zona del centro santafesino, y que se encuentran afectadas de manera directa respecto a los contaminantes atmosféricos de dicha zona.

Las encuestas fueron realizadas al azar, con el cuidado de mantener una proporción similar de sexos y rangos de edades, y de este modo, que los resultados sean representativos de la población en general. Se efectuaron entre los meses de febrero y mayo de 2008, y fueron ejecutadas mediante charla directa con los encuestados.

En la misma se realizaron preguntas tendientes a obtener información sobre los siguientes puntos:

- a. Información general: tiene el objetivo de conocer información sobre el perfil de los encuestados, tales como sexo, edad, ocupación, fumador (si – no), circulación frecuente u ocasional por el centro, y medio de transporte empleado;
- b. Percepción de la problemática de la calidad del aire: en este rubro nos interesa conocer si los encuestados perciben que existe un problema de calidad del aire y del ruido -o no- ; en qué consiste este problema; cómo se dan cuenta de su existencia y cómo califican su gravedad.
- c. Elementos que componen la problemática de la calidad del aire: en este grupo de preguntas se buscó identificar la comprensión que se tiene de los problemas del aire, y cuáles son los elementos que intervienen en la misma.
- d. Percepción de la existencia de consecuencias: esta sección de la encuesta buscó indagar en el conocimiento de los efectos de la contaminación del aire, especialmente en la percepción de cómo ésta afecta la salud. Se parte del supuesto de que si la gente conoce cómo la contaminación del aire afecta su salud, estará más dispuesta a actuar para frenar este problema. Nos interesó también conocer si sabían de manera definida cuáles son los problemas de salud que se generan a partir de la contaminación del aire, o si la concepción que se tiene es más bien general o incompleta
- e. Percepción de la propia vulnerabilidad: Lo que se buscó con esta pregunta fue conocer si las personas encuestadas se sentían directamente afectadas - y por lo tanto involucradas - por el problema de la contaminación del aire
- f. Conocimiento de los mitigadores de la contaminación: se buscó conocer si los ciudadanos identifican los espacios verdes como colaboradores en la mitigación de la contaminación y que concepto tienen sobre el estado de los espacios verdes urbanos del centro de la ciudad
- g. Responsables de solucionar el problema de la contaminación: Se buscó, a través de este grupo de preguntas, identificar cuáles son los responsables -según la percepción de los encuestados- de resolver el problema de la calidad del aire y del tránsito en el centro de la ciudad de Santa Fe. Al mismo tiempo se indagó en la voluntad de participación del encuestado respecto a una potencial tarea de gestión ambiental asociada al recurso aire.
- h. Instituciones que trabajan para reducir la contaminación del aire y en el tránsito: Tratamos de responder a las siguientes preguntas: ¿Reconocen las y los entrevistados a las instituciones que vienen trabajando para frenar la contaminación del aire y para realizar una gestión en el tránsito? ¿A quiénes sí reconocen?



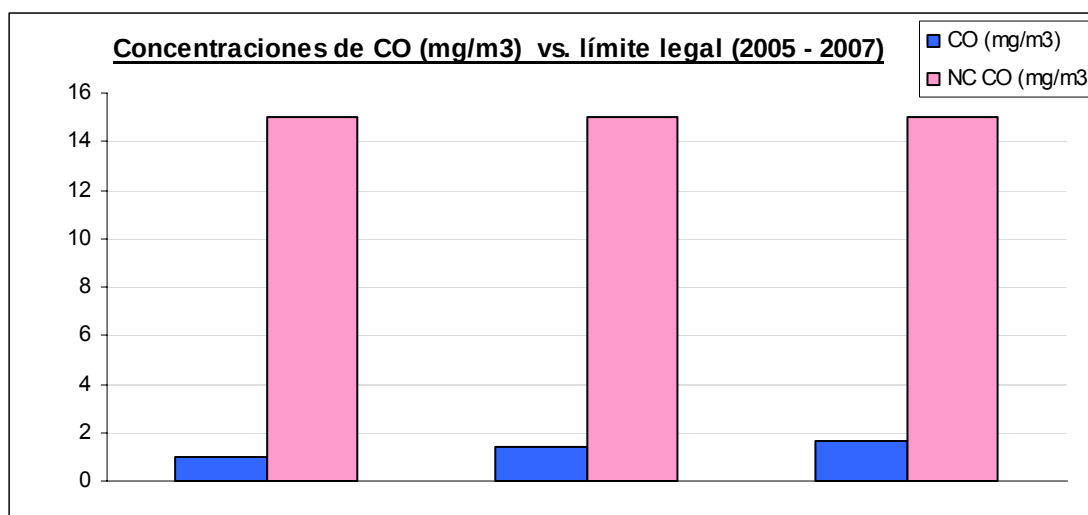
## **CAPÍTULO 4: RESULTADOS OBTENIDOS**

Este estudio ha permitido arribar a diferentes resultados, los cuales están íntimamente correlacionados. El objetivo de este análisis de carácter múltiple es tratar de comprender como funciona este sistema desde diferentes perspectivas, de modo de realizar un abordaje lo más completo posible.

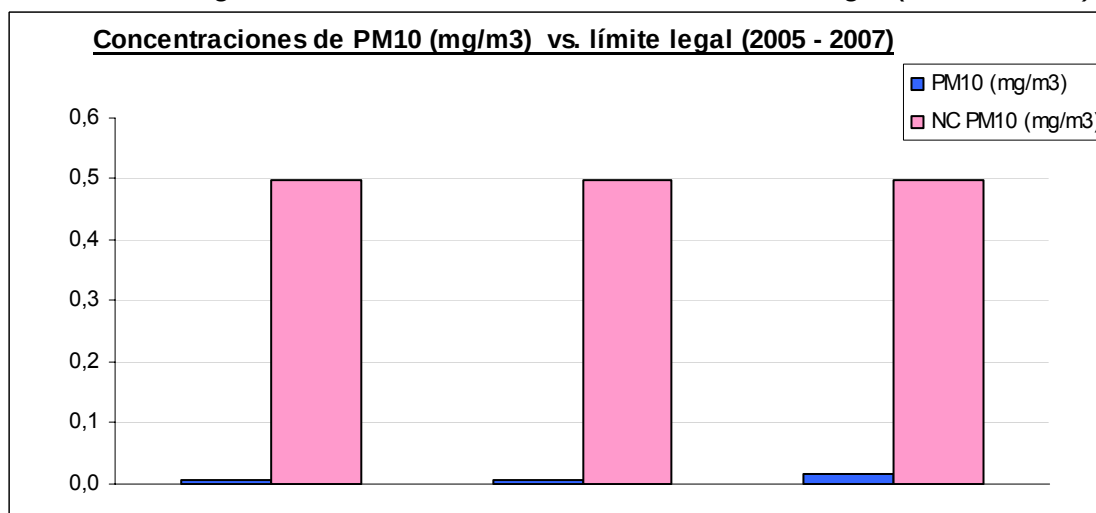
### **EVOLUCIÓN DE LOS CONTAMINANTES EN EL TIEMPO**

La concentración de contaminantes medidos en las zonas de estudio, fueron analizadas teniendo en cuenta promedios por rondas, puntos particulares y promedios anuales. Las mismas fueron comparadas con valores límites establecidos por la legislación municipal vigente (Ordenanza Municipal N° 9662/93) (ver Figuras 5, 6, 7, 8, 9 y 10) y en base a esa comparación podemos citar algunas observaciones interesantes:

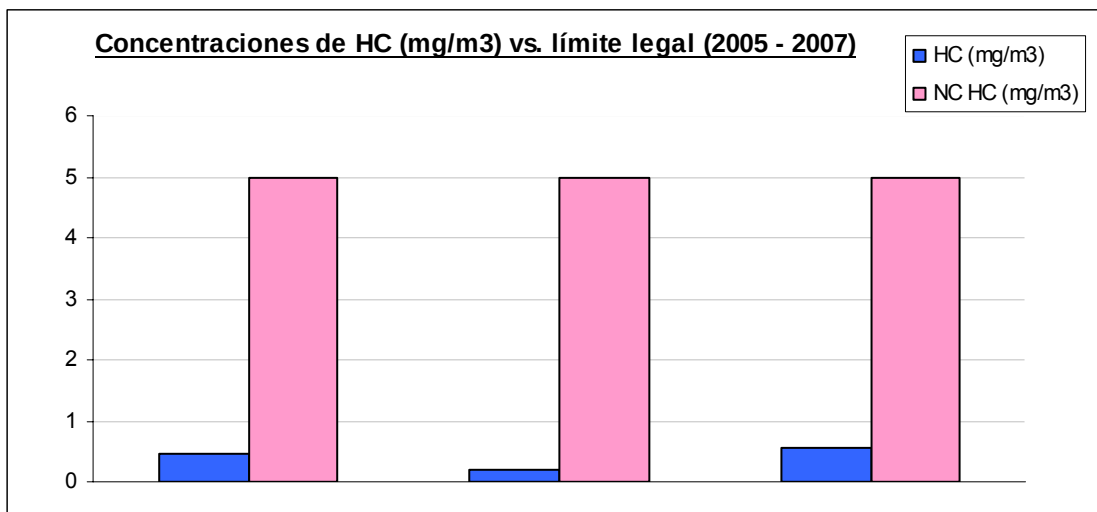
- Los contaminantes medidos están por debajo del límite que especifica la norma de calidad de aire de la ciudad de Santa Fe para períodos de tiempos cortos (20 minutos).
- A pesar de ello, se observa, en general, un crecimiento de las concentraciones de los mismos a medida que ha pasado el tiempo.
- Dentro de los crecimientos, resulta destacable el notable incremento que ha sufrido el PM<sub>10</sub>, y el nivel sonoro continuo equivalente.



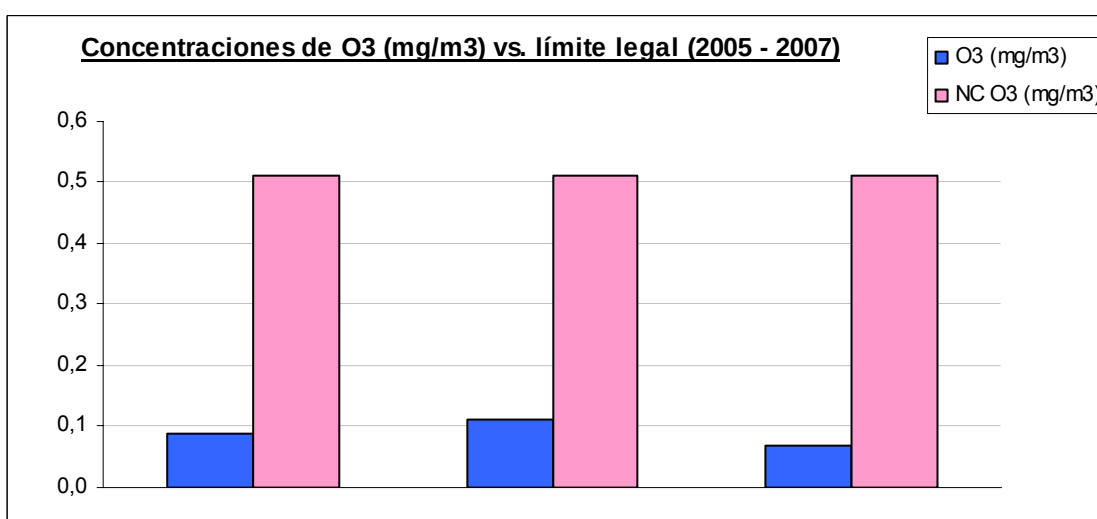
*Figura 5: Concentraciones de CO vs. Límite legal (2005 – 2007)*



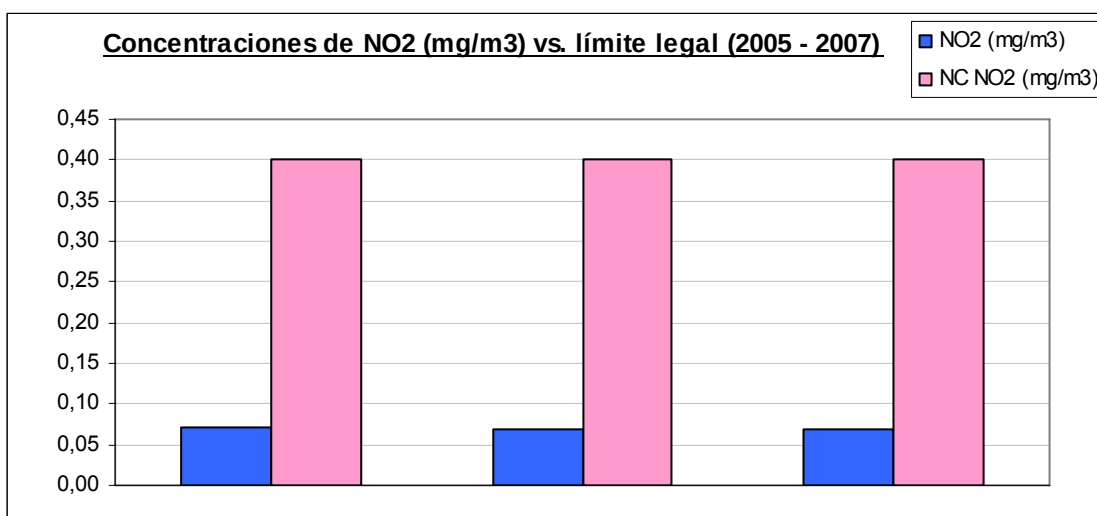
*Figura 6: Concentraciones de PM10 vs. Límite legal (2005 – 2007)*



*Figura 7: Concentraciones de HC vs. Límite legal (2005 – 2007)*



*Figura 8: Concentraciones de O<sub>3</sub> vs. Límite legal (2005 – 2007)*



*Figura 9: Concentraciones de NO<sub>2</sub> vs. Límite legal (2005 – 2007)*

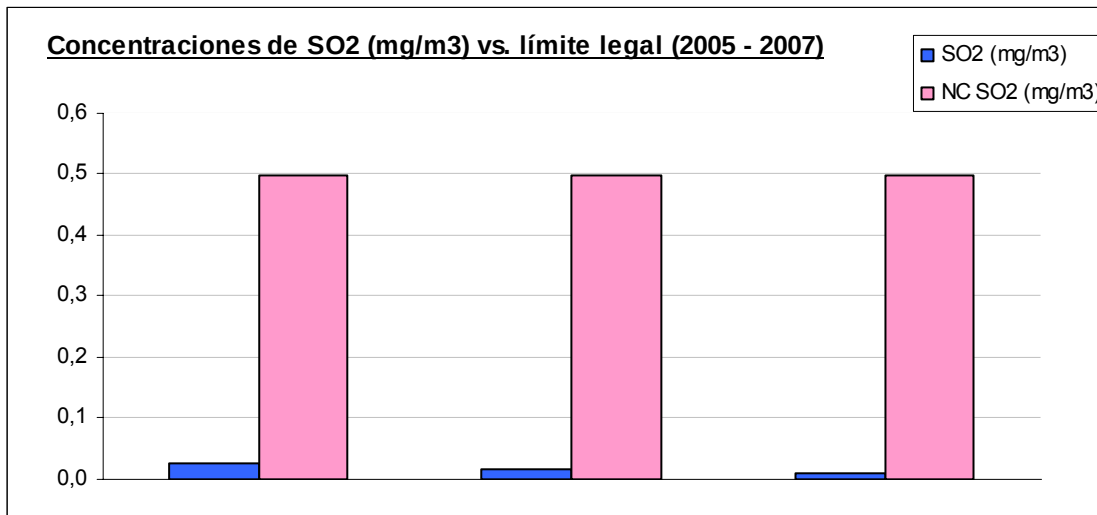


Figura 10: Concentraciones de SO<sub>2</sub> vs. Límite legal (2005 – 2007)

Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 11 donde las esquinas más comprometidas están representadas por círculos de color violeta cuyo tamaño es directamente proporcional al orden. Las esquinas menos comprometidas siguen el mismo orden en lo que hace a su tamaño, mientras que el color que las identifica es el verde:

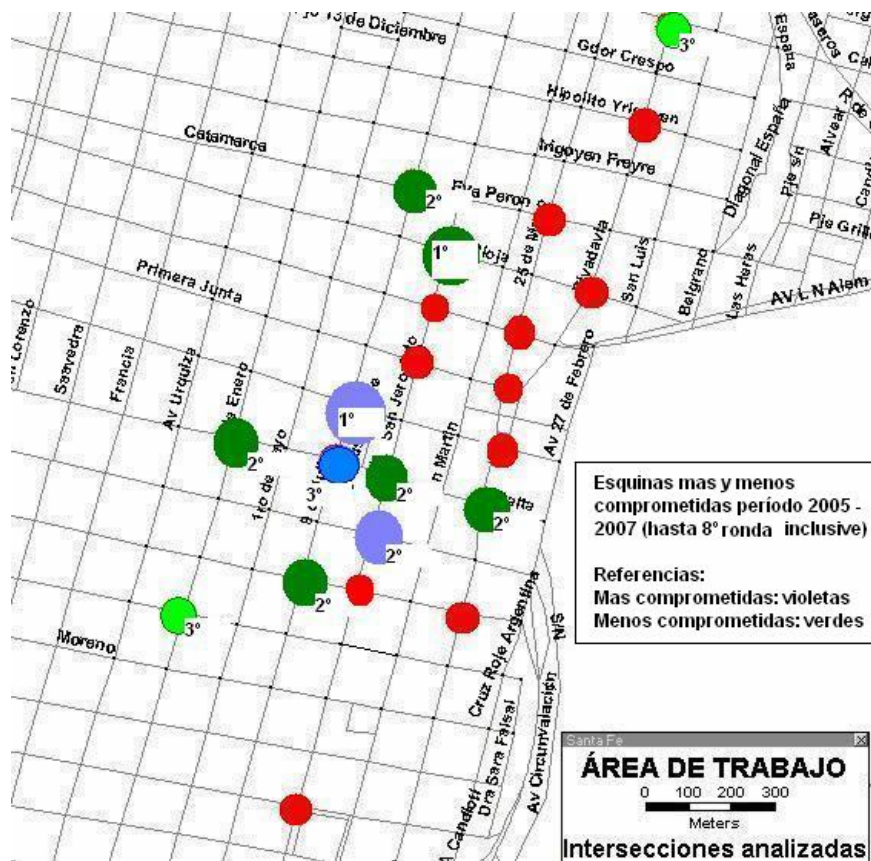


Figura 11: Esquinas más y menos comprometidas año 2005 - 2007

Puede observarse que las esquinas más comprometidas se encuentran muy cerca entre sí, al contrario de las esquinas menos comprometidas, en las que su dispersión es mayor.

Esta forma de representación permite identificar fácilmente los puntos críticos de mayor riesgo para potenciales áreas de futuras mediciones, sobre todo si se desea ampliar la escala temporal de 20 minutos a 1 ó 24 horas. Además, permite seleccionar el área de una nueva zona de muestreo para realizar un análisis más exhaustivo y poder

brindar herramientas en el caso de implementación por parte de organismos pertinentes, de medidas tendientes a minimizar los efectos de contaminación ambiental en esas zonas.

Por otro lado, resulta de interés comparar aquellas relaciones que vinculan los valores promedios de las concentraciones de cada contaminante en cada año de estudio. La razón de este tipo de análisis se debe a que no sólo es importante saber cuáles y cuánto variaron en términos absolutos las concentraciones promedios de cada contaminante, sino también conocer cuánto fue su incremento porcentual con relación a los años anteriores (Figura 11). Como se puede observar, algunos contaminantes (*por ejemplo* SO<sub>2</sub>, HC y PM<sub>10</sub>) han incrementado sus valores a lo largo de los años de estudio. Como caso particular, el nivel sonoro (N.S.C.E.) no ha experimentado grandes variaciones porcentuales, aunque este comportamiento se debe a que durante el tiempo de estudio se han mantenido sin variaciones importantes en un ambiente donde se han superado ampliamente los valores límites permitidos por la ordenanza municipal.

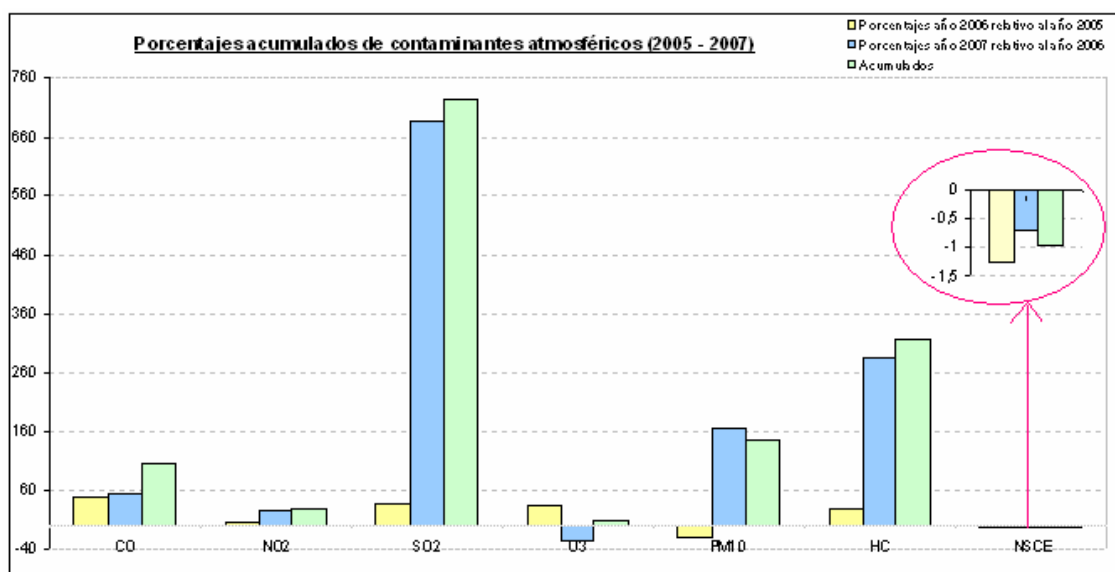


Figura 12: Incremento porcentual de contaminantes del aire por año.

Para poder analizar con mayor claridad las gráficas anteriores, se presentan los datos de la misma en forma de tabla.

| Contaminante     | Porcentaje relativo al año 2005 |
|------------------|---------------------------------|
| CO               | 70.51                           |
| PM <sub>10</sub> | 206.40                          |
| SO <sub>2</sub>  | 21.98                           |
| HC               | 206.86                          |
| O <sub>3</sub>   | -16.06                          |
| NO <sub>2</sub>  | 1.81                            |
| NSCE             | -1.11                           |

Tabla 4: Porcentajes de contaminantes en el año 2007 relativo al año 2005.

## ESPACIOS VERDES URBANOS

Si tenemos en cuenta la incidencia de las franjas vegetadas comprendidas dentro de la zona de estudio, se puede observar que el arbolado público favorece la disminución de contaminantes gaseosos y particulados en niveles significativos.

Contribuyen de forma clara y efectiva a atrapar y sostener partículas en suspensión del ambiente urbano ( $PM_{50}$  y  $PM_{10}$ ) de contaminantes como polvo, cenizas, polen, quemados de los motores de los vehículos, metales pesados, etcétera que son lavados al suelo con la lluvia. Por lo tanto, con su adecuado manejo, ayudan a mantener la calidad del aire en el centro de las ciudades caracterizadas por una importante planta vehicular. Los porcentajes de absorción de gases realizados por los espacios verdes son destacados como para tenerlos en cuenta y realizar un manejo adecuado de los mismos.

Los espacios verdes del centro y centro de la ciudad de Santa Fe poseen una baja densidad y cobertura vegetal, pero las especies en general se encuentran en buen estado y poseen un bajo factor de competencia, por lo que crecen libremente y con todos los requerimientos de luz y espacio necesarios. Además, favorecen la calidad del aire urbano disminuyendo la concentración de algunos contaminantes.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en todas las etapas del modelo analizadas, se puede concluir de manera preliminar, que las especies que contribuyen de manera favorable en la calidad de aire urbano en la ciudad de Santa Fe de alguna manera son jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*), lapacho (*Tabebuia ipe*), aguaribay (*Schinus molle* var. *areira*), ceibo (*Erythrina crista-galli*), tipa (*Tipuana tipu*), oreja de negro (*Enterolobium contortisiliquum*) (Figura 13).



Figura 13: foto de los ejemplares arbóreos que, según el modelo UFORE, contribuyen en mayor manera a mitigar la contaminación atmosférica.

## RESULTADOS DE “CALIDAD DE AIRE I”

En principio, se debe retomar el concepto de que el modelo “Calidad de Aire 1” permite hallar las trayectorias de posibles escenarios futuros del aire urbano en el centro

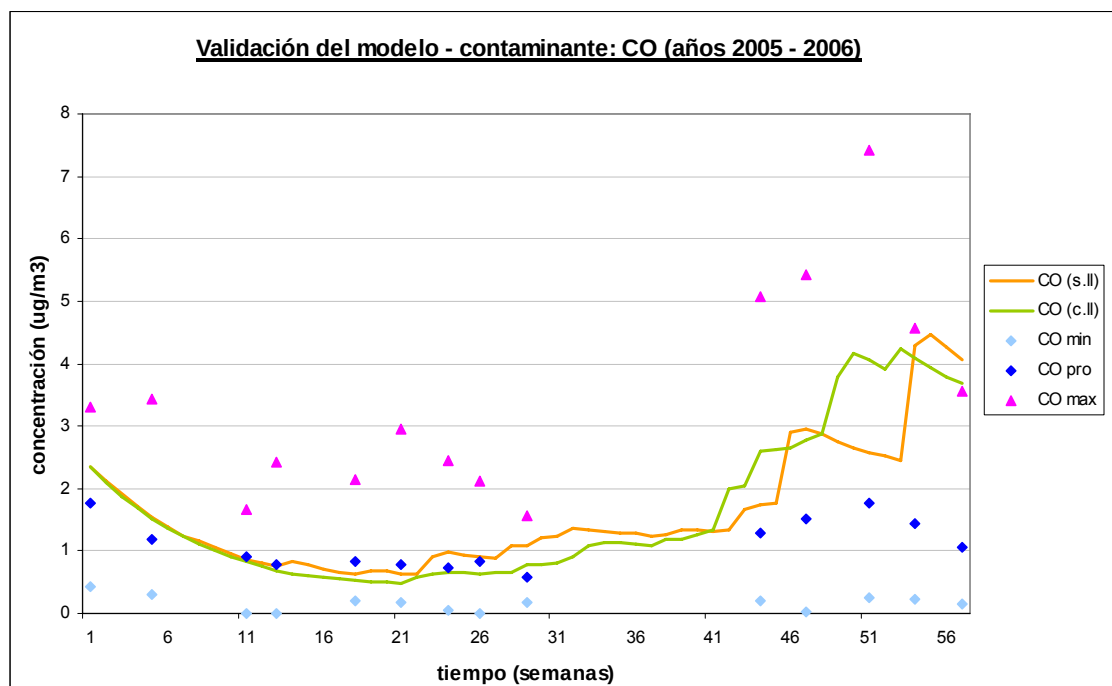


santafesino. Esto significa que los datos ingresados sirven como base para las simulaciones que van a determinar cuál es el comportamiento del sistema – a través de una gráfica – y no a obtener con exactitud y precisión el valor de la concentración que va a tener cada contaminante estudiado al cabo de cierto tiempo. Previo al análisis de estas trayectorias obtenidas, se debe validar el modelo.

El modelo permite hallar varios resultados de manera simultánea. En este trabajo se analizaron las concentraciones de tres contaminantes atmosféricos: CO; NO<sub>2</sub>; y SO<sub>2</sub>, aunque también se pueden estudiar los VOC's y el CO<sub>2</sub>.

Como ejemplo, una de las validaciones realizadas se presenta a continuación. La misma fue efectuada analizando al contaminante CO (monóxido de carbono), donde se representa en el eje de la ordenada la concentración - en mg/m<sup>3</sup> -, y en el eje de abscisas el tiempo - en meses -, para los años 2005 - 2006. Los valores obtenidos por las mediciones están representados por puntos debido a que se han tomados de modo discontinuo, y están dados para tres valores: máximos (en color violeta); promedio (color azul), y mínimos (color celeste). Los resultados de la simulación se plantean con dos escenarios posibles:

- Con lluvia (en color naranja), donde se tiene en cuenta el arrastre de los contaminantes por la citada causa meteorológica; y
- Sin lluvia (en color verde claro);



*Figura 14: Validación del modelo- contaminante CO (años 2005-2007)*

Como los resultados del modelo están comprendidos dentro de los valores medidos, se puede asegurar que los datos del modelo están validados como para realizar simulaciones de diferentes escenarios con un alto grado de confiabilidad.

Por tratarse del análisis de un sistema ambiental, altamente inestable en donde los valores de las variables cambian permanentemente su magnitud, las validaciones se han efectuado con tiempos no mayores a uno o dos años, de modo de obtener resultados más cercanos a la realidad. Para el año 2007 se ha obtenido la siguiente trayectoria de calibración:

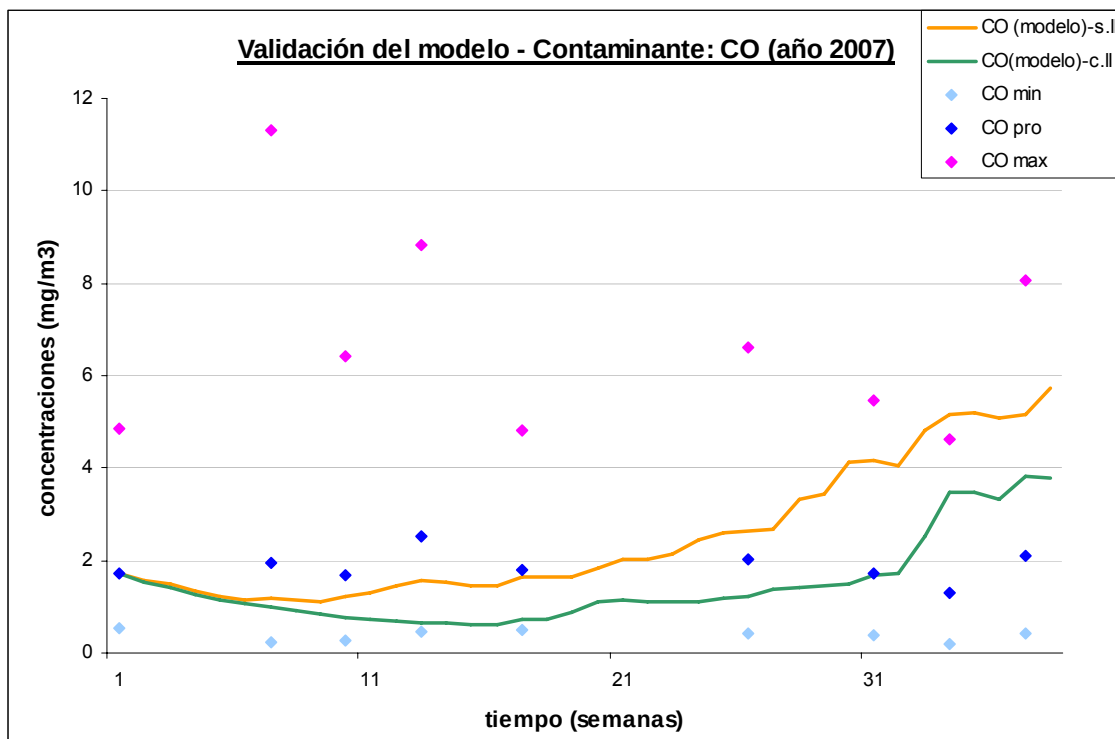


Figura 15: Validación del modelo- contaminante CO (año 2007)

Dentro de los resultados obtenidos mediante simulaciones, a continuación se presentan algunos de ellos.

Una de las trayectorias halladas permite cuantificar las emisiones de contaminantes – en toneladas - durante los años 2005 y 2007:

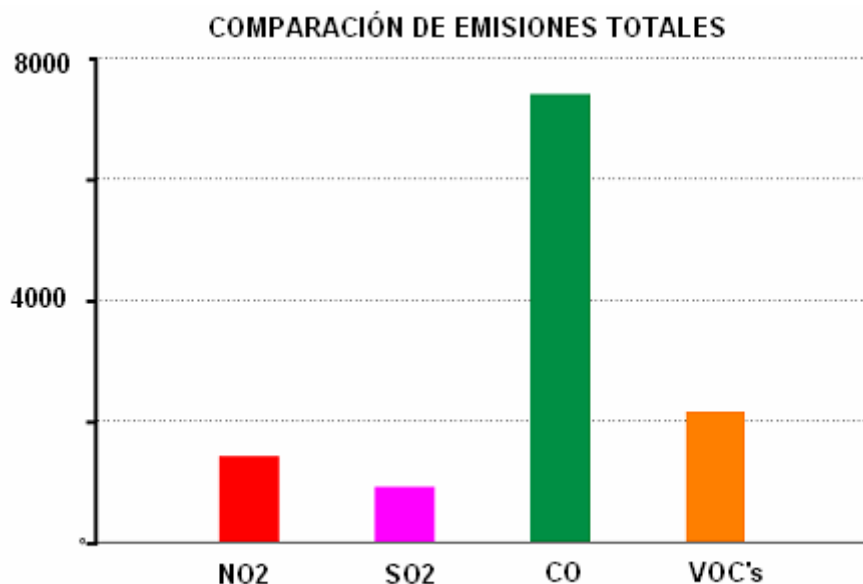


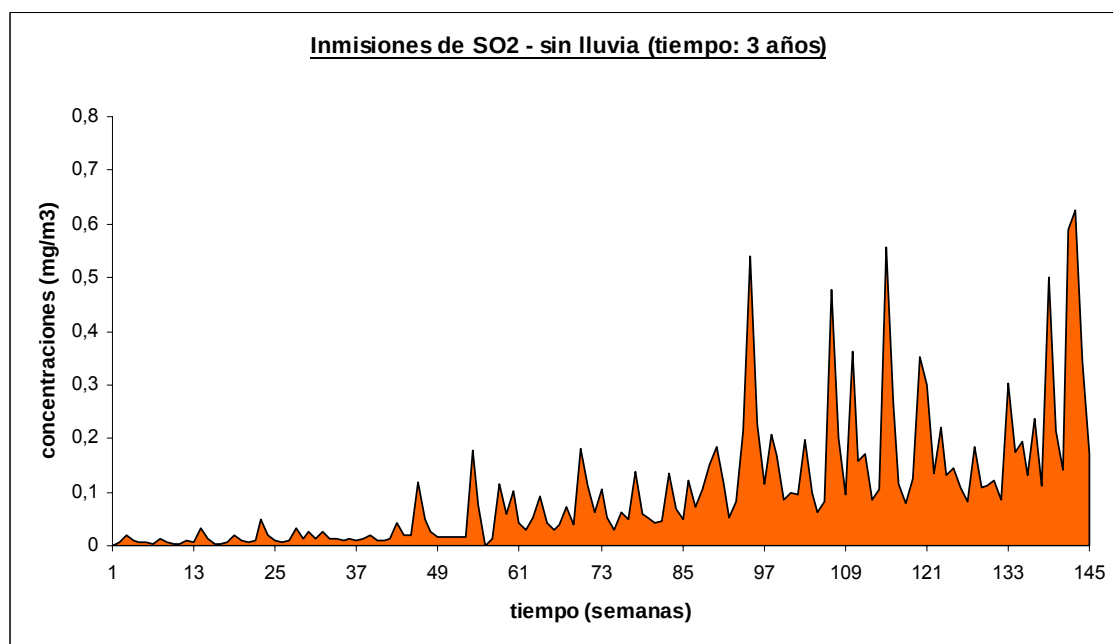
Figura 16: Comparación de emisiones totales (toneladas)

Donde el contaminante más emitido ha sido el CO; seguido por los VOC's; el NO<sub>2</sub>; y el SO<sub>2</sub>, sin la presencia de lluvia:

La primera serie de simulaciones de "Calidad de Aire 1" comprendieron un intervalo de tiempo de tres años comenzando a partir del 19 de abril de 2005. Dentro de los

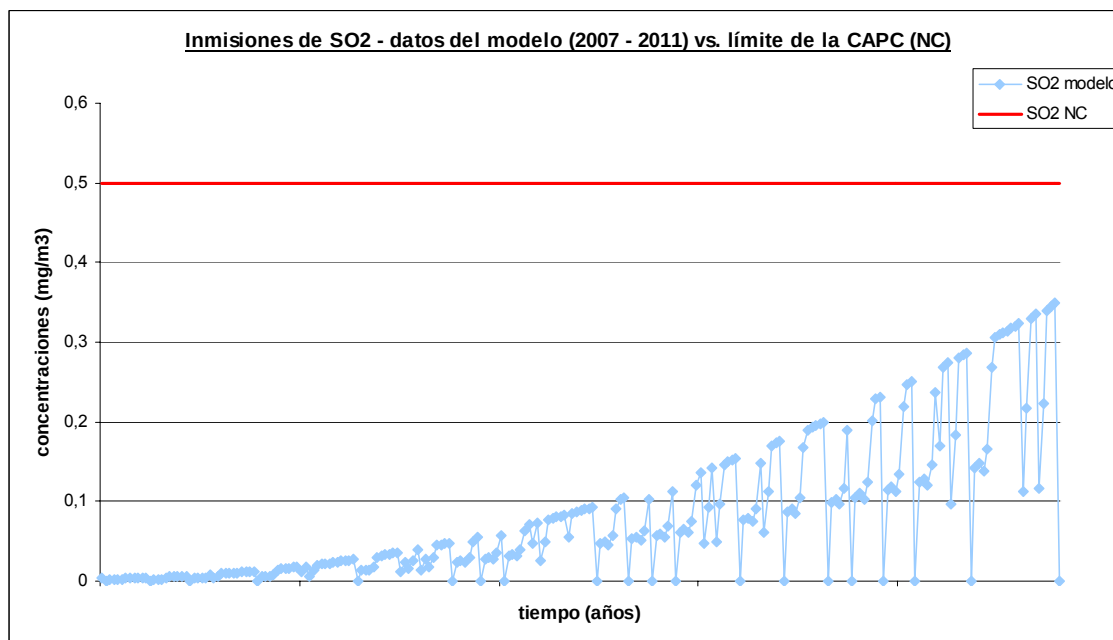


resultados hallados, está la que se presenta a continuación, donde se muestra la evolución de las inmisiones del contaminante  $\text{SO}_2$ :



*Figura 17: Inmisiones de  $\text{SO}_2$ - sin lluvia (tiempo 3 años)*

Como continuación del trabajo, se han realizado simulaciones comprendidas entre los años 2007 y 2011. Por ejemplo, para el contaminante  $\text{SO}_2$  se obtuvo el siguiente resultado:



*Figura 18: Proyecciones del modelo para el  $\text{SO}_2$  años 2007 - 2011*

donde la conclusión más importante es el comportamiento del sistema, si bien puede decirse con una alta probabilidad que durante este período no existen riesgos de superar el valor límite de la norma de calidad de aire local.

Volviendo al comportamiento, se evidenció que es el mismo para los tres contaminantes estudiados, y se denomina crecimiento exponencial.

El Crecimiento exponencial (o crecimiento geométrico) se caracteriza por tener un período de duplicación constante. Un punto importante sobre este tipo de crecimiento es que aun cuando parece lento en el corto plazo, a largo plazo crece de una manera muy acelerada y cada vez mas difícil de controlar. En consecuencia, si cualquier magnitud es cada vez mayor, más rápido crece. Esto implica que la cantidad observada a través del tiempo se convertirá en varios órdenes de magnitud más grande de lo que fue inicialmente.

Por otro lado, todo sistema tiene límites físicos, y, por ello, no hay nada que pueda crecer indefinidamente. Por ejemplo, una población en un ambiente cerrado no puede continuar creciendo si consume todos los alimentos y recursos disponibles. Por lo tanto, la presencia de un comportamiento de crecimiento exponencial – particularmente, en las concentraciones de los contaminantes del aire estudiados - permite vislumbrar que se trata, en estas condiciones, de un sistema que en algún momento llegará al sobrecrecimiento y colapso. En términos ambientales, se puede decir que se está analizando un sistema que puede llegar a ser insustentable si no se producen medidas de gestión.

En nuestro tema en particular, el comportamiento de los contaminantes del aire está estrechamente vinculado a sus fuentes, los vehículos que circulan por el centro santafesino. Y el crecimiento exponencial no es sólo de los contaminantes sino también del parque vehicular, siendo esto último lo más evidente cuando uno circula por esta área de la ciudad en los momentos de actividad administrativa, comercial, y financiera, entre varias.

Para finalizar, se puede afirmar que los resultados del modelo se encuentran dentro de cierto margen de probabilidad, como cualquier hecho predictivo. No obstante su incertidumbre:

a. El mismo está validado frente a los datos reales; por lo tanto, se puede asegurar hasta el presente que realmente funciona muy bien, a pesar de tratarse de un sistema socioambiental, algo tan complejo de ser estudiado y/o modelado y que debe ser analizado de manera permanente;

b. Los probables escenarios futuros son preocupantes, porque si bien en la actualidad no hay posibilidad de llegar a los valores límites de la norma de calidad, más adelante - y si no se toman medidas de gestión-, dichos valores límites podrían ser superados. Además, hay que tener en cuenta que una vez que un sistema social colapsa por el sobrecrecimiento, no se puede volver a recuperar: será otro sistema, pero nunca el mismo de antes.

## **PERCEPCIÓN SOCIAL**

Los resultados del procesamiento de las encuestas realizadas sobre contaminación del aire en el centro santafesino han permitido arribar a los siguientes resultados generales.

\* Hasta el presente, se realizaron encuestas a 238 personas en igual proporción de género que circulaban por el centro de la ciudad de Santa Fe.

\* Más del 77% de los encuestados reconoce problemas de contaminación. Sin embargo no se encontraron diferencias entre el nivel (alto medio bajo) de contaminación que perciben ni entre las respuestas en diferentes rangos de edades. A pesar de no haber diferencias significativas se puede destacar que la mayoría de los encuestados reconoció un nivel medio de la misma.

\* Respecto a los tipos de fuentes contaminantes, la mayoría coincide en que el gran número de vehículos, el humo de los escapes y la presencia de basura en las calles, son las más frecuentes.

, El humo, el polvo, el monóxido y el dióxido de carbono son las sustancias más conocidas como contaminantes por los encuestados. Los VOC's, el O<sub>3</sub> y los NO<sub>x</sub> estuvieron en último lugar: Esto puede deberse a que las personas no conocen habitualmente a dichas sustancias y sus efectos en el ambiente.

\* Los encuestados reconocen que la contaminación atmosférica puede afectar su salud.

\* En relación a los espacios verdes, un 95,8% de los encuestados afirmó conocer el rol como mitigadores de la contaminación. Sin embargo, sostienen que el estado actual de esos espacios no permite cumplir su función.

\* El 96% de los encuestados sostiene que puede contribuir a solucionar el problema de la contaminación, en conjunto con el Estado. Las acciones están vinculadas a la menor generación y reciclado de residuos, manteniendo en buen estado el vehículo y plantando árboles, la educación ambiental a los pares y el apoyo a campañas a favor del medio ambiente.

\* La mayoría considera que hay instituciones que deberían trabajar en el tema de calidad del aire, aunque existe un marcado desconocimiento sobre quiénes lo hacen. Las dos instituciones más citadas son Greenpeace y la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la provincia de Santa Fe. En menor medida, instituciones como la Municipalidad de la ciudad de Santa Fe, Amigos de la Tierra, Fundación Vida Silvestre Argentina, entre otras.

Para finalizar, se puede afirmar que los resultados de las encuestas reflejan la percepción de los ciudadanos sobre la calidad del aire urbano y genera un antecedente como herramienta para el tratamiento de la problemática. Además permite ver que en líneas generales la gente se encuentra bien informada sobre esta temática ambiental. Quizás el resultado más importante es que la población cree que puede participar activamente en la gestión del aire, y con la acción de varias medidas simultáneas.

Sin embargo, existen temáticas que aún siguen siendo mayormente desconocidas por la población. En este sentido, la educación y el acceso a la información juegan un papel necesario y fundamental.

## **CAPITULO 5: ¿QUÉ PODEMOS HACER AL RESPECTO?**

A nivel internacional se han realizado deferentes acciones de gestión para evitar o minimizar la contaminación del aire, algunos ejemplos son: colocación de semáforos inteligentes o semáforos para peatones con temporizador visual, cambio de combustible en los colectivos por uno más limpio, elaboración de combustibles de calidad ecológica internacional, promoción del uso de una de las vías de la calzada exclusivamente para el transporte público, peatonalización de arterias con abundante circulación de peatones, etc.

Si bien ha habido un gran avance en la elaboración de los planes de acción para mejorar la calidad del aire en zonas urbanas, especialmente en países desarrollados, un considerable número de personas que viven en áreas urbanas –alrededor de 1,5 mil millones o 25% de la población mundial – aún está expuesta a altas concentraciones de compuestos gaseosos y partículas en el aire que respiran. De manera similar, el proceso de urbanización continuará, de tal manera que la proporción de la población mundial que vive en las ciudades aumentará de 45% a 62% en el año 2025, lo cual creará densos centros de emisiones antropogénicas (OMS, 1999. Guía para la calidad del aire).

Cuando se establecen normas nacionales de calidad del aire, además de los factores monetarios, también debe considerarse la capacidad técnica del país para lograr y mantener la calidad del aire estipulada en las normas, las implicaciones sociales de adoptar ciertas normas para asegurar la equidad de los costos y los beneficios entre la población, y los costos y beneficios ambientales. (OMS, 1999. Guía para la calidad del aire).

En nuestro país, y particularmente en nuestra ciudad, existen un importante número de leyes, decretos y ordenanzas municipales que reglamentan el funcionamiento de industrias e instituciones en relación a las emisiones, en lo que respecta particularmente a la contaminación del aire y al control del estado y de vehículos. Además de las normativas, existen numerosas mejoras a nivel institucional que inciden positivamente en la problemática, algunas de ellas son

1. Incrementar el número de ejemplares saludables y de gran porte en los espacios verdes y mantenerlos en ese estado y plantar árboles perennes.
2. Utilizar árboles que requieran poco mantenimiento y estén adaptados a las zonas urbanas y minimizar el uso de combustibles fósiles en el mantenimiento del arbolado publico.
3. Plantar árboles para los estacionamientos públicos.
4. Evaluar la posibilidad de cambio de combustible en el transporte público por uno de menor impacto negativo en el medio ambiente.
5. Promover actuaciones encaminadas a la educación ambiental
6. Ampliar de manera integrada y mejorar la regulación de las medidas de gestión de tránsito vehicular tales como:
  - a. Reordenamiento del estacionamiento en las calles con gran flujo vehicular
  - b. Horarios limitados de carga y descarga en microcentro
  - c. Redistribuir la circulación del transporte urbano de pasajeros al área del centro
  - d. Establecimiento temporario de áreas peatonales de algunas arterias con abundante circulación de personas.
  - e. Sustitución por modos de transporte más limpios
  - f. Enfatizar en el cumplimiento de la legislación vigente referida a la Revisión Técnica Vehicular.

Por otro lado, a continuación se detallan algunas sugerencias para que cada uno desde su lugar pueda colaborar en la reducción de contaminación del ambiente:

1. Moderar el uso del vehículo particular. Los autos suelen contaminar más en los trayectos cortos, cuando el motor está frío, así que, en vez de utilizar el auto en los trayectos cortos, procurar caminar o ir en bici.
2. Tratar de utilizar el transporte público cuando sea posible.
3. Inflar bien las llantas del auto para que ahorre gasolina y el motor no la queme en exceso
4. Empezar a utilizar la bicicleta en la medida de lo posible, además de evitar la quema de combustibles fósiles se realiza un beneficio a la salud.
5. Revisar la emisión de gases de los vehículos particulares.
6. No acelerar cuando el vehículo no esté en movimiento.
7. Reducir el consumo de aire acondicionado en el vehículo particular, pues éste reduce la potencia y eleva el consumo de la gasolina.
8. Moderar la velocidad: en ruta tratar de no sobrepasar los 110 -120 kilómetros por hora ya que a mayor velocidad se produce un exagerado consumo de combustible.
9. No cargar innecesariamente el vehículo con mucho peso, ya que a mayor carga mayor consumo de combustible.
10. Evitar la quema de basura

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

### Artículos, libros y revistas

- Aracil J. y Gordillo F. (1997) *Dinámica de Sistemas*. Ed. Alianza, 1997.
- Cicerone D. S., Reiche S. y Sanchez-Proano P. (2006) *Contaminación y Medio Ambiente*. Ed. Eudeba
- Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana. Compiladora Daniela Simioni, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, junio de 2003, CEPAL 73. Libros de la CEPAL, Publicación de las Naciones Unidas, LC/G.2201-P, ISBN: 92-1-322157-6, Copyright © Naciones Unidas, mayo de 2003. Todos los derechos reservados, Nº de venta: S.03.II.G.59, Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- De Nevers N. (1998) *Ingeniería de control de la contaminación del aire*. Ed. McGRAW-HILL, Interamericana Editores S.A., Mexico
- Escobedo F., Hernández J., de la Maza C., Rodríguez M., Nowak D. y Crane D. (2004) Determinando los efectos del arbolado urbano sobre la calidad del aire. Caso Santiago de Chile. Seminario internacional: Funciones y valores del arbolado urbano. Proyecto FONDEF D00I1078 "Desarrollo de un sistema de gestión de la vegetación urbana con fines de descontaminación atmosférica de apoyo a la toma de decisiones a nivel municipal". Publicaciones misceláneas forestales N°5. Santiago de Chile. Pág. 19-25
- Fazio, H (compilador) (2001) *Ambiente, Economía y Sociedad (un enfoque interdisciplinario)*. Proyecto Ambiente y Sociedad. Ed. FLACSO, Bs. As. Argentina.
- Fazio, H. (2001) *Globalización: discursos, imaginarios y realidades*. Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia, Ediciones Uniandes.
- Geiger J. R. (2001) Benefits of the Urban Forest. [ en línea] Center for Urban Forest Research, Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service. 2p
- Glynn H. y Heinke G. H. (1999). *Ingeniería ambiental*. Ed. Prentice Hall.
- Jacobi P. y Teixeira M. A. (1996), *Orçamento participativo: o caso de São Paulo (1989-1992), à luz das experiências de Porto Alegre e Belo Horizonte*, São Paulo, Centro de Estudios de Cultura Contemporânea (CEDEC), inédito. (Citado en Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana. Compiladora Simioni D. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, junio de 2003, CEPAL 73. . Libros de la CEPAL, Publicación de las Naciones Unidas, LC/G.2201-P, ISBN: 92-1-322157-6, Copyright © Naciones Unidas, mayo de 2003. Todos los derechos reservados, Nº de venta: S.03.II.G.59, Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Kiely G. (1999) *Ingeniería ambiental*. Ed. Mc Graw Hill.
- Los automotores como fuentes contaminantes. 1972. Instituto de Ingeniería Sanitaria – Facultad de Ingeniería (UBA) y Centro de Investigación de Ingeniería Ambiental (INTI) - Ed. Universidad de Buenos Aires.
- Marsico A. (1972) *Estudio de las condiciones de Higiene del aire de la ciudad de Buenos*. Ed. Universidad de Buenos Aires.
- Moretton J. (1996) *Contaminación del Aire en la Argentina*. Ed. Universo.
- Nevel B. y Wrigth R. (1999) *Ciencias Ambientales*. Editorial Prentice Hall.
- Never B. J. y Wright R. T. (1999) *Ciencias Ambientales, Ecología y Desarrollo. Sostenible*. Ed. Prentice-Hall.
- Nowak D., McPherson E. (1993) Cuantificación del impacto ambiental de los árboles de Chicago. [en línea]. Revista internacional de silvicultura e industrias forestales Aunasyva, N° 173 Vol. 44 Silvicultura urbana y periurbana.
- Nowak, D. J. (1993) Atmospheric carbon reduction by urban trees. *Journal of Environmental Management* 37: 207-217.

- O.S.E. 2007. Calidad del aire en las ciudades - Clave de Sostenibilidad urbana. Ed. Cuspide.
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), *Informe sobre Desarrollo Humano* (1996) Ediciones Mundi-Prensa. Madrid
- Puliafito E. y Quaranta N. (2009) Contaminación atmosférica en Argentina: contribuciones de la II Reunión Anual PROIMCA / edición literaria a cargo de Salvador Enrique Puliafito y Nancy Quaranta. - 1a ed. - Mendoza: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza. ISBN 978-950-42-0120-5 Versión digital E-Book
- Rejano de la Rosa M. (2000) Ruido industrial y urbano. Ed. Paraninfo.
- Sanz Sá, J. M. (1985) La Contaminación Atmosférica. Unidades Temáticas Ambientales de la Dirección General de Medio Ambiente. MOPU, Madrid, España.
- Senge P. (1998) La Quinta Disciplina. El arte y la práctica de las organizaciones que aprenden. Ed. Granica.
- UNEP-WHO, (1994C) GEMS/AIR. "Methodology Review Handbook Series. Volume 4. Active and Pasive Sampling Methodologies for Measurement of Air Quality"
- Wark K. y Warner C. (2000) Contaminación del Aire, Origen y Control. Editorial Limusa, México D.F.
- Warner P. (1981) Análisis de Contaminantes del Aire. Editorial Paraninfo. Madrid.

### **Leyes, Normas y Ordenanzas**

- Acústica, Medición del ruido emitido por vehículos automotores en aceleración. Método de ingeniería. Norma IRAM – AITA 9C. Mayo 1994.
- Acústica, Medición del ruido emitido por vehículos automotores en uso, detenidos. Método de verificación. Norma IRAM-AITA 9C-1. Mayo 1994.
- Decreto 779/95. [www.medioambiente.gov.ar](http://www.medioambiente.gov.ar)
- Emisión Standarts: Argentina. On-Road Vehicles and Engines. [www.dieseln.net.com](http://www.dieseln.net.com)
- Ley N° 20284 Preservación de los recursos del aire.
- Límites de emisión sonora en la CE para determinadas categorías de vehículos y productos. [www.webmedioambiente.com](http://www.webmedioambiente.com)
- Norma IRAM 4071. Método de medición del Ruido emitido por vehículos automotores.
- Ord. N° 10789 Red de ciclista.
- Ord. N° 10934 Código del peatón.
- Ord. N° 9623. Ruido.
- Ord. N° 9662 Contaminación.
- Ordenanza N° 00003. Decreto DMM. Secretaría Obras y Servicios Públicos. Municipalidad de la Ciudad de Santa Fe. 2003.
- Ordenanza N° 00102. Decreto DMM. Secretaría Obras y Servicios Públicos. Municipalidad de la Ciudad de Santa Fe, 2000.
- Ordenanza N° 10017. Reglamento General de Tránsito para la Ciudad de Santa Fe. Consejo Municipal de la Ciudad de Santa Fe.
- Ordenanza N° 9596. Emisión de Humos a la Atmósfera. Consejo Municipal de la Ciudad de Santa Fe.
- Ordenanza N° 9855. Complemento Ordenanza N° 9662. Consejo Municipal de la Ciudad de Santa Fe.

### **Sitios web**

<http://www.ciomta.com.ar>



<http://www.googleearth.com.ar>  
<http://www.medioambiente.gov.ar>  
<http://www.ufore.org/>  
<http://www.who.int/countries/arg/es/>  
<http://www.epa.gov/>

## **CAPÍTULO 8: ANEXOS**

### *Anexo 1: Legislación y aplicación nacional, provincial y local*

#### **Legislación ámbito nacional**

| <b>Tipo</b> | <b>Número</b> | <b>Título</b>                                            |
|-------------|---------------|----------------------------------------------------------|
| Ley         | 24833         | Acuerdo con Brasil - desarrollo sostenible               |
| Ley         | 24930         | Acuerdo cooperación ambiental con brasil                 |
| Ley         | 25841         | Acuerdo macro medio ambiente Mercosur                    |
| Resolución  | 61-99         | Calidad del aire                                         |
| Resolución  | 638-01        | Calidad del aire                                         |
| Decreto     | 2213-02       | Cambio climático                                         |
| Resolución  | 2213-02       | Cambio climático                                         |
| Disposición | 169-01        | Cambio climático - mecanismos de desarrollo limpio       |
| Resolución  | 1445-02       | Capa de ozono - grupo consultivo y técnico               |
| Resolución  | 129-01        | Combustibles - biodiesel                                 |
| Decreto     | 767-99        | Consejo nacional desarrollo sustentable - texto completo |
| Resolución  | 1123-99       | Consejo nacional desarrollo sustentable - texto completo |
| Resolución  | 528-01        | Contaminación aire                                       |
| Ley         | 24295         | Convención cambio global - cambio climático              |
| Decreto     | 418-94        | Desarrollo ambiental                                     |
| Ley         | 23983         | Emergencia ambiental                                     |
| Resolución  | 881-99        | Emisiones atmosféricas                                   |
| Resolución  | 1237-02       | Emisiones gaseosas                                       |
| Resolución  | 1270-02       | Emisiones sonoras y gaseosas                             |
| Resolución  | 2376-01       | Energas                                                  |
| Resolución  | 255-01        | Infracciones ambientales                                 |
| Ley         | 25831         | Libre acceso a la información ambiental                  |
| Ley         | 25675         | Política ambiental nacional                              |
| Ley         | 24970         | Protección ambiental                                     |
| Ley         | 25021         | Protección ambiental                                     |
| Decreto     | 35-99         | Protección ambiental - parque automotor                  |

#### **Legislación provincial**

| <b>Tipo</b> | <b>Número</b> | <b>Título</b>                              |
|-------------|---------------|--------------------------------------------|
| Ley         | 11574         | Cofema                                     |
| Ley         | 11220         | Conservación del medio ambiente - santa fe |
| Ordenanza   | 5820          | Contaminación atmosférica - Rosario        |
| Ley         | 11990         | Convenios - santa fe                       |
| Ley         | 10000         | Intereses difusos                          |
| Decreto     | 1844-02       | Medio ambiente                             |
| Ley         | 11717         | Medio ambiente y desarrollo sustentable    |
| Ley         | 11095         | Pacto federal ambiental                    |

### Legislación Municipal

| <b>Tipo</b> | <b>Número</b> | <b>Título</b>                                          |
|-------------|---------------|--------------------------------------------------------|
| Ordenanza   | 9596          | Control de emisiones de fuentes móviles                |
| Ordenanza   | 9662          | Contaminación Atmosférica y Control del Medio Ambiente |

### *Anexo 2: Encuesta Percepción Social*

## **CAPÍTULO 10: GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS.**

Las definiciones del siguientes Glosario están basadas en datos obtenidos del Diccionario de la Real Academia Española (RAE), Diccionario de la lengua española Wordreference (WR), definiciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

### **BTEX**

BTEX es un grupo de compuestos orgánicos volátiles (COV's): benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos. Representan algunos de los más peligrosos componentes de la gasolina.

### **Capacidad de carga del ecosistema**

Es la facultad que tiene un medio (aire, agua y/o suelo) para absorber ciertos elementos extraños sin que ello implique cambios en sus relaciones esenciales. También se la puede definir como la capacidad de un territorio para soportar un nivel o intensidad de uso.

### **Combustibles fósiles**

Término general para designar los depósitos geológicos de materiales orgánicos mineralizados (hidrocarburos) fruto de la descomposición de plantas y animales durante cientos de miles de años, que fueron posteriormente convertidos en petróleo crudo, carbón, gas natural o aceites pesados al estar sometidos al calor y presión de la corteza terrestre durante muchísimo tiempo.

### **Compuestos Orgánicos Volátiles**

Sustancias químicas que contienen carbono y se encuentran en todos los elementos vivos, se convierten fácilmente en vapores o gases y son liberados a la atmósfera principalmente por la quema de combustibles fósiles. La importancia de los COVs reside en su capacidad como precursores del ozono troposférico y su papel como destructores del ozono estratosférico

### **Contaminante**

Todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

### **Contaminantes Criterio**

Contaminantes que pueden ser perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos. Su nombre se debe a que fueron objeto de evaluaciones en los Estados Unidos (EU), para establecer niveles permisibles que protegieran la salud, el medio ambiente y el bienestar de la población. Los mismos son:

- |                                            |                             |
|--------------------------------------------|-----------------------------|
| 1. Bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )    | 4. Plomo (Pb)               |
| 2. Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) | 5. Monóxido de carbono (CO) |
| 3. Material Particulado (PM)               | 6. Ozono (O <sub>3</sub> )  |

### **Contaminante Primario**

Contaminante producido directamente por la actividad humana o la naturaleza.

### **Contaminante Secundario**

Contaminante producido a partir de algún(os) contaminante(s) primario(s) y otras sustancias.

### **Dióxido De Azufre (SO<sub>2</sub>)**

Gas producido como por la quema de combustibles fósiles que contienen azufre (S), la fundición de minerales sulfurados y procesos industriales. Es precursor del Material

Particulado Secundario formándolo mediante la asociación a pequeñas partículas (aerosoles). En presencia de humedad forma ácido sulfúrico (lluvia ácida). Causa broncoconstricción pudiendo provocar efectos agudos y crónicos en la salud de las personas. Además de efectos en la salud, el dióxido de azufre puede presentar efectos negativos sobre la vegetación, ecosistemas y materiales expuestos a este contaminante.

### **Dióxido De Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

Es producido directa e indirectamente por la quema de combustibles a altas temperaturas, en el proceso de combustión el nitrógeno se oxida para formar principalmente monóxido de nitrógeno (NO) y en menor proporción dióxido de nitrógeno. El NO se transforma en NO<sub>2</sub> mediante reacciones fotoquímicas. El dióxido de nitrógeno puede combinarse con compuestos orgánicos volátiles en presencia de luz solar para formar Ozono, así como con agua para formar ácido nítrico y nitratos. Esto contribuye a la producción de lluvia ácida y al aumento de los niveles de MP10 y MP2,5. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) reporta que la exposición a dióxido de nitrógeno puede irritar los pulmones y disminuir la resistencia ante infecciones respiratorias, particularmente en individuos con enfermedades respiratorias pre-existentes, tales como asma.

### **Efecto Invernadero**

Fenómeno por el que determinados gases componentes de una atmósfera planetaria retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera. De acuerdo con el actual consenso científico, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debida a la actividad económica humana.

### **Emisión**

Exhalación o expulsión de contaminantes hacia la atmósfera desde una fuente, en un período determinado. Valor de concentración de contaminante medido o considerado en la fuente emisora.

### **GEI (Gases de Efecto Invernadero)**

Gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria

### **GEMS**

Global Environment Monitoring System (Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente)

### **Inmisión**

Valor de concentración del contaminante disperso en el ambiente al que se encuentran expuestas las personas.

### **Material Particulado Respirable (PM10)**

Comprende las partículas de diámetro aerodinámico (d.a.) menor a 10 µm. Representa una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas. Estas partículas penetran a lo largo de todo el sistema respiratorio hasta los pulmones, produciendo irritaciones e incidiendo en diversas enfermedades. De acuerdo a masa y composición se tienden a dividir en dos grupos principales, MP Grueso, de d.a. mayor a 2,5 µm y menor a 10 µm y MP Fino menor a 2,5 µm en d.a., existiendo también el denominado MP ultrafino de alrededor de 0,1 µm.

## **Modelo UFORE**

Urban Forest Effects. Programa informático que calcula la estructura, efectos ambientales y valor del arbolado urbano. El modelo UFORE fue desarrollado a fines de la década del '90 por investigadores del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Nueva York).

## **Monóxido De Carbono (CO)**

Esta sustancia es producida por la combustión incompleta de carburantes y ciertos procesos biológicos e industriales. Actúa en la sangre suplantando al oxígeno ( $O_2$ ) e impidiendo su llegada al cerebro y los músculos, incluyendo el corazón.

## **N.S.C.E.**

Nivel Sonoro Continuo Equivalente. Es el nivel sonoro medido en decibeles "A" [dB (A)] de un ruido supuesto constante y continuo durante toda la jornada, cuya energía sonora sea igual a la del ruido variable medido estadísticamente a lo largo de la misma.

## **Oxidos De Nitrógeno (NO Y $NO_2$ )**

También conocidos como  $NO_x$ . Son producidos por actividad volcánica, bacteriana, tormentas eléctricas y la combustión a altas temperaturas de combustibles fósiles. Combinados con la luz solar y otros contaminantes forman Ozono ( $O_3$ ). En presencia de humedad forman ácido nítrico favoreciendo la generación de material particulado fino ( $PM_{2,5}$ ). Afecta la salud de las personas favoreciendo la aparición de edemas, malfuncionamiento metabólico, daño celular e irritación de mucosas.

## **Ozono ( $O_3$ )**

Usualmente se llama Ozono a un conjunto de contaminantes secundarios altamente oxidantes (oxidantes fotoquímicos), los cuales se miden a través de su equivalencia con la capacidad oxidante del compuesto químico Ozono ( $O_3$ ). Este conjunto de compuestos se produce por la reacción de Monóxido de carbono, Compuestos Orgánicos Volátiles y Óxidos de Nitrógeno en presencia de la luz solar. Así, los Compuestos Orgánicos Volátiles, el Monóxido de Carbono y los Óxidos de Nitrógeno constituyen precursores en la formación de Ozono. Las características dañinas del ozono en la salud de la población se originan en su gran capacidad oxidante que lo hace reaccionar con toda clase de sustancias orgánicas. Puede penetrar los tejidos de la región pulmonar pero la dosis máxima de contaminante la reciben las regiones bronquiales y alveolares. Los efectos típicos del ozono en la salud son cambios en la función pulmonar que van precedidos por irritación de ojos, síntomas del pecho y de las vías respiratorias en poblaciones sensibles. La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que en el caso del ozono, "los problemas de salud de mayor preocupación son: aumento en las admisiones hospitalarias, exacerbación del asma, inflamaciones pulmonares y alteraciones estructurales del pulmón". El ozono puede presentar efectos adicionales a los de salud tales como efectos sobre la vegetación, los ecosistemas y los materiales expuestos a este contaminante

## **Smog fotoquímico**

Contaminantes secundarios generados por complejas reacciones fotoquímicas que tienen lugar en la atmósfera cuando existe presencia de Hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y Ozono sujetos a intensa radiación solar

## **AUTORES**

**Jorge Andrés Caminos, Claudio Enrique, Romina Ghirardi, Alexiana Graizaro, Carlos Gustavo Pacheco, Sebastián L. Russillo**

### **Jorge Andrés Caminos**

Especialista en Vinculación Tecnológica.

Cursos de postgrado "Gestión de la Energía Térmica", curso realizado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Ingenieros de Telecomunicación de la ciudad de Bilbao (España)

Ingeniero Electricista de la UTN- Fac. Reg. Santa Fe.

Docente-Investigador categoría II del Programa de Incentivos

Director del Grupo de Estudios Sobre Energía de la UTN- Fac. Reg. Santa Fe.

Director del proyecto de Investigación Homologado "Calidad de aire en el centro de Santa Fe: Factores vinculados y percepción social. Contaminantes atmosféricos: Tendencias" (Código 25/O111).

Profesor Titular Ordinario en las cátedras Instrumentos y Mediciones Eléctricas y Gestión y Diagnósticos Energéticos de la UTN Fac. Reg. Santa Fe.

Docente de la carrera de Especialización en Higiene y Seguridad en el Trabajo en la Facultad Regional Santa Fe y Facultad Regional Resistencia de la UTN.

Docente del Curso de Posgrado "Intervención y Gestión de la Ciudad", organizado por la Universitat Oberta De Catalunya (Instituto Internacional De Postgrado), la Universidad Nacional del Nordeste – Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Docente de la Maestría en Gestión de la Energía carrera organizada por Universidad Nacional de Lanús (UNLa) y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

Par evaluador del Sistema de Acreditación Regional de Carreras Universitarias de los Estados Partes del MERCOSUR y Estados Asociados - Sistema ARCU-SUR, Par Evaluador del Modelo Nacional de Acreditación para la Agencia Nacional de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior del Paraguay y Par Evaluador de la Comisión Nacional De Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU).

### **Claudio Enrique**

Magíster en Gestión Ambiental. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Santa Fe. Año 2004. (Primer egresado de la carrera).

Licenciado en Química O.A.. Facultad de Ingeniería Química, UNL, Santa Fe. Año 1998.

Jefe de Trabajos Prácticos, dedicación exclusiva, carácter ordinario, – Proyecto PROMEI -, en la UDB Física, UTN FRSF. Jefe de Laboratorio de la UDB Física, UTN – FRSF.

Profesor Adjunto, dedicación simple, carácter interino, en la UDB Física, UTN FRSF.

Integrante del GESE desde el año 2006.

Ha participado en numerosos eventos científicos tales como conferencias, congresos, jornadas y seminarios, tanto de carácter local como internacional.

### **Romina Ghirardi**

Licenciada en Biodiversidad (FHUC-Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe), Máster en Gestión y Conservación de la Biodiversidad en los Trópicos (Facultad de Farmacia-Universidad de San Pablo, Sevilla) y estudiante de Doctorado en Ciencias Naturales (FCNyM-Universidad Nacional de La Plata, La Plata).

Integrante del Grupo de Estudios Sobre Energías de la UTN-FRSF desde el año 2005.



Su línea de trabajo en el GESE se centra en la estimación del rol de los bosques urbanos en la calidad del aire como mitigadores de la contaminación, y en la utilización de bioindicadores de contaminación atmosférica, principalmente líquenes y claveles del aire, para evaluar el estado del aire del centro santafecino.

#### **Alexiana Graizaro**

Estudiante avanzada de Ingeniería Industrial de la UTN Fac. Regional Santa Fe.

Ingresó al Grupo de Estudios Sobre la Energía en el año 2006 en el marco de una Beca de Investigación y a lo largo de estos años se ha desempeñado en diversas actividades relacionadas a los proyectos del área Medio Ambiente y estudio de la Calidad de Aire que ha desarrollado el Grupo.

#### **Carlos Gustavo Pacheco**

Ingeniero Electricista de la UTN- Fac. Reg. Santa Fe.

Investigador del Grupo de Estudios Sobre Energía, participando en diversos proyectos y estudios relacionados a la contaminación atmosférica en la industria y en el ámbito urbano de la ciudad de Santa Fe.

Profesor adjunto dedicación exclusiva de la UTN Fac. Reg. Santa Fe.

Ha realizado varios cursos de postgrado y participado en congresos de la temática.

#### **Sebastián L. Russillo**

Especialista en Ingeniería Ambiental de la UTN – Fac. Reg. Santa Fe.

Ingeniero Mecánico de la UTN - Fac. Reg. Santa Fe.

Docente-Investigador en el área Medioambiente del Grupo de Estudios Sobre Energía, participando desde el año 2000 en diversos proyectos y estudios relacionados a la contaminación atmosférica en la industria y en el ámbito urbano de la ciudad de Santa Fe.

Docente de las cátedras Tecnología del Calor y Termodinámica de la UTN Fac. Reg. Santa Fe.