



MATÍAS
SOFTWARE
GROUP

**“Sistematización y análisis de parámetros
meteorológicos históricos en ciudades
mexicanas”**

REPORTE FINAL

Asesoría a cargo de:

Dirección General de Investigación sobre
la Contaminación Urbana y Regional (DGICUR)

Dirección de Investigación sobre la Calidad del Aire (DICA)

Preparado por:

Matías Software Group

Bajo contrato:

INE/ADA-010/2008

Septiembre de 2008

Índice

1. Introducción.....	3
2. Justificación.....	4
3. Objetivos.....	5
4. Consideraciones.....	5
5. Metodología.....	6
5.1. Integración de datos meteorológicos al sistema de consulta en WEB.....	6
5.2. Módulo de Gráficos para PC.....	7
6. Resultados.....	9
6.1. Consultas de resúmenes meteorológicos en WEB.....	9
6.2. Módulo de Gráficos para PC.....	13
6. Conclusiones.....	18

1. Introducción

La mayoría de las redes de monitoreo atmosférico del país realizan mediciones de contaminantes atmosféricos, entre los que se encuentran las partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10}), el ozono (O_3), el monóxido de carbono (CO), el bióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x). Asimismo, en ellas se miden los principales parámetros meteorológicos de superficie como la dirección del viento (DV), la velocidad del viento (VV), la humedad relativa (HR) y la temperatura (TMP).

Al igual que para los indicadores de calidad del aire, para el procesamiento de la información meteorológica deben seguirse algoritmos para generar resúmenes (estadísticas descriptivas básicas y gráficas) que faciliten su interpretación. Para evitar, en lo posible, los errores humanos en este proceso, fue necesaria su automatización, tal como se hace ahora para generar los indicadores de calidad del aire en el *Sistema de consulta de indicadores de calidad del aire en ciudades mexicanas*. De la necesidad planteada, se solicitó la asesoría “Sistematización y análisis de parámetros meteorológicos históricos en ciudades mexicanas” que incorpora en el primer sistema mencionado a las variables meteorológicas.

Con la incorporación de las variables meteorológicas, se podrán obtener de ahora en adelante de manera automática los insumos para los próximos almanaques de datos y tendencias de la calidad del aire y se podrá dar respuesta a las solicitudes de información de otras áreas de la SEMARNAT y de organismos internacionales como OCDE, OPS y OMS.

En este documento se presenta el informe final de dicha asesoría, se reportan los resultados en dos apartados tal como se pidió en los términos de referencia. El primero corresponde a la integración de los datos meteorológicos al sistema de consulta de indicadores de calidad del aire y el segundo al módulo de consulta y generación de gráficos para la instalación en las PC de los usuarios de la Dirección de Investigación sobre Calidad del Aire (DICA).

2. Justificación

El análisis de los parámetros meteorológicos dará, por primera vez, un uso a la información meteorológica que se recopila desde hace varios años en las estaciones de monitoreo de diversas ciudades del país. En la Zona Metropolitana del Valle de México, esta información se utiliza rutinariamente para estudiar la asociación entre eventos de altas concentraciones de contaminantes y determinadas condiciones meteorológicas (por ejemplo, baja velocidad del viento, alta temperatura, alta radiación solar, baja humedad, etc.). Las autoridades ambientales del Gobierno del Distrito Federal utilizan esta información para pronosticar posibles episodios de contaminación atmosférica. El análisis histórico de las condiciones meteorológicas permite identificar las condiciones meteorológicas asociadas con contingencias atmosféricas, así al presentarse condiciones similares las autoridades se anticipan y toman medidas para alertar a los sectores involucrados y evitar la contingencia o reaccionar más eficientemente.

La sistematización del procesamiento de la información meteorológica para su análisis evita errores humanos durante el procesamiento de las bases de datos históricas y hace posible generar resúmenes para su interpretación de una manera rápida y precisa. Al llevar a cabo este proyecto se mejora la interpretación y análisis del comportamiento espacial y temporal de los contaminantes y se le da un valor agregado a la información meteorológica histórica que se ha medido en las redes de monitoreo atmosférico del país. Asimismo, se enriquecerá la información contenida en los futuros almanaques de datos y tendencias de la calidad del aire, y se contestarán con oportunidad las peticiones de información al respecto.

Este proyecto tiene como contexto general el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, donde en el Eje rector número 4 “Sustentabilidad ambiental”, numeral 4.8 “Investigación científica ambiental con compromiso social”, se destaca que México necesita contar con un mayor conocimiento acerca de los procesos ambientales que lo afectan y para ello se establece, entre otros, el objetivo número 13 que a la letra dice “Generar información científica y técnica que permita el avance del

conocimiento sobre los aspectos ambientales prioritarios para apoyar la toma de decisiones del estado mexicano y facilitar una participación pública responsable y enterada. El gobierno mexicano debe fomentar los esfuerzos de investigación ambiental que se efectúan en distintas instituciones nacionales, buscando que cada día se de una mayor vinculación entre la investigación y las políticas públicas”. Este proyecto también está directamente relacionado con la tercera y la cuarta líneas de investigación descritas en el punto 8.2.6. del “Programa sectorial de medio ambiente y recursos naturales 2007-2012”, relacionadas con el “apoyo técnico para la gestión y regulación en materia de calidad del aire” y los “sistemas de monitoreo atmosférico y generación de información sobre calidad del aire en ciudades mexicanas”, respectivamente.

3. Objetivos

Desarrollar una herramienta para el análisis sistemático de los parámetros meteorológicos medidos en las redes de monitoreo atmosférico de nueve ciudades mexicanas.

4. Consideraciones

Para el cumplimiento del objetivo planteado y de acuerdo a los términos de referencia la solución informática cumple con los siguientes requerimientos:

- para la consulta de los resúmenes de las estadísticas descriptivas básicas, se usa la misma tecnología que en el *Sistema de consulta de indicadores de calidad del aire en ciudades mexicanas*.
- para los resúmenes en forma de graficas, se desarrolló un módulo que se instala en las PC de los usuarios de la Dirección de Investigación sobre la Calidad del Aire, que usa las mismas bases de datos que se encuentran en el servidor del INE para la consulta de indicadores, con la tecnología que se detalla en la sección de metodología.

5. Metodología

5.1. Integración de datos meteorológicos al sistema de consulta en WEB.

Para lograr la incorporación de datos meteorológicos al sistema de indicadores se extendió la base de datos mediante la creación del tipo 'meteorol' subclase del tipo 'variable' originalmente creado.

El almacenamiento de las mediciones escalares (humedad relativa y temperatura) se hace en forma directa, pero el almacenamiento de los datos asociados al viento, velocidad y dirección, que se entregan a la DGICUR en forma separada requieren un post-proceso, mismo que se describe a continuación.

Para facilitar el proceso computacional, primero y durante la carga de datos, el módulo de carga convierte las mediciones de dirección recibidas en grados angulares a radianes y así son almacenados en "daysample".

Posteriormente y para facilitar las operaciones vectoriales requeridas para la generación de algunos indicadores se decidió almacenar los datos de viento también en forma unificada, como vector en coordenadas cartesianas.

Para tal efecto, se creó en la base de datos Oracle el objeto "windvec_ty" para representar los datos vectoriales de viento en sus componentes cartesianos y la tabla "windsample" para almacenar los datos en arreglos de veinticuatro horas correspondientes a las mediciones de un día.

Para la creación automatizada de esta última tabla se implementó la función "wind_ccom" que lee todos los datos de viento de los registros separados de "daysample", y calcula sus respectivas representaciones vectoriales, crea los objetos "windvec" y devuelve los registros sintéticos para "windsample", en el anexo I se incluye el código completo en PLSQL de la implementación. Así mismo, en el anexo II, están definidos en un archivo modificable por el usuario utilizando el Lenguaje de Definición de Indicadores (LDI) todos los indicadores calculados para variables meteorológicas. Ambos anexos pueden ser consultados

en la documentación técnica que se entregó a la Coordinación de Sistemas y la DICA.

5.2. Módulo de Gráficos para PC.

Para el desarrollo de este módulo se utilizó la plataforma XULRunner, Perl y las bibliotecas de graficación de GNUplot.

XULRunner es un paquete de ejecución de la fundación Mozilla que puede ser usado para crear aplicaciones XUL y XPCOM tan valiosas como Firefox y Thunderbird de la propia Mozilla y Komodo de ActiveState. XULRunner ofrece mecanismos para instalar, actualizar y desinstalar las aplicaciones mencionadas y ofrece también libxul, una solución que permite la integración de las tecnologías de Mozilla en otros proyectos y productos. En particular para el desarrollo del presente proyecto, este paquete satisface los requerimientos (tecnologías estándar) necesarios.

XUL (XML User Interface Language) es una aplicación XML diseñada para el desarrollo de Interfaces de Usuario multiplataforma de forma declarativa. En el anexo III (mismo que puede ser consultado en la documentación técnica que se entregó a la Coordinación de Sistemas y la DICA) se presenta la ventana principal del sistema en XUL.

XPCOM (Cross Platform Component Object Model) es similar al COM de Microsoft, pero independiente del sistema operativo utilizado.

Javascript 1.8, es la versión más reciente del compilador de ECMAScript 1.3, que es un lenguaje de programación de alto nivel y que de conformidad con los términos de referencia se desarrolló para la parte cliente de la aplicación de consulta de indicadores para WEB.

Por otro lado, el lenguaje Perl es utilizado para la conexión a la base de datos, el interprete de LDI, subsistemas que en la versión para WEB se implementaron del lado del servidor y la conexión con las bibliotecas de graficación de GNUPlot

La elección de las tecnologías mencionadas permite la reutilización de mucho del código desarrollado para la consulta en WEB y adicionalmente permite la utilización del módulo de gráficos no solamente en PC con el sistema operativo Microsoft Windows, sino también su uso bajo Linux y Mac.

Es importante mencionar que este módulo utiliza exactamente el mismo mecanismo de definición del sistema de indicadores, y que el archivo de definición en LDI es el mismo. El sistema permite la consulta de todos los indicadores que se tienen en la versión para WEB y la generación de diversos productos gráficos sobre los mismos.

Todos los componentes mencionados anteriormente se distribuyen bajo licencias de libre distribución lo que permitirá al Instituto la libre redistribución del paquete sin que se incurra en costos de licenciamiento.

Debido a que esta aplicación fue pensada para que sea utilizada por investigadores, se decidió desarrollarla de origen con facilidades para su internacionalización y se está liberando en dos idiomas: español e inglés. Cabe aclarar que el uso de sistema en varios idiomas no requiere la instalación de sistemas separados, un mismo sistema se configura para operar en el idioma que el usuario requiera.

La internacionalización del sistema se desarrolló mediante el mecanismo estándar de XML de definición de entidades en el DTD. En el anexo IV (que también puede ser consultado en la documentación que se le proporcionó, de acuerdo a los términos de referencia, a la DICA y la Coordinación de sistemas) se presenta como ejemplo el archivo "locale/en-US/indics.dtd" con los mensajes del sistema en inglés de los Estados Unidos.

6. Resultados

6.1. Consultas de resúmenes meteorológicos en WEB.

Para la consulta en la WEB se separó la consulta de los datos meteorológicos de los contaminantes, en esta versión el usuario deberá seleccionar primero de un menú el tipo de indicador que desea consultar y dependiendo de su selección se le mostrará uno de los tres paneles (figura 1) que se enlistan a continuación:

indicadores de contaminantes que se midieron con equipo automático

indicadores de contaminantes que se midieron con equipo manual

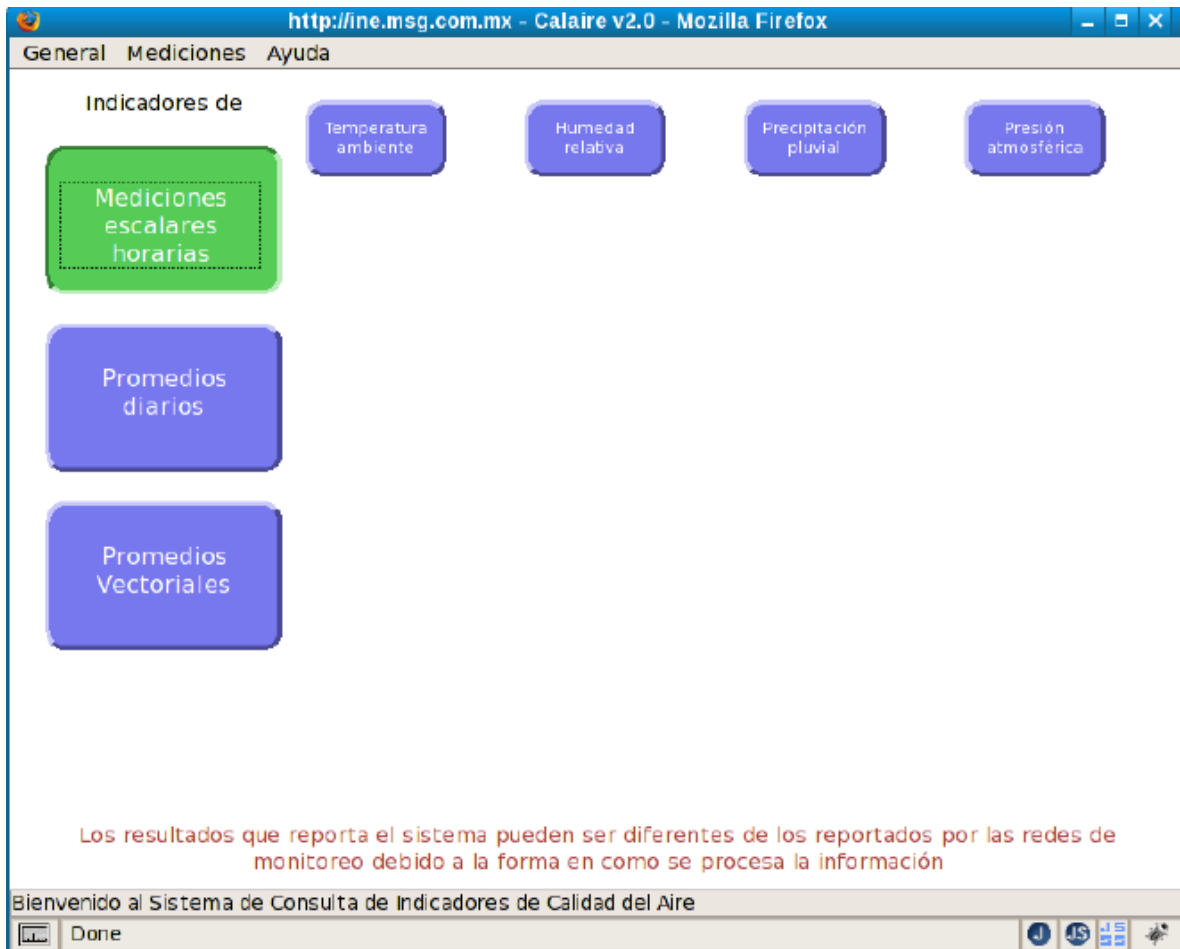
resúmenes de variables meteorológicas.

Figura 1. Pantalla con el menú del tipo de consultas



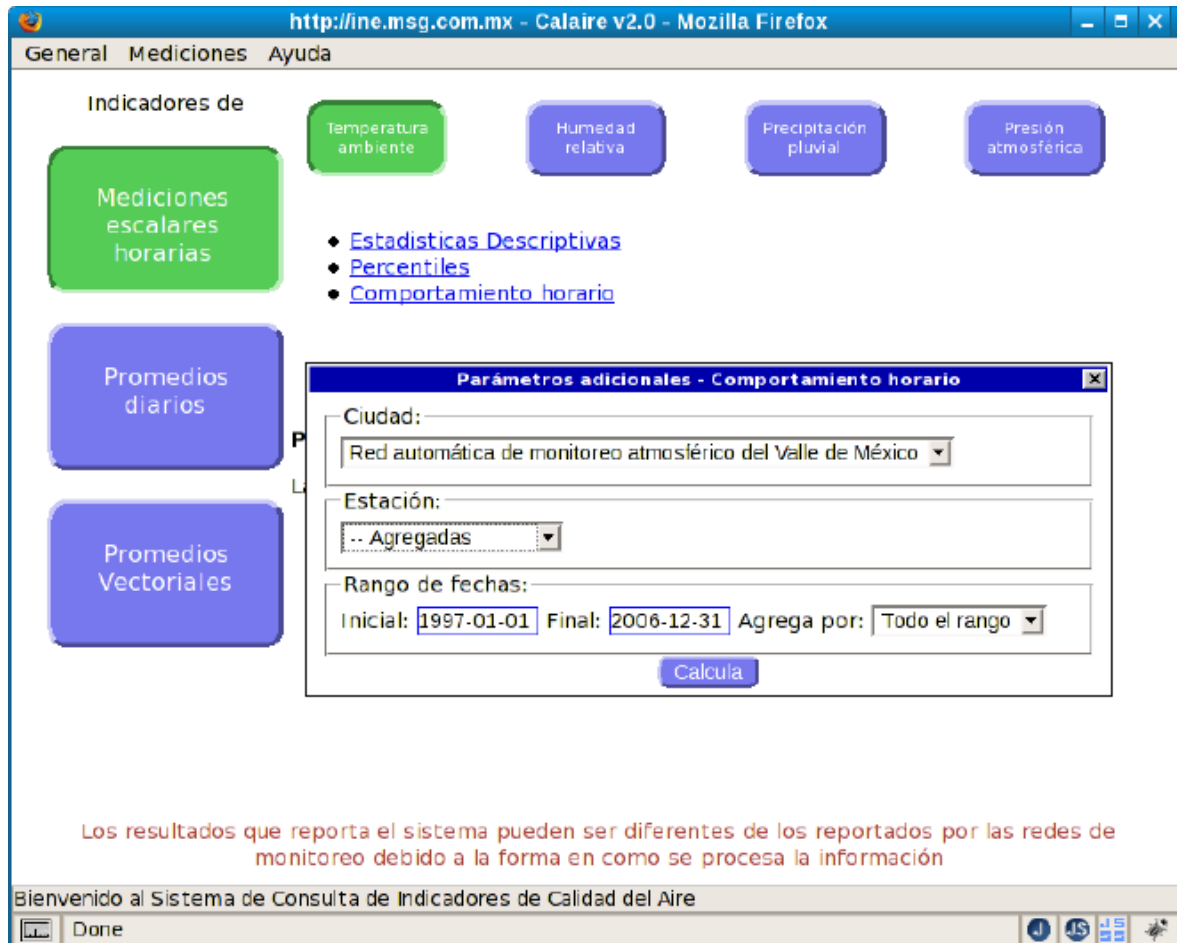
En el caso de consultas relativas a variables meteorológicas el sistema le mostrará una pantalla como la de la figura 2.

Figura 2. Pantalla de consultas meteorológicas



Es importante mencionar que el texto de los botones es configurable por los administradores, y que el que se muestra no necesariamente es el definitivo.

Al seleccionar una variable la selección del indicador será muy similar a la que se utiliza para la generación de los indicadores asociados a los contaminantes (figura 3).

Figura 3. Ejemplo del listado de las consultas a una variable meteorológica

Y los reportes tendrán también un formato similar, todo con la intención de que un usuario familiarizado con la interfase del sistema de indicadores pueda navegar con comodidad.

En la pantalla siguiente se muestra un ejemplo de reporte correspondiente a las estadísticas descriptivas de la temperatura ambiente del Valle de México para todo el periodo que se tienen datos, agrupado por año:

Figura 4. Ejemplo de reporte a una consulta de las estadísticas descriptivas en la ZMVM por año

http://ine.msg.com.mx - Indicador calculado - Mozilla Firefox

Red automática de monitoreo atmosférico del Valle de México
Mediciones horarias Variable: **Temp(°C)**

Estadísticas Descriptivas
 Fecha inicial:1997-01-01 Fecha final:2006-12-31

Año	Mediciones Esperadas	Mediciones Disponibles	Valor Máximo	Valor Mínimo	Promedio	Desviación Estándar	% de datos obtenidos
1997	131400	76949	30.4	.1	16.23	4.84	58.6
1998	131400	83283	34.7	.1	17.35	5.60	63.4
1999	131400	82067	32.2	.1	16.08	5.22	62.5
2000	131760	101693	32.5	-2.8	15.60	5.22	77.2
2001	131400	120375	35.2	.1	16.01	5.17	91.6
2002	131400	122580	33.6	-2.6	16.30	5.06	93.3
2003	131400	115027	34	.3	16.91	5.24	87.5
2004	131760	115025	32.3	.1	16.25	4.90	87.3
2005	131400	121010	35.1	.1	16.61	5.19	92.1
2006	131400	109093	34	-3.5	16.20	5.35	83

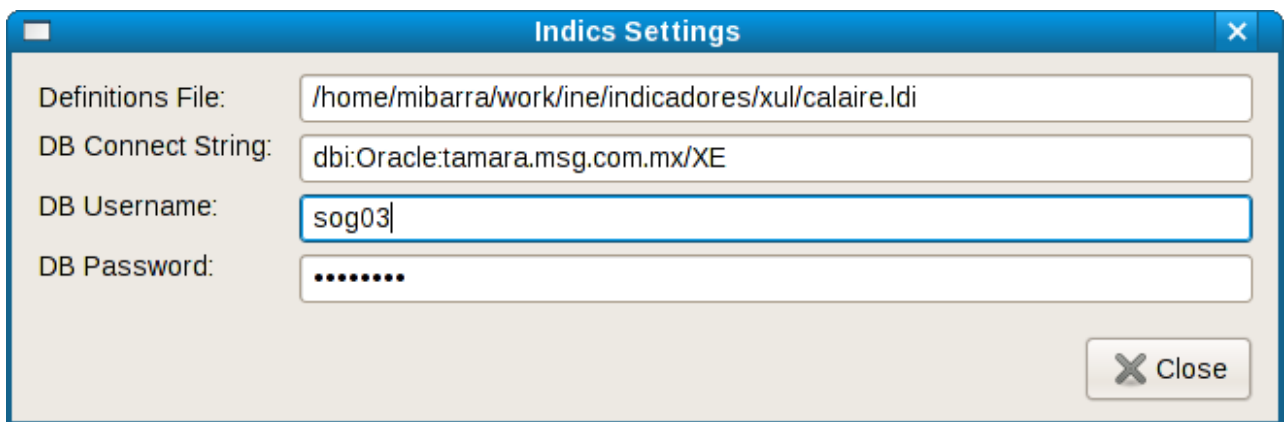
Done

6.2. Módulo de Gráficos para PC.

El sistema se inicia desde la línea de comandos o desde un icono en el escritorio o menú del sistema y presentará en su menú principal los accesos a los cuatro subsistemas que lo componen: Reportes (mismos del módulo de consulta en WEB), Gráficos, Mapas y Rosas de viento. A continuación se muestran algunos de los ejemplos en su versión en inglés.

El usuario necesitará configurar los parámetros de acceso a la base de datos mediante la opción del menú “Principal/Preferencias” que le mostrará una ventana como la que aparece a continuación.

Figura 5. Configuración de los parámetros de acceso a la base de datos



The image shows a window titled "Indics Settings" with a blue header bar. Inside the window, there are four text input fields arranged vertically. The first field is labeled "Definitions File:" and contains the path "/home/mibarra/work/ine/indicadores/xul/calaire.Idi". The second field is labeled "DB Connect String:" and contains "dbi:Oracle:tamara.msg.com.mx/XE". The third field is labeled "DB Username:" and contains "sog03". The fourth field is labeled "DB Password:" and contains a series of dots ".....". In the bottom right corner of the window, there is a button with a close icon and the text "Close".

Una vez configurado el acceso a la base de datos se podrán realizar las consultas y generar los productos gráficos requeridos.

A continuación se muestra la pantalla principal del sistema (figura 6), una vez que se seleccionó la consulta de estadísticas descriptivas para concentraciones horarias.

Figura 6. Cuadro de dialogo principal en el módulo de gráficos para PC

Indicators

Main Reports Charts Maps Wind roses

Parameters for Hourly concentrations

Data selection

Indicator: Estadísticas Descriptivas

Variable: PM10

Network: Red Automática de Monitoreo Ambiental de Guadalajara

Station: -- Agregated

Date range

Start date: 01/01/ 2005

End date: 12/31/ 2006

Temporality: Full Range

Go

Ready

A continuación se presentan algunos ejemplos de los productos gráficos que se pueden generar con el sistema.

Figura 7. Ejemplo de una gráfica de rosas de viento

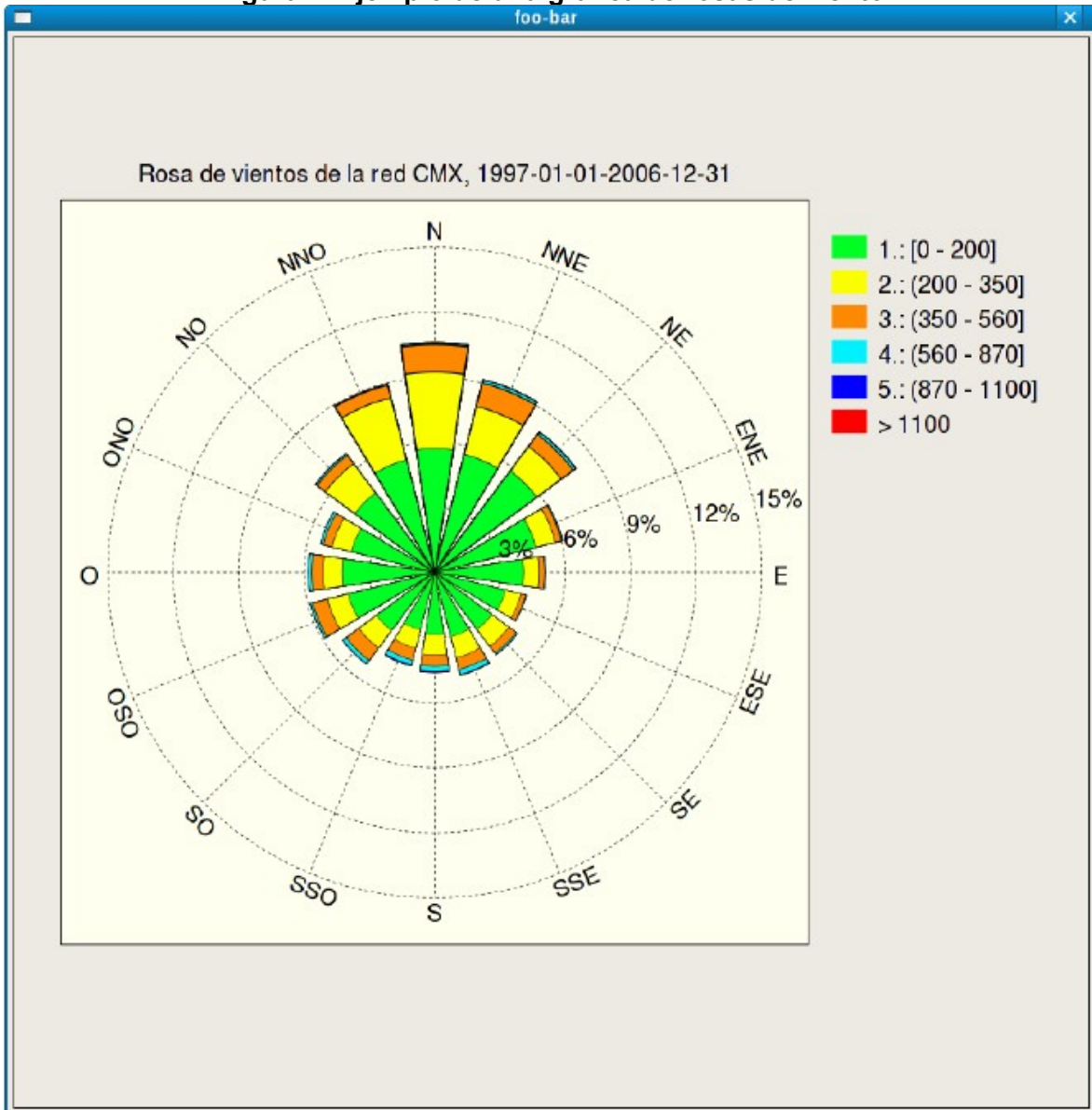
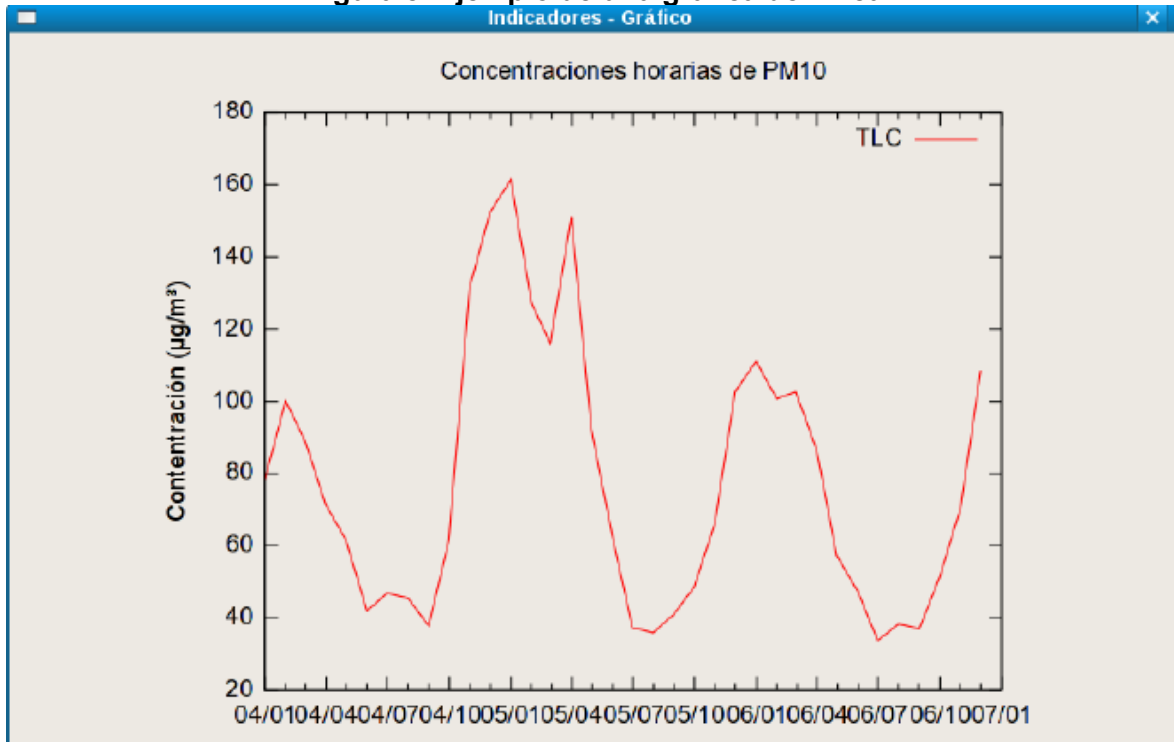
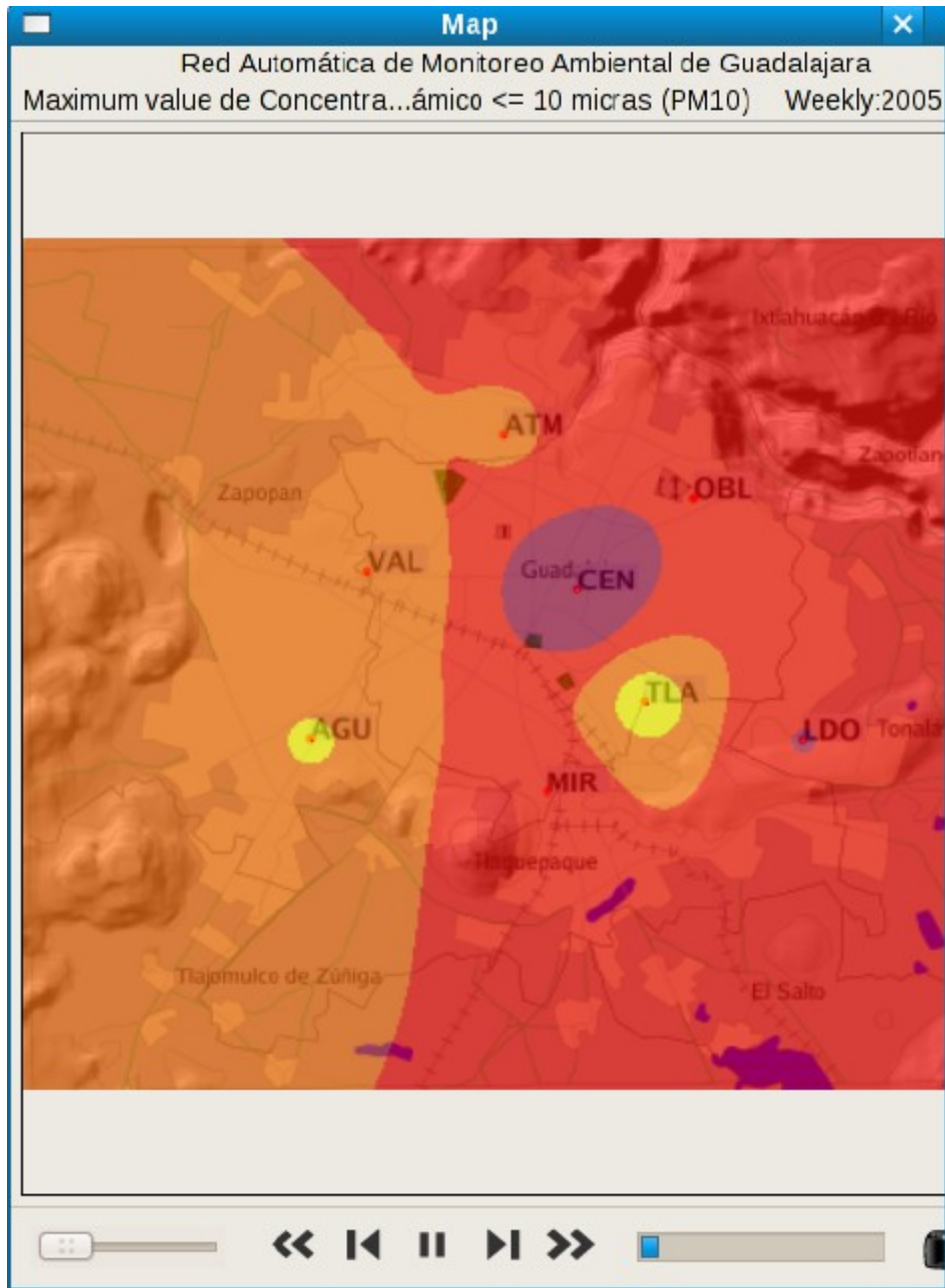


Figura 8. Ejemplo de una gráfica de línea



Especial mención requieren los mapas de concentración, de los que se genera una animación que muestra los gráficos en secuencia para un período dado, a continuación un ejemplo de uno de los gráficos de la secuencia, en donde en rangos discretos se aprecia la concentración de partículas (PM10) para una semana del 2005 en la ciudad de Guadalajara (figura 8).

Figura 9. Ejemplo de un mapa de concentración para una semana



6. Conclusiones

La sistematización del procesamiento de la información meteorológica para su análisis, a través de este proyecto, evita errores humanos durante el procesamiento de las bases de datos históricas y hace posible generar resúmenes para su interpretación de una manera rápida y precisa. Al llevar a cabo este proyecto se mejorará la interpretación y análisis del comportamiento espacial y temporal de los contaminantes y se le da un valor agregado a la información meteorológica histórica que se ha medido en las redes de monitoreo atmosférico del país. Asimismo, se enriquecerá la información contenida en los futuros almanaques de datos y tendencias de la calidad del aire, y se contestarán con oportunidad las peticiones de información al respecto.

Se considera que se han cubierto todos los objetivos planteados por el proyecto y que el Instituto cuenta ahora con una plataforma con la capacidad de crecimiento suficiente para que en el futuro incorpore nuevas redes de monitoreo, nuevas variables y nuevos indicadores en forma sencilla, que permitan a los tomadores de decisiones los análisis que sus tareas les requiera y a la población en general un acceso rápido a la información de su entorno.

Septiembre 2008