

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA CIUDAD DE TORREÓN COAH.

TESIS

QUE PRESENTA

ALBERLAIN NARCÍA JOSÉ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

TORREÓN COAHUILA

DICIEMBRE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

“DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS
EN LA CIUDAD DE TORREÓN COAH.”

TESIS QUE SE PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

POR:
ALBERLAIN NARCÍA JOSÉ

APROBADA POR EL H. CUERPO DE ASESORES

ASESOR PRINCIPAL


ING. JOEL LIMONES AVITIA

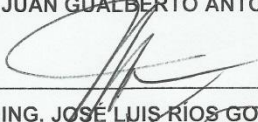
ASESOR


DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

ASESOR


ING. JUAN GUALBERTO ANTONIO PÉREZ

ASESOR


ING. JOSÉ LUIS RÍOS GONZÁLEZ


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS


Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2012

TESIS QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR:

PRESIDENTE



ING. JOEL LIMONES AVITIA

VOCAL



DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

VOCAL



ING. JUAN GUALBERTO ANTONIO PÉREZ

VOCAL SUPLENTE



ING. JOSÉ LUIS RÍOS GONZÁLEZ



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2012

DEDICATORIAS A DIOS

Por permitirme estar en este mundo lleno de vida y las fuerzas para seguir adelante a pesar de los problemas y obstáculos que la vida nos presenta día a día y por a ver realizado uno de mis objetivos y uno de mis más grandes sueños y gracias por tener a mis padres conmigo y que se sientan orgulloso de mí.

A MI PADRE.

MANUEL DE JESUS NARCÍA LUNA

Un padre, un amigo que siempre está conmigo en las buenas y en las malas de mis etapas de mi vida, una persona que siempre ha sido para mí de gran respeto y admiración por cumplir como padre, le estoy muy agradecido por darme toda la confianza y ese apoyo incondicional que me permitió terminar mis estudios y poder ejercerme como persona profesional y por ser una persona fuerte a pesar de todas las adversidades, que me vio crecer para poder demostrarle el logro de los sacrificios que el hizo.

“Gracias papito por creer en mí y darme la mejor herencia de la vida”.

A MI MADRE

TERESITA DE JESUS JOSÉ PÉREZ

Madre, mi mami que siempre está conmigo a pesar de los problemas, me es un honor honrarla por traerme a esta bella y hermosa vida y por sus buenos y sabios consejos que son de gran ayuda, a determinar las cosas buenas y malas. Eres una gran mujer excepcional que ha sabido sobrellevarme, entenderme, comprenderme y sobre todo por preocuparse por mi día y noche, es una persona fuerte, luchona que ha sabido salir adelante a pesar de las diferencias familiares, por mantener la familia unida y sin duda alguna el apoyo que me ha brindado. Siempre me sentiré orgulloso por la buena madre que me vio crecer, sacarme de apuros y porque por ella sembró en mí muchos valores.

A MIS HERMANOS:

DARI, NATIVI Y ALE

Porque ustedes son los que forman parte de mi vida, la razón por el cual las fuerzas me sobra para darles un buen y gran ejemplo. Por estar conmigo en las

buenas y en las malas y porque también contribuyen en mi formación profesional, enseñarles mis experiencias fuera de la familia y demostrarles que todo se puede con ganas y deseos de sobresalir se vuela muy alto. Gracias por el cariño que siempre me han demostrado a pesar de los problemas y ustedes siempre están presentes en mí sin importar la distancia los quiero mucho.

A MI LINDA ESPOSA

KAREN JAIRET MORENO PEREZ

Porque siempre estas a mi lado apoyándome solo como tú lo sabes hacer, dando me fuerzas para salir adelante, porque tu eres la persona mágica y esencial que se desvela, preocupa y hace de que siempre este bien y porque contigo he aprendido caminar de la mano siempre los dos.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Gracias por darme la vida y la oportunidad de lograr uno de mis sueños y metas, que mis padres siempre soñaron dando lo mejor de ellos, por darme unos padres excepcionales que a pesar de las adversidades siempre estuvieron de pie y que siempre estarán en mi mente y corazón.

A MI PADRE

MANUEL DE JESUS NARCÍA LUNA

Gracias por el apoyo que me brindó y el gran esfuerzo que hiciste para que yo terminara mi carrera profesional, gracias por confiar en mí y dedicar tu tiempo para poder realizarme como persona profesional y porque eres una persona fuerte que siempre esta con la frente en alto a pesar de las tempestades, tu que me vistes crecer e inculcar muchos valores y formar de mi un hombre, ahora aquí tienes el resultado de los sacrificios que tú hiciste posible.

“Gracias papito por creer en mí y darme la mejor herencia de la vida”.

A MI MADRE

TERESITA DE JESUS JOSÉ PÉREZ

Gracias mamita por tus noches de desvelos, por estar siempre pendiente de mí, gracias por la vida que me dio y por sus sabios consejos que hoy en día me han ayudado mucho, Eres una gran mujer excepcional que ha sabido sobrellevarme, entenderme, comprenderme y sobre todo por preocuparse por mi día y noche, es

una persona fuerte, luchona que ha sabido salir adelante a pesar de las diferencias familiares, por mantener la familia unida y sin duda alguna el apoyo que me ha brindado, uno de tus sueño se te ha cumplido esto es parte de ti.

A MIS HERMANOS:

DARI, NATIVI Y ALE

Gracias por formar parte de mi vida, la razón por el cual las fuerzas me sobran para darles un buen y gran ejemplo. Gracias por contribuir a que uno de mis sueños se me hiciera realidad y demostrarles que si se puede volar, y muy alto. Gracias por el cariño que siempre me han demostrado a pesar de los problemas y ustedes siempre están presentes en mí sin importar la distancia los quiero mucho.

A MI LINDA ESPOSA

KAREN JAIRET MORENO PEREZ

Gracias mi amor por estar siempre conmigo y ayudarme a salir adelante en todos los sentidos, porque juntos realizaremos nuestros sueños como profesionistas, y esto es para ti, nuestro futuro...

A MI ALMA TERRA MATER.

Gracias por brindarme esta gran oportunidad de realizar mis estudios en esta linda institución y a ver obtenido buen conocimiento y experiencias que me servirá en mi vida profesional.

A MIS COMPAÑEROS.

A todos y cada uno de los compañeros, amigos (as) y profesores que fueron mi segunda familia durante mi estancia en la universidad, gracias a todos y les deseo lo mejor mucho éxito en sus vidas.

Contenido

DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
Resumen.....	1
I Introducción	2
II Objetivos	4
Objetivo general.....	4
Objetivo específico.....	4
III Revisión de literatura	5
Industrias de Combustibles Fósiles	5
Emisiones de la Industria del Carbón	5
Emisiones de la Industria de Gas Natural.....	6
Agricultura.....	6
Manejo de Residuos.....	8
Comportamiento climático en zonas áridas	9
Definiciones relacionadas con el clima.	9
Correlación de los parámetros meteorológicos, características edafológicas, fisiográficas, climáticas de México	13
Variables meteorológicos.....	15
Viento	15
Circulación en los trópicos	15
Precipitación.....	16
La Temperatura.....	16
La Presión Atmosférica.....	17
El Viento.	18
La Humedad	18
Incertidumbres Principales y Necesidades de Investigación	23
Contaminación atmosférica y relación con comportamiento meteorológico.....	25
Fuentes puntuales múltiples con dirección arbitraria del viento.	27
Sistemas de Monitoreo de Calidad del aire de la Comarca Lagunera.....	27
Confinamiento del contaminante dentro de la capa de mezclado.....	29
Variabilidad climática y cambio global del clima.	30

Actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera en calidad del aire.....	32
Monitoreo y evaluación de la calidad del aire	34
IV Materiales y Métodos	37
Curvas a desnivel.....	41
Altura de la capa de mezcla a 1500 mt.	42
Mapa de la ciudad de Torreón y, los ejidos que se ubican en sus cercanías.	43
Monitoreo 2007	44
Monitoreo 2008	46
Monitoreo 2009	51
Evaluación del cumplimiento de la norma diaria de PM ₁₀ (120 µg/m ³) en Torreón.....	54
V Resultados y Discusión.....	55
Rosas de vientos dominantes por año	55
Rosas de vientos máximos por año.....	58
Rosas de vientos dominantes por mes	61
Rosas de vientos máximos por mes.	73
VI Conclusión.....	85
VII Literatura citada.....	86

Resumen

En el presente trabajo se aborda la temática de la determinación de la distribución de contaminantes atmosféricos en la ciudad de Torreón, Coah., y se considera la concentración de contaminantes como un indicador ambiental, por lo tanto su monitoreo y evaluación resulta una herramienta indispensable para conocer la calidad de aire atmosférico que se respira y estoy ayudara a diseñar estrategias de lucha contra la polución.

Los modelos de calidad de aire son utilizados para simular los procesos físicos y químicos de la atmósfera. El modelo de dispersión Gaussiano es de gran aplicación y la ecuación que lo sustenta se utiliza en este trabajo para calcular los niveles de inmisión de partículas de tamaño de 10 micras (PM10). Algunos parámetros de la ecuación Gaussiana son estimados. Mediante el software matemático MATLAB, se simulan las concentraciones de inmisión de PM10 para las diferentes clases de estabilidad atmosférica de Pasquill y distintas velocidades de viento.

Palabras claves:

- Partículas
- Monitoreo
- Contaminación atmosférica
- Polución
- Dispersión

I Introducción

Se llama contaminación a la transmisión y difusión de humos o gases tóxicos a medios como la atmósfera y el agua, como también a la presencia de polvos y gérmenes microbianos provenientes de los desechos de la actividad del ser humano. La contaminación atmosférica puede tener carácter local, cuando los efectos ligados al foco se sufren en las inmediaciones del mismo, o planetario, cuando por las características del contaminante, se ve afectado el equilibrio del planeta y zonas alejadas a las que contienen los focos emisores (Pankow, JF 1994).

El nombre de la contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los elementos materiales, y no a otras alteraciones inocuas. Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican combustión, tanto en industrias como en automóviles y calefacciones residenciales, que generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes. Igualmente, algunas industrias emiten gases nocivos en sus procesos productivos, como cloro o hidrocarburos que no han realizado combustión completa (Donahue NM, *et al* 2006).

En las grandes ciudades, la contaminación del aire se debe a consecuencia de los escapes de gases de los motores de explosión, a los aparatos domésticos de la calefacción, a las industrias que es liberado en la atmósfera, ya sea como gases, vapores o partículas sólidas capaces de mantenerse en suspensión, con valores superiores a los normales, perjudican la vida y la salud, tanto del ser humano como de animales y plantas (Coulliette C, *et al* 2007).

Los metales pesados tóxicos y otros los contaminantes son emitidos en latitudes más bajas, viajan a través de la atmósfera, y luego se depositan a través de la condensación en las regiones que proporciona un medio para la transferencia de estos contaminantes de alta emisión de las regiones a las regiones de baja o nula de las emisiones (Donald, *et al.*, 2000).

Aunque el plomo (Pb) en la atmósfera proviene de diversas fuentes, plomo y gasolina, es probablemente la principal fuente de exposición en las grandes ciudades en la mayoría de los países en desarrollo (Oktem *et al.*, 2004). La contaminación atmosférica es la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables.

Los contaminantes presentes en la atmósfera proceden de dos tipos de fuentes emisoras bien diferenciadas: las naturales y los antropogénicos. En el primer caso la presencia de contaminantes se debe a causas naturales, mientras que en el segundo tiene su origen en las actividades humanas (Alfaro, *et al* 2003).

II Objetivos

Objetivo general.

Conocer y vigilar la calidad del aire que respira la gente en las principales ciudades del estado y generar información para establecer diagnósticos, estrategias y herramientas para prevenir, controlar y en su caso mejorar la contaminación de la atmósfera.

Objetivo específico.

Determinar la variabilidad y distribución de los contaminantes atmosféricos en la ciudad de Torreón Coahuila.

- ✚ Garantizar el compromiso con la sustentabilidad ambiental.
- ✚ Estimar los efectos de los contaminantes en la salud de la población.
- ✚ Informar a la ciudadanía de los resultados obtenidos.
- ✚ Medir los efectos de las medidas de control en la calidad del aire.

III Revisión de literatura

Industrias de Combustibles Fósiles

Las emisiones de GEI relacionadas con el sector de industrias de combustibles fósiles incluyen emisiones fugitivas relacionadas con la producción, procesamiento, transmisión, y distribución de petróleo y gas, así como las emisiones fugitivas derivadas de la explotación de las minas de carbón (INEGI, 2009) Coahuila produce carbón y hulla y posee una red de transmisión y distribución de gas natural, no obstante produce o procesa gas natural o petróleo crudo.

En Coahuila, las fuentes de emisiones de GEI incluyen emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de gas natural y de la explotación de carbón. En cuanto al carbón, Coahuila tiene los depósitos de carbón más grandes en México lo que le permitió producir 17.3 millones de toneladas de carbón en el 2007. La minería de carbón provee el combustible para las dos centrales eléctricas operadas con carbón (Rio Escondido y Carbón II) así como el combustible y el agente reductor para las industrias de acero y hierro del estado. Además, Coahuila es el único productor de coque en México con un volumen de producción de 1.5 millones de toneladas en 2008 (INEGI, 2009) No es razonable suponer la explotación futura de carbón ni de metano en la minería de carbón debido a la presencia de reservas de carbón (PEMEX, 2009)

Emisiones de la Industria del Carbón

Los procesos geológicos derivados de la formación de carbón producen metano y dióxido de carbono el cual es atrapado en las vetas de carbón. Estos gases son conocidos colectivamente como gas de veta y son liberados cuando el carbón es expuesto o desbaratado durante la explotación. Las emisiones de post-minería se refieren a la liberación más pequeña de metano en un manejo, procesamiento y

transporte de carbón subsecuente (PICC, 2006). La producción de carbón se encontró en las estadísticas publicadas por el Consejo de Recursos Minerales para el periodo de 2003-2007 (COREMISGM, 2007). Para los años restantes del inventario, el CCS supuso que la producción de carbón permaneció en niveles del 2003.

Emisiones de la Industria de Gas Natural

Las fuentes de información claves para los datos de la actividad fueron la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y Petróleos Mexicanos (PEMEX). La SENER proporcionó información acerca de la infraestructura de transmisión y distribución de gas natural (incluyendo las longitudes de tubería y el número de unidades de almacenaje planeadas y de operaciones),⁸⁵ así como también proporcionó datos sobre el número de usuarios atendidos por esta infraestructura (indicando el número de medidores). El CRE ofreció información sobre compañías autorizadas para construir y operar las líneas de gas natural y la fecha de estas concesiones (SENER, 2003). PEMEX proporcionó el número de estaciones de compresión de gas natural actuales y proyectadas (INEGI, 1990). La información obtenida por medio de estas fuentes de datos fue escasa y en gran parte se derivó de las descripciones de los permisos donde se reveló la información en intervalos de cinco años. Para los propósitos del inventario, se aplicó una interpolación lineal entre puntos de datos.

Agricultura

Las emisiones contempladas en este apéndice se refieren a las emisiones no energéticas de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) procedentes del ganado y la producción agrícola. Asimismo, el apéndice comprende las emisiones y los sumideros de carbono en suelos agrícolas derivados de cambios en las prácticas de cultivo. Las emisiones energéticas (quema de combustibles fósiles en el equipo agrícola) se incluyen en las estimaciones sobre el sector residencial, comercial e

industrial (RCI) (ver Apéndice B). Otras emisiones de CO₂ o secuestros procedentes del ganado y de la producción de cultivos se consideran como biogénicos y por consiguiente las directrices del PICC no son incluidas en las estimaciones de emisiones de GEI.

Las principales fuentes de GEI y sumideros –producción pecuaria, suelos agrícolas, y quema de rastrojos– se subdividen además en la siguiente forma:

- Fermentación entérica: Las emisiones de CH₄ derivadas de la fermentación entérica son el resultado de los procesos digestivos normales del ganado rumiante y no rumiante. Los microbios que se encuentran en el sistema digestivo del animal descomponen los alimentos y emiten CH₄ como subproducto. Además el ganado rumiante produce mas CH₄ debido a la actividad digestiva de su gran estomago glandular.
- Manejo del estiércol: Las emisiones de CH₄ y N₂O derivadas del almacenamiento y el manejo del estiércol de ganado (Ej. en estercoleros, amontonamientos de abono o lagunas de tratamiento anaeróbico) ocurren como resultado de la descomposición del estiércol. Las condiciones ambientales de la descomposición son las que dictan la magnitud relativa de las emisiones. En general, entre mas anaeróbicas sean las condiciones, mas CH₄ se produce, ya que las bacterias que ayudan a la descomposición y que generan CH₄, se desarrollan mejor en condiciones en las que el oxígeno es limitado. En contraste, las emisiones de N₂O aumentan cuando las condiciones son aeróbica. Las directrices del PICC de 2006 divide esta fuente de la siguiente manera: o Emisiones de CH₄ del manejo del estiércol; o Emisiones directas de N₂O procedentes del manejo del estiércol; o Emisiones indirectas de N₂O procedentes de la lixiviación de nitrógeno seguida de la aplicación de estiércol; o Emisiones indirectas de N₂O procedentes de la volatilización de nitrógeno (Ej. amoniaco), seguida de la aplicación de estiércol con subsecuente deposición de nitrógeno, desnitrificación y emisiones de N₂O.

- Suelos agrícolas: El manejo de los suelos agrícolas puede producir emisiones de N₂O y flujos netos de dióxido de carbono (CO₂) que generen emisiones o sumideros. En general, las modificaciones a los suelos mediante las cuales se agrega a estos, nitrógeno, también pueden generar emisiones de N₂O. Las aportaciones de nitrógeno fomenta la nitrificación de los suelos subyacentes y los ciclos de desnitrificación, lo cual a su vez genera N₂O como subproducto. Las directrices del PICC de 2006 divide esta fuente de la siguiente manera: o Emisiones directas de N₂O procedentes del manejo de suelos; Emisiones indirectas de N₂O procedentes de la volatilización de nitrógeno y subsecuente deposición atmosférica; o Emisiones indirectas de N₂O procedentes de la lixiviación y los escurrimientos. Nota: Los suelos agrícolas pueden almacenar o liberar carbono orgánico, si estos fondos de carbono orgánico son alterados y oxidados; el carbono orgánico es liberado como CO₂ cuando se oxida. El flujo de carbono de suelo agrícola se considera parte de la categoría de uso de tierra y por lo tanto es planteado en el uso de tierra y apéndice de silvicultura (GEI, 2006).

Manejo de Residuos

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del manejo de residuos incluyen:

- Manejo de residuos sólidos – emisiones de metano (CH₄) de rellenos sanitarios (RS) lo cual representa CH₄ potencial que es incinerado o capturado para la producción de energía (esto incluye tanto rellenos sanitarios abiertos como cerrados) (SIACON, 2007).

- La incineración y quema a cielo abierto de residuos – emisiones de CH₄, dióxido de carbono (CO₂) y óxido nítrico (N₂O) de la combustión de residuos sólidos (ej. quema de residuos domésticos a cielo abierto) y

- Tratamiento y descarga de aguas residuales – El CH₄ y N₂O provenientes de las plantas de aguas residuales domesticas y el CH₄ de plantas de tratamiento de aguas residuales (AR) industriales.

Comportamiento climático en zonas áridas

Problemas generales de delimitación de las zonas.

Los límites de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas no son abruptos ni estáticos, debido a la alta variabilidad interanual en la precipitación y a la ocurrencia de sequías, lo cual puede ocurrir por períodos de varios años.

Definiciones relacionadas con el clima.

Es importante diferenciar los términos ‘aridez’, ‘sequía’ y ‘desertificación’: ‘Aridez’ implica un déficit pluviométrico permanente (fenómeno climático de largo tiempo), lo cual está ligado a otras condiciones climáticas específicas, como temperaturas elevadas, baja humedad de aire y fuerte evaporación. Es definida usualmente en términos de baja precipitación promedio o agua disponible. ‘Sequía’ resulta de un déficit pluviométrico temporal con relación a la precipitación normal (fenómeno de corto plazo) y es generalmente percibido como un incidente por debajo de la disponibilidad natural de agua. Hay que distinguir entre ‘sequía’ (período de 1 – 2 años con precipitación por debajo del promedio y ‘desección’ (período seco por una década o más).

‘Desertificación’ es la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas derivada fundamentalmente de los efectos negativos de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas. El término “tierras secas” ha sido adoptado por la Convención de las Naciones Unidas para el combate de la desertificación (CCD) para describir a aquellas tierras donde los problemas de degradación de tierras deben ser atendidos y

donde deben promoverse métodos para alcanzar el desarrollo sostenible, considerando sus fragilidad ecológica.

Dentro de las tierras secas se incluyen las zonas hiperáridas, las zonas áridas, las zonas semiáridas y las zonas subhúmedas secas. Se han realizado intentos para establecer los límites o definirlos en términos de características como la vegetación natural. Se debe reconocer también que zonas áridas individuales no representan climas homogéneos. El problema fundamental para la caracterización y delimitación de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, desde el punto de vista climático, es la evaluación e identificación de variables climáticas para establecer un índice de deficiencia y excedencia de agua que evalúe la relación entre el agua que entra al sistema y que sale de este (UNEP, et al 2002)

En las zonas áridas, la precipitación media anual puede superar los 200 mm. En estas regiones, si bien es posible realizar actividades ganaderas, la variabilidad climática puede ser un obstáculo importante.

Los ambientes semiáridos, en cambio, tienen un régimen de precipitaciones marcadamente estacional. En algunas de estas áreas, la estación húmeda es el invierno y pueden caer aproximadamente 800 mm anuales de lluvias. En otras, las precipitaciones curren en verano y llegan a los 500 mm anuales. Si bien en los ambientes semiáridos ya existe una estación húmeda más marcada, las precipitaciones varían mucho de año a año. Por estas razones, se practican intensamente las actividades ganaderas y la agricultura bajo riego. Por último, las zonas subhúmedas secas se caracterizan porque no hay tanta variación en las precipitaciones entre distintos años, lo cual posibilita el desarrollo de la agricultura. (Bertonatti, C. y Corcuera, J. 2000).

La distribución de los desiertos en nuestro planeta depende de numerosos factores, tales como la incidencia de los rayos solares (que es mayor en el ecuador que en los polos), la cercanía a los océanos, las características

topográficas, la altitud, los movimientos de las masas de aire y de las corrientes marinas. Las corrientes marinas, en particular, son importantes reguladoras de la temperatura del planeta, pues a través de ellas se distribuye el calor ecuatorial y el frío de los polos. Un ejemplo claro es el efecto de la corriente del Niño como modificador del clima en diversos puntos del planeta, incluyendo el desierto de Atacama (en Chile y Perú), donde normalmente las precipitaciones anuales no superan los 2 mm, salvo en los años que aparece el fenómeno del Niño y las lluvias llegan a destruir las carreteras. Si observamos en un mapa la ubicación de los desiertos, veremos que las zonas de mayor aridez del mundo se encuentran entre los 15° y los 40° de latitud, tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur. Esta aridez se debe al modo de circulación de las capas más bajas de la atmósfera, donde las masas de aire sufren repentinos descensos y entran en contacto con las altas temperaturas del suelo. Además, en estas latitudes se encuentran las zonas de elevadas presiones que separan los vientos polares del oeste y los tropicales del este, por lo cual sólo raramente ocurren las alteraciones, asociadas con las bajas presiones, que suelen causar lluvias.

Debido a la diversidad de factores climáticos, geológicos y humanos que actúan en los ambientes desérticos, podemos decir que no todos los desiertos son igualmente áridos. Para comprender mejor esta diversidad, se crearon índices biológicos y climáticos que permiten medir la aridez de los ambientes. Utilizando estos índices se definieron los ambientes hiperáridos, áridos, semiáridos y áridos subhúmedos del mundo.

Los ambientes hiperáridos cubren el 7,5% de la superficie terrestre. En estas áreas, las precipitaciones son sumamente escasas y muy variables, tanto entre años como dentro de un mismo año. Así, pueden pasar años enteros sin lluvias. Debido a estas características de aridez extrema, estas regiones ofrecen muchas limitaciones para el asentamiento del hombre y el desarrollo de sus actividades.

En las zonas áridas, la precipitación media anual puede superar los 200 mm. En estas regiones, si bien es posible realizar actividades ganaderas, la variabilidad climática puede ser un obstáculo importante. Los ambientes semiáridos, en cambio, tienen un régimen de precipitaciones marcadamente estacional. En algunas de estas áreas, la estación húmeda es el invierno y pueden caer aproximadamente 800 mm anuales de lluvias. En otras, las precipitaciones ocurren en verano y llegan a los 500 mm anuales. Si bien en los ambientes semiáridos ya existe una estación húmeda más marcada, las precipitaciones varían mucho de año a año. Por estas razones, se practican intensamente las actividades ganaderas y la agricultura bajo riego.

Por último, las zonas subhúmedas secas se caracterizan porque no hay tanta variación en las precipitaciones entre distintos años, lo cual posibilita el desarrollo de la agricultura. (Campos, C. y De Pedro, M. 2001)

Las características geológicas, climáticas y de vegetación de los ambientes desérticos cálidos son muy variables. Estos se asientan sobre formaciones geológicas de diferente naturaleza y edad, con una gran estabilidad cortical o, por el contrario, con una marcada actividad neotectónica. Los climas de los desiertos son muy variables y se caracterizan generalmente por una escasa precipitación y elevadas temperaturas con una acusada amplitud diurna. La vegetación es rala y escasa o no existe y su metabolismo se adapta a las rigurosas condiciones climáticas. El agua la obtienen fundamentalmente a través de su sistema radicular, que en ocasiones penetra hasta más de 20 m de profundidad.

Por otra parte, los medios desérticos son zonas poco favorables para el hombre por sus climas extremos y por la escasez o ausencia de agua y alimentos. La actividad del hombre en estas áreas es muy diferente, ya que hay zonas carentes de población, mientras que otras se encuentran densamente habitadas. Es importante señalar que el 15% de la población mundial vive en estas regiones.

Además, el crecimiento de la población es muy grande en muchas de estas zonas, con incrementos del 50% o más en los últimos cincuenta años. Se estima que la población alcanzará 1.200 millones de personas en el año 2000. Por consiguiente, la utilización por el hombre de los escasos recursos hídricos y vegetales conduce a la generación de numerosos problemas ambientales de difícil y costosa resolución (Cooke et al., 1982)

Correlación de los parámetros meteorológicos, características edafológicas, fisiográficas, climáticas de México

Los parámetros meteorológicos secundarios analizados son: altura de la capa de mezcla convectiva y mecánica, velocidad convectiva de escala, flujo de calor superficial, longitud de Monin Obukhov y velocidad de fricción a partir de los datos de superficie: dirección del viento, velocidad del viento, temperatura, presión, humedad relativa, tasa de precipitaciones, radiación solar (Turtos, 2007).

La precipitación es la variable más importante y se mide utilizando pluviómetros y pluviógrafos. La lluvia recogida en esos aparatos se mide volumétricamente y luego es transformada a precipitación equivalente en milímetros. Para ello se divide el volumen entre el área de captación. Existen muchos tipos y formas de pluviómetros y en realidad cualquier recipiente de área superficial conocida sirve para el propósito, sin embargo, para poder hacer comparaciones válidas, su forma se ha estandarizado. Los pluviómetros estándar tienen un área de captación de 200 cm² (Lorente J., 1945).

El registro de la lluvia puede realizarse en base a peso, volumen y altura de la lámina precipitada. Los pluviómetros basados en peso, registran en un gráfico el peso acumulado del agua precipitada. Por su parte los basados en volumen, registran el volumen precipitado en forma gráfica o digital. Los pluviógrafos más populares en la actualidad son los de sifón y los de balancín. Cada movimiento del balancín produce un impulso mecánico que es registrado en el aparato. Estos

aparatos pueden construirse para que tengan una precisión de 0.1 mm. La figura C4 muestra un pluviógrafo de balancín con conexión para un "datalogger". La figura C2 muestra un pluviógrafo de peso y la C4 un pluviógrafo registrador de cinta perforada (Ayllón T., 1983).

La humedad relativa se mide con el sigrómetro el cual es un aparato que tiene dos termómetros: de bulbo seco y bulbo húmedo. La humedad se calcula con las lecturas de ambos termómetros. Para registrar continuamente la humedad, se utilizan los termohigrógrafos y las sondas de humedad. Estas últimas se utilizan con las estaciones automáticas las cuales registran la información en un datalogger (P. Cole John, 1981).

La radiación solar se mide con actinógrafos o piranómetros. En la actualidad las estaciones automáticas usan piranómetros que envían los datos a un datalogger. Existen radiómetros totales y de radiación neta. La insolación se mide con el heliógrafo el cual es un aparato que utiliza una esfera de cristal que quema una banda la cual registra las horas de sol. En la actualidad estos aparatos están en desuso debido a que la información suministrada es reemplazada por la radiación solar. La velocidad y dirección del viento se miden con anemómetros y veletas. Actualmente se usan los anemógrafos y veletas registradores, los cuales registran los datos en un datalogger. (García E., 1980).

La humedad del suelo es una variable muy importante en análisis hidrológicos. Por lo general no se mide sistemáticamente, sino que se utiliza en casos especiales tales como: investigación de riego y drenaje, para control de sistemas de riego, como valor inicial para pruebas de infiltración, para determinación de la evapotranspiración y para determinación de parámetros de retención de humedad del suelo. En hidrología, la humedad del suelo se determina para validar modelos de simulación y como valor inicial para determinar la infiltración (Gómez Morales S. B. y Arteaga Ramírez Ramón, 1987).

Variables meteorológicas

Viento

Para comprender algunas características del comportamiento de la circulación de los vientos en las áreas de estudio, es necesario explicar previamente algunos fenómenos (a escala global, regional y local) que pueden influenciar en mayor o menor grado dicho comportamiento.

Circulación en los trópicos

Cerca de la superficie del globo, en la zona tropical, se encuentran vientos del noreste y del sureste, denominados alisios. Esta convergencia cerca del ecuador forma la Zona de Confluencia Intertropical. En esta zona, por efecto de esta misma convergencia y por el calentamiento diurno, las masas de aire ascienden hasta altitudes altas y en ocasiones pueden llegar a alcanzar el tope superior de la troposfera (capa adyacente a la superficie terrestre. Su límite superior – la tropopausa – alcanza aproximadamente una altura de 18 kilómetros sobre Colombia).

Durante este ascenso se origina la condensación por enfriamiento y por consiguiente la formación de nubes de gran desarrollo vertical, que producen abundantes lluvias y eventualmente tormentas eléctricas y granizo. En la alta troposfera ese aire se aleja del ecuador bajo la forma de una corriente de retorno. En el hemisferio Norte, la dirección de esa corriente se orienta progresivamente hacia el sur oriente; en el hemisferio Sur se orienta al nororiente. Estos vientos de retorno se denominan Contralisios.

Precipitación.

Es un fenómeno atmosférico consistente en precipitación acuosa, cuyo diámetro se halla generalmente comprendido entre 0,5 y 7 mm y que caen a una velocidad del orden de los 3 m/s. El volumen de lluvia se mide en milímetros. Un milímetro equivale a un litro de agua por metro cuadrado.

Los dos principales aparatos de medición de la precipitación son el pluviómetro y el pluviógrafo. El primero mide el volumen total de lluvia caída durante el día meteorológico (7 A.M. a 7 A.M. del día siguiente). El segundo es un aparato de registro continuo que permite determinar la intensidad de la precipitación en un intervalo de tiempo dado. (IDEAM, 2001).

La Temperatura

Es de todo conocido que la temperatura es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la atmósfera. De hecho, la información meteorológica que aparece en los medios de comunicación casi siempre incluye un apartado dedicado a las temperaturas: sabemos que la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y otra, y también entre una ubicación geográfica y otra. En invierno puede llegar a estar bajo los 0° C y en verano superar los 40° C.

Formalmente, la temperatura es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Cuanta mayor agitación presenten éstas, mayor será la temperatura.

Efectivamente, en Meteorología es muy habitual hablar de temperaturas máximas y mínimas, los valores más altos y más bajos registrados en un periodo de tiempo, por ejemplo, un día. Para medir estas temperaturas extremas se utilizan los denominados termómetros de máxima y mínima:

- El termómetro de máxima consta de un termómetro ordinario, cuyo tubo tiene interiormente cerca del depósito una estrangulación: cuando la temperatura sube, la dilatación del mercurio del depósito empuja con suficiente fuerza para vencer la resistencia opuesta por la estrangulación. En cambio, cuando la temperatura baja y la masa de mercurio se contrae, la columna se rompe, quedando, por consiguiente, su extremo libre en la posición más avanzada que haya ocupado durante todo el intervalo.

- El termómetro de mínima es de alcohol y lleva en su interior un índice de esmalte sumergido en el líquido. Cuando la temperatura sube, el alcohol pasa entre las paredes del tubo y el índice, y éste no se mueve; en cambio cuando la temperatura disminuye, el alcohol arrastra en su movimiento de retroceso dicho índice porque éste encuentra una resistencia muy grande a salir del líquido. La posición del índice, indica, por tanto, la temperatura más baja alcanzada.

La Presión Atmosférica.

El aire que nos rodea, aunque no lo notemos, pesa y, por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debida a la acción de la gravedad. Esta fuerza por unidad de superficie es la denominada presión atmosférica, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal ($1 \text{ Pascal} = 1 \text{ N/m}^2$).

La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba en la atmósfera nos encontremos, la cantidad de aire por encima de nosotros será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí. El siguiente gráfico muestra los valores promedio de la presión atmosférica en función de la altitud. En él puede apreciarse cómo la presión atmosférica desciende con la altura, mostrando un decrecimiento aproximadamente exponencial.

El Viento.

El viento consiste en el movimiento de aire desde una zona hasta otra. Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura.

En el primer caso, cuando entre dos zonas la presión del aire es distinta, éste tiende a moverse desde la zona de alta presión a la zona de baja presión. Algo similar a lo que ocurre dentro de un tubo de pasta de dientes cuando presionamos en un extremo para hacer salir el dentífrico. Al apretar, lo que producimos es una diferencia de presión entre ese punto y el extremo abierto. Los meteorólogos dirían que se ha producido un gradiente o diferencia de presión entre ambos extremos.

En la atmósfera, existe una relación directa entre presión y viento, lo que hace que los mapas de isobaras, que representan los valores de la presión atmosférica, contengan amplia información sobre la velocidad y dirección del viento.

La Humedad

El agua es uno de los principales componentes de la atmósfera, en la que puede existir como gas, como líquido, y como sólido. La presencia del agua en los tres estados de agregación se debe a que las condiciones físicas (temperatura y presión) necesarias para que se produzcan dichos cambios de estado se dan normalmente en la atmósfera.

La humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Esa cantidad no es constante, sino que dependerá de diversos factores, como si ha llovido recientemente, si estamos cerca del mar, si hay plantas, etc.

Existen diversas maneras de referirnos al contenido de humedad en la atmósfera:

- Humedad absoluta: masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1m³ de aire seco.
- Humedad específica: masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1 kg de aire.
- Razón de mezcla: masa de vapor de agua, en gramos, que hay en 1 kg de aire seco (Banco de la República, 2002).

Las principales fuentes de contaminación atmosférica la constituyen las emisiones derivadas de las actividades de transporte, industriales, extractivas, agrícolas y generación doméstica de calor. Concretamente, en lo que respecta al sector industrial, las centrales térmicas, la industria petroquímica y química, las industrias de sector metalúrgico en general, la industria alimentaria, papelera y del cemento, son sin ningún género de dudas las que dan lugar a los efectos más importantes.

Aunque se han mencionado numerosos contaminantes que afectan a la calidad del aire, suelen ser los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono, las partículas y el dióxido de azufre los cuatro parámetros de control más utilizados.

La emisión de gases y partículas a la atmósfera es un factor determinante de la calidad ambiental de cualquier espacio geográfico y, por lo tanto, de cualquier municipio. Los focos potenciales de contaminación deben ser controlados por las autoridades competentes en la materia para garantizar un adecuado funcionamiento de las instalaciones correspondientes, así como para asegurar la adopción de las medidas correctoras necesarias para lograr una reducción neta de la contaminación y, sobre todo, para hacer que nunca se superen los valores límite de emisión exigidos (Ruiz, F., 1998).

El sistema de monitoreo atmosférico de la ZMVM está integrado por 5 subsistemas operativos: a) la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA); b) la Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA); c) la Red de Depósito

Atmosférico (REDDA); d) la Red Meteorológica (REDMET); y e) la Red de Radiación Solar (REDRAS). Adicionalmente se cuenta con una unidad móvil de monitoreo atmosférico.

En los Estados Unidos de América, las partículas suspendidas totales (PST) han dejado de ser un parámetro para fines de evaluación de la calidad del aire, ya que en su lugar se emplean las PM10. En México se decidió mantener en vigor la norma de protección a la salud para PST, por lo cual continúa su medición y reporte como un indicador del avance en el control de las partículas de mayor tamaño (PUCC, 2002)

En México, existen diversos estudios sobre la contaminación del aire en México que identifican los efectos nocivos de ésta sobre la salud de la población (Bell et al., 2006) sin embargo, hay escasas evaluaciones sobre la efectividad de las políticas de control y prevención de la contaminación del aire (INE et al 2003). Las evaluaciones que existen, sobre todo en los programas de calidad del aire (PROAIRES) describen las características de las zonas metropolitanas en estudio, realizan un diagnóstico de la calidad del aire, explican en qué consiste el inventario de emisiones de contaminantes y establecen lineamientos de política programando tiempos para realizar cada objetivo (INE, 2000). Estos programas, sin embargo, no evalúan las políticas de control y prevención de la calidad del aire, y tampoco determinan si estas políticas han alcanzado sus objetivos.

Las emisiones en el sector industrial abarcan una amplia gama de actividades y reflejan las fuentes sin combustión de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Las emisiones derivadas de la combustión para el sector industrial están cubiertas en el sector de Quema de Combustible Residencial, Comercial e Industrial. Los procesos industriales que existen en Coahuila y para los cuales las emisiones se estiman en este inventario, incluyen lo siguiente: manufactura de cemento, consumo de piedra caliza y cal y sustitutos de sustancias destructoras del ozono-SDO- (usadas en aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado).

En 2005, las emisiones de GEI derivadas de procesos industriales sin combustión se estimaron en alrededor de 9.5 MTmCO₂e. La fuente más grande de emisiones es la producción de hierro y acero, seguido por el consumo de piedra caliza y dolomita. Las emisiones de los procesos industriales del pronóstico y de los usos de productos están proyectadas a alcanzar las 14 MTmCO₂e para el 2025, de las cuales el 55% será generado como resultado de la producción de hierro y acero y otro 40% del consumo del consumo de piedra caliza y dolomita (Nivaldo S., 2005). Los GEIs incluidos en este inventario y pronóstico de emisiones del sector de suministro de electricidad incluyen el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Las emisiones para este sector se estiman en la fuente de combustión – la planta de suministro de energía eléctrica (Ej. emisiones corriente abajo). Las emisiones derivadas de la exploración, extracción, refinación y transporte de combustibles fósiles (Ej. emisiones corriente arriba) no se incluyen en este apéndice. Las emisiones corrientes arriba del sector eléctrico que ocurren dentro de las fronteras de Coahuila se incluyen en el sector Industria de Combustibles Fósiles. También las emisiones de gases de alto potencial de calentamiento global como el hexafluoruro de azufre e hidrofluorocarbonos emitidos por los generadores de electricidad son capturadas dentro del sector de Procesos Industriales

Dentro del sector eléctrico, las emisiones de GEI pueden ser cuantificadas sobre la base de combustibles quemados en el estado durante la generación de electricidad (Ej. estimado basado en la producción). Las emisiones provenientes del sector eléctrico pueden ser caracterizadas en base a la electricidad consumida dentro del estado, el cual capta la generación en el estado, así como las importaciones y exportaciones de electricidad (Ej. estimado basado en el consumo). Ambos tipos de estimaciones son útiles. Las estimaciones basadas en el consumo son particularmente útiles para el análisis de mitigación de GEI cuando se consideran las implicaciones de políticas y acciones que podrían impactar las emisiones provenientes de las plantas de generación de energía ambas dentro y fuera del estado o región, tales como las medidas de eficiencia de

energía. Con el fin de presentar los resúmenes de las emisiones totales del estado a través de todos los sectores en este reporte, se utilizaron los estimados de las emisiones basadas en el consumo (IDEAM, 2001).

El inventario y pronóstico basados en la producción incluye emisiones que resultan de la electricidad exportada por productores de energía de Coahuila, mientras que el inventario basado en el consumo incluye emisiones provenientes de la electricidad importada y excluye las emisiones de la electricidad exportada. Como Coahuila ha sido un exportador neto de electricidad durante muchos años, las estimaciones del inventario basadas en la producción son más altas que las estimaciones del inventario basadas en el consumo. El inventario y pronóstico basado en el consumo supone alguna pérdida por transmisión & distribución (T&D) y robo. Las emisiones originadas por la pérdida y robo en T&D son intrínsecamente captadas dentro de las estimaciones basadas en la producción.

Los GEIs incluidos en este inventario y pronóstico de emisiones del sector de suministro de electricidad incluyen el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Las emisiones para este sector se estiman en la fuente de combustión – la planta de suministro de energía eléctrica (Ej. emisiones corriente abajo). Las emisiones derivadas de la exploración, extracción, refinación y transporte de combustibles fósiles (Ej. emisiones corriente arriba) no se incluyen en este apéndice. Las emisiones corrientes arriba del sector eléctrico que ocurren dentro de las fronteras de Coahuila se incluyen en el sector Industria de Combustibles Fósiles. También las emisiones de gases de alto potencial de calentamiento global como el hexafluoruro de azufre e hidrofluorocarbonos emitidos por los generadores de electricidad son capturadas dentro del sector de Procesos Industriales (GEI, 2005).

Dentro del sector eléctrico, las emisiones de GEI pueden ser cuantificadas sobre la base de combustibles quemados en el estado durante la generación de electricidad (Ej. estimado basado en la producción). Las emisiones provenientes del sector eléctrico pueden ser caracterizadas en base a la electricidad consumida

dentro del estado, el cual capta la generación en el estado, así como las importaciones y exportaciones de electricidad (Ej. estimado basado en el consumo). Ambos tipos de estimaciones son útiles. Las estimaciones basadas en el consumo son particularmente útiles para el análisis de mitigación de GEI cuando se consideran las implicaciones de políticas y acciones que podrían impactar las emisiones provenientes de las plantas de generación de energía ambas dentro y fuera del estado o región, tales como las medidas de eficiencia de energía. Con el fin de presentar los resúmenes de las emisiones totales del estado a través de todos los sectores en este reporte, se utilizaron los estimados de las emisiones basadas en el consumo.

El inventario y pronóstico basados en la producción incluye emisiones que resultan de la electricidad exportada por productores de energía de Coahuila, mientras que el inventario basado en el consumo incluye emisiones provenientes de la electricidad importada y excluye las emisiones de la electricidad exportada. Como Coahuila ha sido un exportador neto de electricidad durante muchos años, las estimaciones del inventario basadas en la producción son más altas que las estimaciones del inventario basadas en el consumo. El inventario y pronóstico basado en el consumo supone alguna pérdida por transmisión & distribución (T&D) y robo. Las emisiones originadas por la pérdida y robo en T&D son intrínsecamente captadas dentro de las estimaciones basadas en la producción (INEGI, 2009).

Incertidumbres Principales y Necesidades de Investigación

Las fuentes principales de incertidumbre y las necesidades de investigación que subyacen en las estimaciones anteriores son las siguientes:

- La piedra caliza y el consumo de dolomita para aplicaciones químicas derivadas de la liberación de CO₂ están relacionadas con varios segmentos de la industria incluyendo la agricultura, producción química, fabricación de vidrio, control de

contaminación ambiental e industria metalúrgica. Por ejemplo, la piedra caliza y la dolomita son usadas para ajustar el pH en suelos agrícolas o pueden ser usados como piedras de flujo o purificadores en el refinado de metales, como el hierro. Una estimación ordinaria de la emisión fue preparada con base en la producción de estos minerales. Este enfoque no contempla la piedra caliza triturada consumida para la construcción de calles u otros usos que no generan emisiones de CO₂. Este enfoque es provisorio mientras que los métodos más exactos son desarrollados o los nuevos datos de la actividad son recopilados de las estadísticas económicas y/o encuestas de la industria.

- Debido a que las emisiones de los procesos industriales están determinadas por el nivel de producción y por los procesos de producción de unas pocas industrias claves, existe incertidumbre relativamente alta en cuanto a las emisiones futuras de la categoría de procesos industriales como un todo. Las emisiones futuras dependen de la competitividad de los productores de Coahuila en estas industrias y de la naturaleza específica de los procesos de producción usados en Coahuila. Las emisiones del pronóstico basadas en los datos económicos o en los datos de desempeño de la industria son por lo general más confiables que aquellos basados en tendencias históricas. El uso de datos económicos relevantes en este análisis pintará probablemente un mejor cuadro de emisiones de pronóstico.

- La incertidumbre significativa proviene del método adoptado para calcular las emisiones de GEI de los sistemas de aire acondicionado móviles. Éstos fueron calculados para Coahuila según el enfoque descrito en el inventario de GEI de 2005 para Baja California. (Mario Molina, 2007). Aunque este enfoque se desvíe de la metodología perfilada en las Directrices de 2006 del PICC para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, esto permitió la cuantificación de las emisiones sustitutas de SDO. De acuerdo a las directrices del PICC de 2006, estimaciones más precisas se pueden obtener recabando información de los fabricantes/importadores de equipo sobre la carga total de los sustitutos de SDO en los equipos que ellos fabrican o importan. Alternativamente, la información

sobre las ventas puede ser usada para monitorear las fuentes de emisiones más exactamente.

- Debido a la falta de sustitutos de proyección razonablemente específicos, los datos históricos de la tendencia fueron usados para proyectar cambios de nivel de actividad de emisión por procesos industriales múltiples. Hay incertidumbre significativa asociada con (GEI baja california, 2005).

Cualquier proyección, incluso una proyección que supone que las tendencias históricas pasadas continuarán en futuros periodos. Todos los supuestos en el crecimiento deberían ser revisados y corregidos por expertos en la de la industria para reflejar sus experiencias en futuras tendencias sobre todo para la industria productora de cemento, consumo de piedra caliza y dolomita y sustitutos de SDO (Mario Molina, 2007).

Contaminación atmosférica y relación con comportamiento meteorológico.

La contaminación fotoquímica por oxidantes, mejor conocida como “smog”, es realmente la mezcla de diversos compuestos gaseosos y aerosoles, de entre los que destacan el ozono (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y los nitratos (NO₃).

El ozono se ha considerado el representante típico de los oxidantes debido a su mayor porcentaje en la atmósfera urbana y facilidad de medición, aunque también se tienen otros oxidantes de interés como lo son el nitrato de peroxiacetilo (PAN) y el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) estos compuestos y muchos otros subproductos intermedios son producidos fotoquímicamente por la acción de la energía ultravioleta del sol sobre las emisiones de los óxidos de nitrógeno (Nox = NO₂ + NO) resultantes de procesos de combustión a alta temperatura así como de los compuestos orgánicos reactivos (ROG) emitidos a la atmósfera por uso de solventes, evaporación de combustión (Seinfeld, 1989)

Una característica importante de los oxidantes es que éstos no son emitidos directamente a la atmósfera, sino que son formados en el aire a través de complicadas reacciones fotoquímicas, las cuales han sido ya extensamente estudiadas a nivel mundial (FinlaysonPitts, 1986).

La cantidad de oxidantes formados en la atmósfera tiene una dependencia total de la hora del día, las condiciones meteorológicas y de la naturaleza de las fuentes emisoras de precursores como lo son los Nox y los ROG (Seinfeld, 1988).

El ozono existe en forma natural en la atmósfera y en ambientes rurales su presencia se puede deber a dos factores: producción fotoquímica a partir de trazas naturales de monóxido de nitrógeno, metano y monóxido de carbono, o bien a intromisiones de ozono estratosférico a las capas bajas de la troposfera por medio de complicados mecanismos meteorológicos. El ozono “natural” se encuentra en concentraciones promedio de $- 0.05$ ppb (Torres, 1991).

La dispersión es un proceso físico relacionado con el complejo comportamiento del flujo de la máquina térmica atmosférica. Los movimientos atmosféricos se generan debido a:

- A) Gradientes de presión.
- B) Fuerza de Coriolis.
- C) Fuerza centrífuga.

Estas fuerzas provocan la circulación de las masas de aire a nivel planetario, lo que produce la dispersión de los contaminantes por convección forzada y por convección natural (generada por pequeños gradientes locales de temperatura). En el proceso de dispersión de contaminantes a la atmósfera adquiere particular importancia la convección natural. En efecto, los ciclos de calentamiento-enfriamiento asociados con el sol afectan a la capa de aire próxima al suelo dentro de la cual se emite y se dispersan la mayoría de los contaminantes gaseosos (Palmer, t.n., 1999).

Fuentes puntuales múltiples con dirección arbitraria del viento.

La concentración en el punto receptor debido a la emisión de un contaminante gaseoso por múltiples fuentes puntuales se obtiene aplicando el principio de superposición, esto es, sumando la contribución en el punto receptor de cada una de las fuentes puntuales (ya sea para emisión continua o instantánea). Este mismo principio se puede extender a fuentes emisoras lineales y superficiales, observando que éstas pueden dividirse o particionarse en elementos discretos que pueden asimilarse a fuentes puntuales de emisión.

Se ha señalado que el uso de las ecuaciones para fuentes puntuales múltiples implica homogeneidad horizontal de la topografía e isotropía con respecto a la dirección del viento. Homogeneidad horizontal significa que la solución para un determinado par emisor-receptor no está influenciada por un desplazamiento horizontal arbitrario. La isotropía implica que la concentración a una distancia determinada viento abajo es la misma cuando la dirección del viento cambia arbitrariamente, sin cambios en la intensidad del mismo u otras variables meteorológicas (Shelef, G. y Azov 1994).

Sistemas de Monitoreo de Calidad del aire de la Comarca Lagunera

Tanto en la región lagunera de Coahuila como en la de Durango se cuenta con redes específicas de monitoreo de calidad del aire¹². En el caso de Durango, su programa de monitoreo atmosférico fue iniciado en el 2003. En razón de que la Comarca Lagunera se considera como zona altamente industrializada, se tienen ubicadas cuatro estaciones de monitoreo, dos en Gómez Palacio y dos en la ciudad de Lerdo.

Por otra parte, en la ciudad de Torreón se iniciaron las actividades de monitoreo atmosférico en el año de 1982 con el aporte por parte del gobierno federal de 5 muestreadores de alto volumen y 4 muestreadores tipo rack para gases. Los

equipos mencionados operaron continua y sistemáticamente hasta mediados de 1992, cuando se suspendió su operación por falta de recursos.

En mayo de 1996 se llevó a cabo una campaña de estudios preliminares de calidad del aire con equipo móvil de monitoreo atmosférico, cuya finalidad fue efectuar un diagnóstico inicial sobre los tipos y niveles de los contaminantes atmosféricos. En estos años, la SEMARNAT a través del INE dio apoyos mediante insumos, capacitación y asesoría técnica para las actividades de mantenimiento preventivo, manejo de filtros y, en la medida de lo posible, para la rehabilitación de los equipos que forman parte de la red manual.

A cargo de la Secretaría de Ecología Municipal, en la actualidad existen en operación cinco equipos manuales para PST y uno para PM10 así como una estación meteorológica localizada en el Centro Cultural Mijares, que inició operación en febrero de 1999 y que para el mes de marzo de 2004 se complementó con datos de cuatro contaminantes criterio (CO, O3, SO2 y NOX).

También se cuenta con un laboratorio móvil para llevar a cabo campañas específicas de monitoreo ambiental en las ciudades de Torreón y Matamoros, lo cual complementa la información que se genera en las estaciones fijas de monitoreo. Actualmente se muestrean y analizan contaminantes criterio como el monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO2), bióxido de nitrógeno (NO2) y partículas menores a 10 micrómetros (PM10).

Asimismo, en la época de lluvias el lavado atmosférico y las condiciones de humedad relativa inducen a un abatimiento de las concentraciones promedio de PM10 hasta en un 50%. Sin embargo, durante los últimos años no se han presentado las condiciones (precipitaciones) que favorezcan la sedimentación de las partículas de la atmósfera en la parte superior de la superficie terrestre. Además, existe una gran cantidad de poblados y ejidos, e incluso en la misma ciudad, que no cuentan con calles pavimentadas y que con la prevalencia de los

vientos dominantes que están presentes en la Comarca Lagunera (lluvia lagunera) provocan que dichas partículas sean levantadas con gran facilidad provocando tolvaneras. Por otro lado, en la gráfica 3.3 se puede observar la tendencia que tuvieron las partículas de fracción respirable en la estación de Lerdo durante el año 2007. Al igual que en la estación de Gómez Palacio, es en invierno cuando los niveles de este contaminante aumentaron de manera importante y rebasaron la norma ambiental de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SEMAC 2010).

Confinamiento del contaminante dentro de la capa de mezclado.

Los contaminantes liberados en la superficie terrestre son dispersados a través de la capa de mezclado a una velocidad que depende de la intensidad de la actividad convectiva, sin embargo, están confinados por la inversión que hace de barrera impenetrable. A una altura $z = H$ por encima de la superficie terrestre se presenta una capa de inversión que refleja las emisiones gaseosas contaminantes hacia la capa turbulenta ubicada entre el suelo y dicha superficie reflectante (Messen von R., 1995).

Las estimaciones de dispersión de contaminantes de las chimeneas incluyen la consideración de muchos efectos: condiciones meteorológicas promedio y local, la elevación térmica y cantidad de movimiento de la pluma emitida desde la chimenea, la topografía y edificación cercana, y múltiples chimeneas cercanas unas a otras (Foran, J, y B. Glenn. 1993).

Los efectos de la meteorología a corto plazo dentro de un ciclo diurno, de la existencia de capas de inversión y de la transmisión térmica a gran escala, son los más relevantes cuando se estiman las concentraciones gaseosas de las emisiones corta duración, mientras que la meteorología a largo plazo (un mes o un año) es importante para la estimación de concentraciones de material particulado y polvos (Fox, DL. 1993).

Los parámetros atmosféricos son críticos para el uso de modelos de difusión de contaminantes. En efecto, los coeficientes de dispersión que aparecen en las fórmulas Gaussianas, están determinados por el mezclado o poder dispersivo del flujo turbulento dentro de la capa límite atmosférica. Para este propósito, Pasquill propuso un método que permite determinar los coeficientes de dispersión a partir de una clasificación sencilla de las condiciones atmosféricas, definidas como categorías de estabilidad. La ventaja de esta clasificación es que para aplicarla, solamente es necesario utilizar información convencional suministrada por el servicio meteorológico local (José M., 1992).

Variabilidad climática y cambio global del clima.

El clima se puede definir simplemente como el promedio estadístico de las variables físicas del sistema terrestre (temperatura, radiación solar, humedad, presión, precipitación, etc.) en una región o localidad particular. Usualmente se considera que 30 años de datos es un período suficiente para definir el clima de una región, en el que las variables físicas siguen patrones bien definidos año con año. Por otro lado, se dice que se tiene una variabilidad climática cuando los patrones anuales del comportamiento físico se alejan del valor climatológico esperado; es decir, se tiene una variabilidad interanual de las variables. En general, el comportamiento de las variables atmosféricas, oceánicas y de la superficie terrestre es diferente año con año; sin embargo, solo cuando se observan valores extremos, que se alejan mucho del valor climatológico esperado, es cuando la variabilidad climática es importante. Hoy en día se ha podido identificar al evento de El Niño Oscilación del Sur como un fenómeno de escala planetaria que se cree es la causa principal de la variabilidad climática observada en distintas regiones del mundo (Moreno, A.R. y R.U. Carcavallo, 1999).

En forma esquemática, el evento ENOS se caracteriza por un calentamiento excesivo de las aguas superficiales y sub-superficiales del océano Pacífico ecuatorial, el cual transfiere una cantidad considerable de energía, en forma de

calor y humedad, a la atmósfera tropical. Conforme el evento ENOS evoluciona, la temperatura del Pacífico ecuatorial aumenta; esto coincide con la disminución del gradiente de presión superficial y el debilitamiento de los vientos alisios dando lugar a la propagación de ondas oceánicas conocidas como ondas de Kelvin desde Asia hacia América, a lo largo del ecuador. Estos dos factores favorecen la formación de una intensa actividad convectiva de la atmósfera con sistemas de nubes cúmulos y tormentas tropicales muy intensas.

Durante condiciones ENOS los vientos alisios se relajan o incluso se pueden invertir, permitiendo un hundimiento de la termoclina en el Pacífico oriental y una elevación de la termoclina en el occidente. Este proceso reduce drásticamente las urgencias marinas y el aporte de nutrientes a la superficie, con el consecuente colapso en las pesquerías en la región sudamericana. Por otro lado, los conglomerados de nubes (o celda de convección atmosférica) se desplazan hacia la vertiente del Pacífico sudamericano, favoreciendo considerables lluvias que son intensificadas por el forzamiento orográfico de la cordillera de los Andes propiciando desastrosas inundaciones en la región de Ecuador, Perú y Chile (Gay García, C. y L.G. Ruiz Suarez, 1996).

El impacto del evento ENOS en México es menos intenso, que en las regiones tropicales, pero también de grandes consecuencias socioeconómicas como en el resto del mundo. Durante el invierno, la vertiente noroeste experimenta abundantes precipitaciones con temperaturas relativamente altas, ocasionadas por la intrusión de “lenguas de humedad” provenientes del Pacífico central. Cuando estas lenguas de humedad interactúan con frentes de latitudes extra-tropicales, se pueden experimentar desastrosas inundaciones en algunas partes del oeste mexicano (Jáuregui, E., 1995). La contaminación del aire ha sido vinculada a un número de efectos a la salud, en lo que respecta a pulmón y corazón. La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su reporte de salud mundial, (Lancet 2002) estimó que con los niveles actuales de concentración en la atmósfera, la contaminación ocasiona 35 mil muertes prematuras cada año en América Latina.

La investigación durante las últimas décadas ha encontrado una variedad de efectos de los diferentes contaminantes, incluyendo impactos en los sistemas respiratorio, neurológico y cardíaco, así como la promoción de diferentes tipos de cáncer. Algunos subgrupos (e.g. ancianos, asmáticos, niños, personas con enfermedades del corazón) parecen estar en un riesgo mucho mayor por su exposición a la contaminación del aire.

La mayoría de las estimaciones de los beneficios derivados de reducir la contaminación del aire, están basados en los efectos en la contaminación del aire de las denominadas partículas suspendidas (PM), el cual es emitido por vehículos y otras fuentes de combustión. Durante las últimas décadas los científicos han podido conocer que niveles altos de PM ocasionan enfermedad y muerte. Los estudios epidemiológicos de corto y largo plazo publicados en los Estados Unidos y Europa en los años 90, encontraron incluso asociaciones de mayor mortalidad y morbilidad, a niveles mucho más bajos de PM.

Los estudios epidemiológicos más recientes (en particular los análisis de series de tiempo), llevados a cabo en la ciudad de México y en otros lugares de Latinoamérica, han fortalecido mucho más el vínculo entre exposición a PM y mortalidad y morbilidad (Molina L. y Molina M. 2002).

Las concentraciones de contaminantes atmosféricos, que se miden en 6 áreas metropolitanas, muestran que el ozono y las partículas suspendidas, son los contaminantes que más preocupan, afectando a unos 25 millones de residentes. (INE, 2004).

Actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera en calidad del aire.

La emisión de gases y partículas a la atmósfera es un factor determinante de la calidad ambiental de cualquier espacio geográfico y, por lo tanto, de cualquier

municipio. Los focos potenciales de contaminación deben ser controlados por las autoridades competentes en la materia para garantizar un adecuado funcionamiento de las instalaciones correspondientes, así como para asegurar la adopción de las medidas correctoras necesarias para lograr una reducción neta de la contaminación, sobre todo, para hacer que nunca se superen los valores límite de emisión exigidos. En el caso particular de Chiclana de la Frontera, la existencia de focos emisores que puedan afectar a la calidad del aire se va determinar tomando como base las actividades registradas en el Censo del Impuesto de Actividades Económicas (IAE). Una vez definido el conjunto de actividades que se desarrollan en el término municipal, se ha procedido a identificar cuáles de ellas son potencialmente contaminadoras (OMM 1992).

Es importante tener en cuenta que las actividades que resulten de esta comparación no tienen que ser, necesariamente, contaminadoras de la atmósfera, ya que el conocimiento de las empresas censadas se ha obtenido directamente del epígrafe del IAE que le corresponde, sin más descripción de los procesos, tecnologías, métodos o materias primas empleadas (OMS 1995).

Los niveles de inmisión, en general, reflejan la evolución de los contaminantes en la atmósfera y son un reflejo del grado de dispersión y de la forma en que ésta se produce. Lógicamente, el factor primero a considerar son los focos de emisión existentes tanto fijos como difusos y, a continuación, se deberán tener en cuenta todos aquellos factores naturales que contribuyen a la dispersión. Es evidente que conocer la calidad del aire en estos momentos equivale a conocer las concentraciones de los contaminantes que le afectan. Para ello, no existe más alternativa que colocar equipos de medida para un conjunto más o menos amplio de parámetros. En estos momentos, la filosofía de trabajo que se aplica en relación con estos temas es la de crear una red de estaciones de medida en aquellas zonas donde se considera que existen las condiciones más adversas y suponer que en el resto del territorio la situación es siempre mejor (Webster, 1994).

Monitoreo y evaluación de la calidad del aire

Las tres herramientas principales para evaluar la calidad del aire son: monitoreo del ambiente, modelos e inventario o medición de emisiones.

La finalidad última del monitoreo no es simplemente recopilar datos sino proporcionar la información necesaria para que los científicos, los encargados de formular políticas y los planificadores tomen decisiones fundamentadas sobre la gestión y mejoramiento del ambiente. El monitoreo cumple un papel central en este proceso, ya que brinda la base científica necesaria para el desarrollo de políticas y estrategias, el establecimiento de objetivos y la medición del cumplimiento de las metas y medidas coercitivas. No obstante, debe reconocerse que el monitoreo tiene limitaciones (Schwela DH., 1998).

Ningún programa de monitoreo, aunque esté bien fundamentado y diseñado, puede aspirar a cuantificar de manera integral los patrones de contaminación del aire en el espacio y en el tiempo. En muchas circunstancias, las mediciones por sí solas pueden ser insuficientes o impracticables para definir cabalmente la exposición de la población en una ciudad o país. Por ello, el monitoreo a menudo debe usarse conjuntamente con otras técnicas objetivas de evaluación, incluidas la elaboración de los modelos, la medición y la elaboración de inventarios de emisiones, la interpolación y elaboración de mapas. En el mejor de los casos, el monitoreo proporciona una figura incompleta, aunque útil, de la calidad actual del ambiente (UNECE, 1999).

Las circunstancias climatológicas influyen de modo determinante en la dispersión de los contaminantes emitidos a la atmósfera y afectan a las reacciones químicas atmosféricas. Los parámetros de superficie más importantes son: velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, precipitación y radiación solar (Martínez y Romieu, 1997). El viento dispersa los contaminantes y los transporta lejos de su punto de emisión, mientras que su dirección se relaciona con el área

de afectación. La dirección más frecuente del viento en un área dada es uno de los criterios involucrados en la localización de estaciones de monitoreo de contaminantes atmosféricos (Espert y López, 2004).

La gráfica polar consiste en utilizar barras o extensiones que van desde el centro de un círculo hacia un punto determinado que ilustra la dirección del viento y en donde la longitud de cada extensión indicará el porcentaje de tiempo en el que el viento se dirigió hacia esa dirección. La frecuencia de ocurrencia de los vientos se indica para cada sector de dirección que por general son 16 (E, ENE, NE, NNE, W, WNW, NW, NNW, ESE, SE, SSE, S, SSW, N, WSW, SW) y por categoría de velocidad del viento. Comúnmente la clasificación más utilizada para el viento es la Escala Beaufort (Ahrens, 1998).

Por otro lado, la turbulencia atmosférica, que posibilita la mezcla y dispersión de los contaminantes comúnmente se determina a través de su estratificación, que permite clasificar el estatus de la atmósfera en categorías de estabilidad. Una atmósfera inestable favorece el mezclado vertical de contaminantes, mientras que una estable lo inhibe. Una atmósfera neutra no favorece ni impide el mezclado vertical (Espert y López, 2004). Dos métodos empíricos para caracterizar la estabilidad son los de Turner y de Pasquill-Gifford. La estimación se realiza con base en la altura del sol durante el día, la nubosidad, velocidad de los vientos e intensidad de la radiación solar (Pasquill, 1961 y Turner, 1964).

Los avances en el conocimiento de la turbulencia en la atmósfera y los estudios sobre la capa límite o capa de mezcla han ido emparejados a lo largo de todo el siglo XX. En este mismo periodo, von Karman y Prandtl enunciaron la hipótesis de longitud de mezcla para su aplicación directa en la atmósfera utilizando los conceptos de difusividad y de los gradientes de flujo basándose en la analogía con la transferencia molecular. Aunque los resultados de las investigaciones de Kolmogorov se conocieron en el mundo científico occidental años más tarde, en 1941 este investigador hizo una importante contribución al conocimiento de la

turbulencia a pequeña escala y los procesos de transferencia de energía desde las escalas más grandes hasta las más pequeñas. Así, según Kolmogorov, los elementos responsables de la mezcla que tiene lugar en la atmósfera son los remolinos turbulentos, y los movimientos turbulentos están constituidos por perturbaciones de un régimen promedio cuyos tamaños varían de forma continua desde la escala máxima de movimiento hasta la escala viscosa. Dichos remolinos, de enorme eficacia para la mezcla de las propiedades atmosféricas, se originan cerca del suelo como consecuencia del efecto producido por la cizalladura del viento y por el calentamiento del aire en contacto con la superficie terrestre.

La naturaleza de la capa límite condensa una enorme complejidad. En dicha capa, el régimen turbulento domina los movimientos del aire y la activación solar es un factor determinante que regula el ciclo diario de su evolución. Los cambios de sus grados de estabilidad, su capacidad dispersiva y su estructura vertical son algunas de las características que definen y diferencian este estrato de aire de la atmósfera libre (Garratt, 1992).

IV Materiales y Métodos

Los materiales empleados para el desarrollo del presente trabajo se tomaron en consideración las lecturas de las estaciones de monitoreo, la ubicación de las estaciones meteorológicas, con que cuenta la Secretaría del Medio Ambiente de Coahuila, están ubicada en las siguientes direcciones;

Norte= Tecnológico de la Laguna, en cruce con Blvd. Revolución y Calz. Cuauhtémoc.

Ote = Esc. Gral Lucio Blanco, en Ave. Cipreses y Césareo Castro, Col. Jardines de California.

Pte= Esc. Pedro García Estrada, en Ave. Joaquín Mtz Chavarría s/n Colonia Luis Echeverría.

Surponiente= Esc. Emilio Carranza, Ave. Del Trabajo N° 375 Colonia Primero de Mayo.

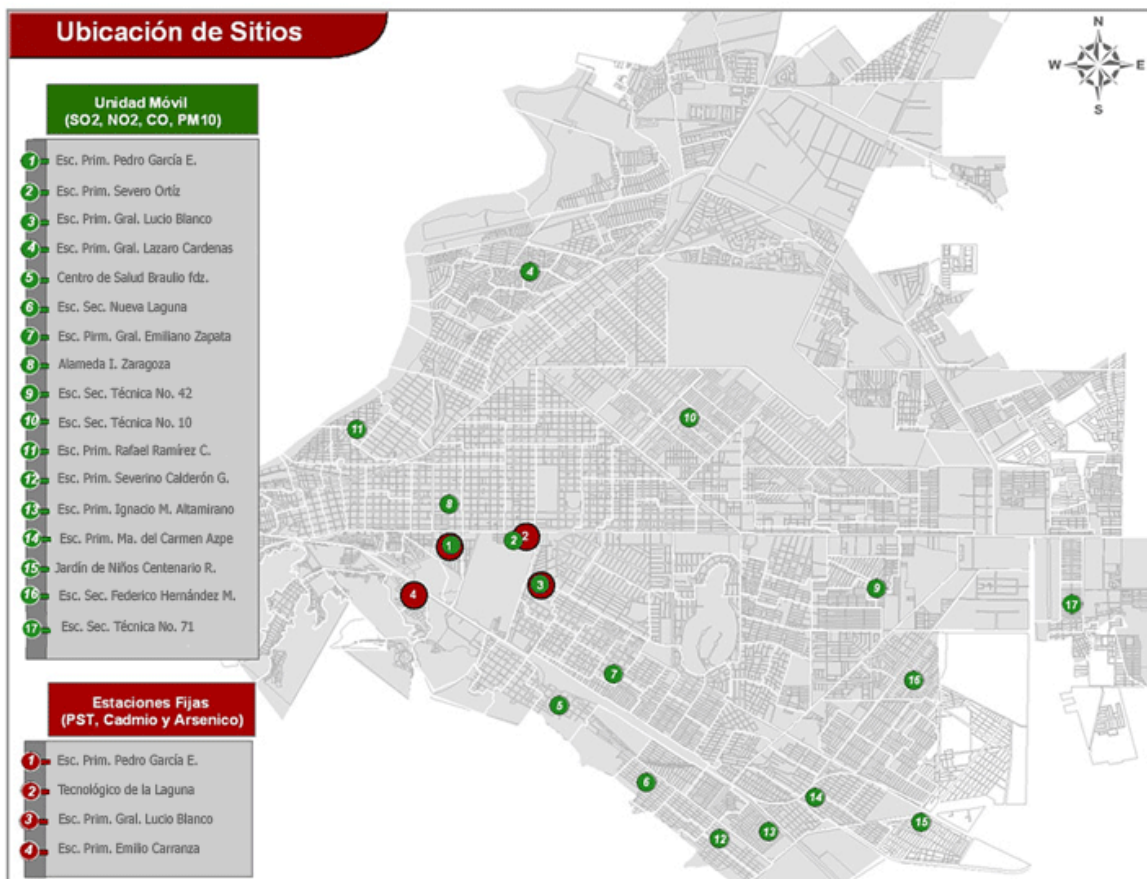
La calidad del aire en la ciudad es una preocupación permanente, ya que los signos más evidentes de la disminución en su calidad, como la menor visibilidad y el incremento en las molestias y enfermedades asociadas a la contaminación, son ya cotidianos en las principales centros urbanos del estado y los coahuilenses en general perciben como serio, debido a lo evidente de este tipo de contaminación.

Sin embargo, más allá de ver el aire sucio, es necesario evaluar de manera cuantitativa su calidad, a través de la medición de los niveles en los que se presentan, tanto espacial como temporalmente. Estas mediciones al ser comparadas con normas nacionales e internacionales se pueden determinar si la calidad del aire es satisfactoria o no, y en este último caso establecer programas de control acordes con la severidad del problema.

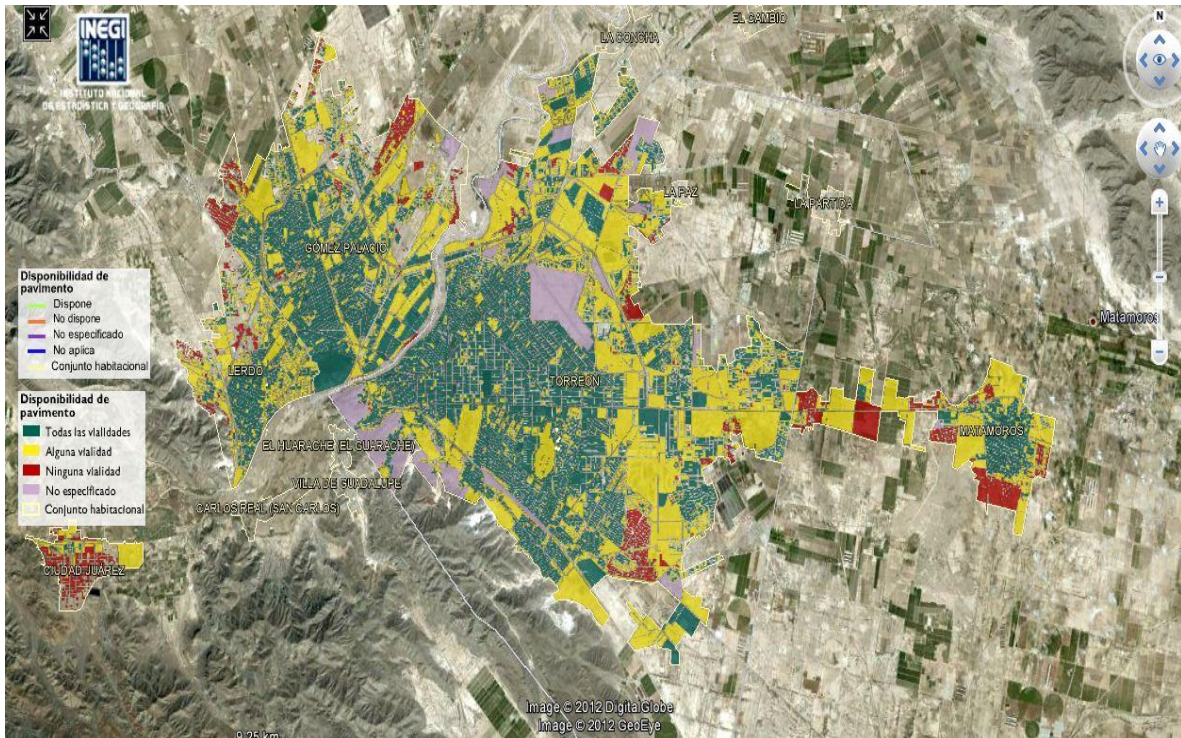
Ante este escenario, la Secretaría de Medio Ambiente del Estado, para garantizar un medio ambiente limpio y sano ha instrumentado un programa de monitoreo de

la calidad del aire para conocer en una primera instancia los niveles de partículas contaminantes y la emisión de gases al medio ambiente, para que la gente goce de un mejor ambiente hoy y garantice esas condiciones en el futuro.

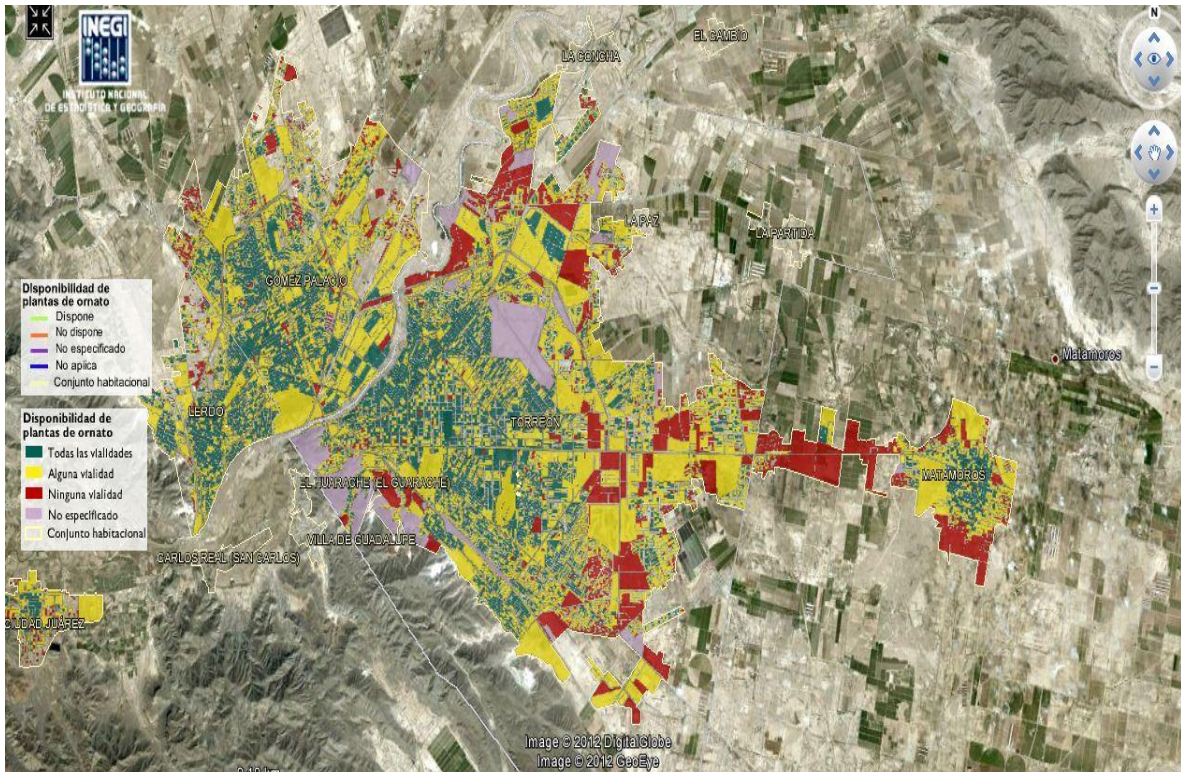
La contaminación del aire es una realidad que enfrentamos los habitantes de, Coahuila; vivir con una atmósfera que recibe cantidades de gases tóxicos es un fenómeno relativamente reciente pues la etapa más destacada en la evolución del deterioro ambiental de la ciudad se circunscribe a los últimos 40 años, y es consecuencia de las emisiones de contaminantes como el CO (monóxido de carbono), NOx (óxidos de nitrógeno), HC (hidrocarburos), SO2 (bióxido de azufre) y Pb (plomo).



Plano de ubicación de los puntos de monitoreo en la zona urbana de la ciudad de Torreón, donde se observa la ubicación de las unidades móviles y fijas.

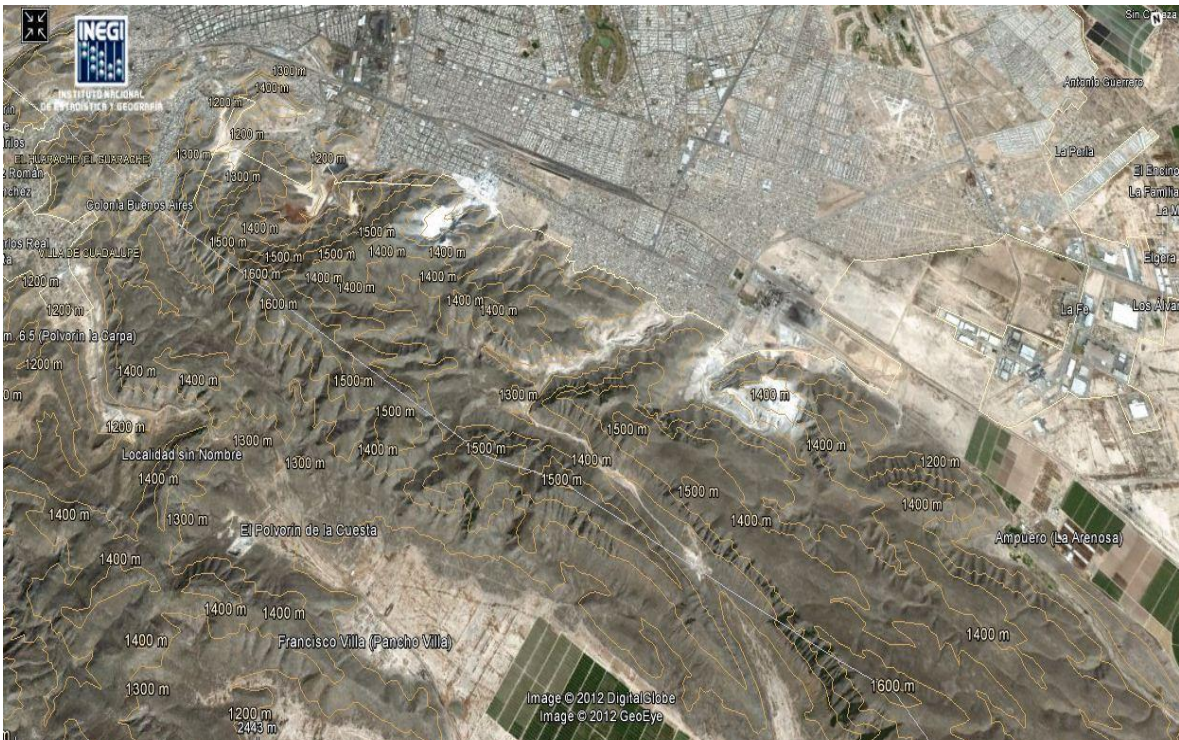
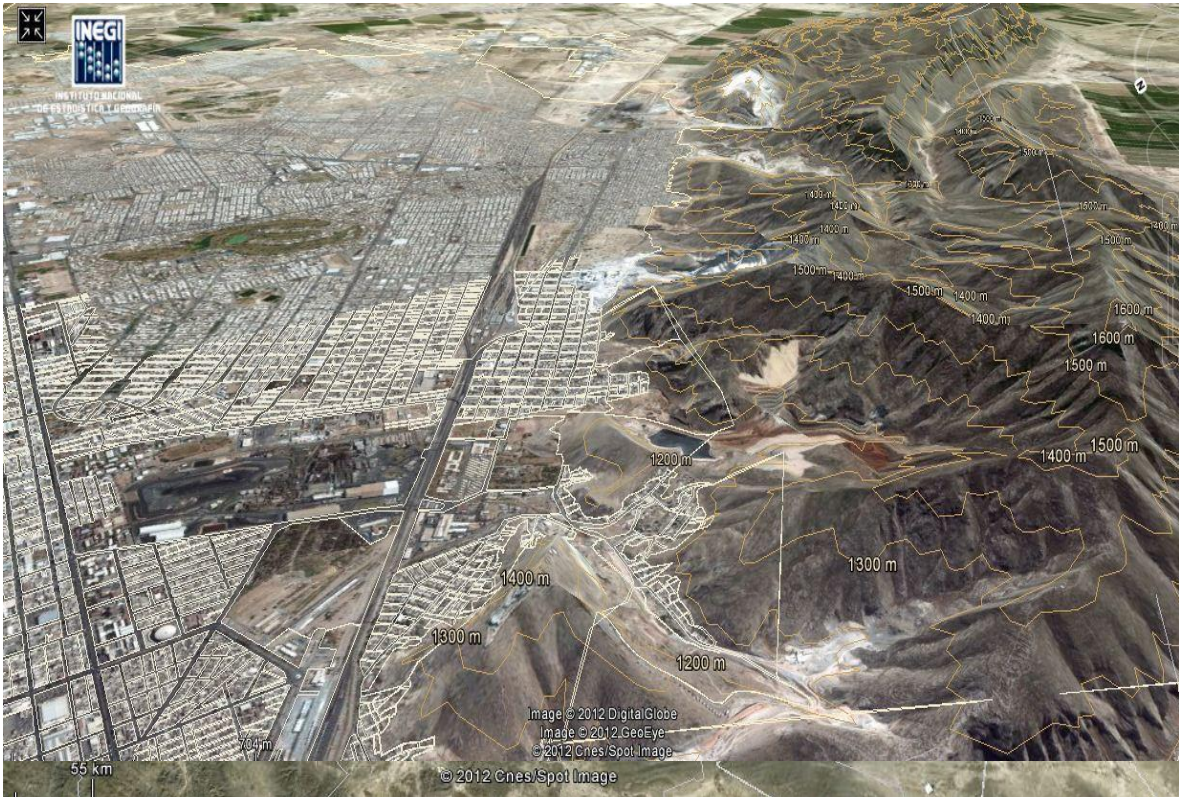


Plano del área urbana de la ciudad de Torreón, donde se señalan las calles que no cuentan con pavimentación, por lo cual es posible que la dirección que llevan los vientos arrastre material particulado a las colonias vecinas.



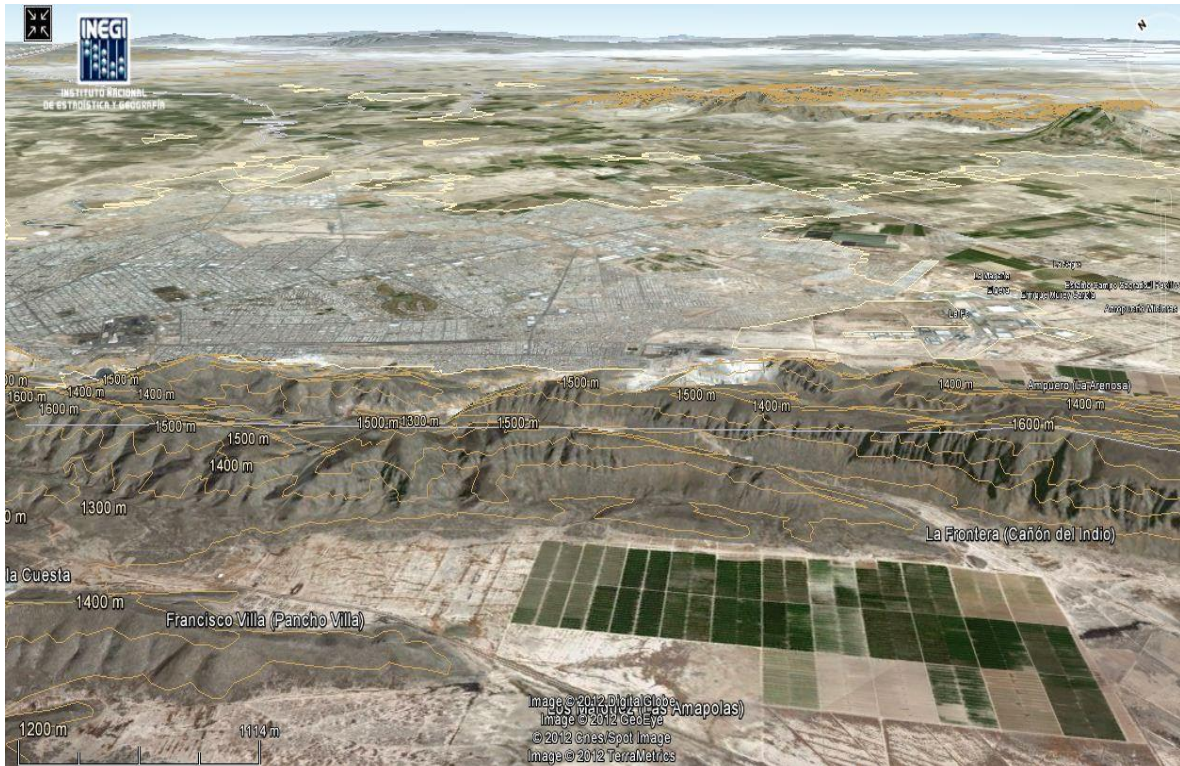
Plano de la mancha urbana de la ciudad de Torreón, donde se señalan las áreas verdes y con plantas de ornato con que cuenta la ciudad. Lo que pudiera a ayudar a la disminución del acarreo de las partículas solidas del suelo al aire por la acción del viento.

Curvas a desnivel.



Planos de la mancha urbana de la ciudad de Torreón, donde se indican las curvas a desnivel, con la finalidad de conocer las alturas de los cerros y cordillera que limitan a la mancha urbana hacia el sur de la ciudad.

Altura de la capa de mezcla a 1500 mt.



Mapa de la mancha urbana de la ciudad de Torreón, el cual nos indican la altura de la capa de mezcla y curvas a desnivel que tiene la ciudad. La capa de mezclado tiene una altura de 1500 metros, la cual es la altura máxima de los cerros que rodean la ciudad.



Mapa de la ciudad de Torreón y, los ejidos que se ubican en sus cercanías.

Monitoreo 2007

AD: TORREÓN		Norte= Tecnológico de la Laguna Blvd. Revolución y Calz. Cuauhtemoc				Ote = Esc. Gral Lucio Blanco Ave. Cipreses y Césareo Castro Col. Jardines de California				Pte= Esc. Pedro García Estrada Ave. Joaquín Mtz Chavarría s/n Colonia Luis Echeverría				Surpte= Esc. Emilio Carranza Ave. Del Trabajo N° 375 Colonia Primero de Mayo			
		Contaminantes				Contaminantes				Contaminantes				Contaminantes			
	Fechas de Monitoreo	PST	Plomo	Cadmio	Arsenico	PST	Plomo	Cadmio	Arsenico	PST	Plomo	Cadmio	Arsenico	PST	Plomo	Cadmio	Arsenico
1	Mar-Mier 20-21 de Febrero-2007	176,40	0,037	0,002	0,011	214,70	0,601	0,067	0,062	175,00	0,035	0,002	0,014	SM	SM	SM	SM
2	Lun-Mar 26-27 de Febrero-2007	199,90	0,300	0,026	0,024	151,80	0,273	0,032	0,023	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
3	Dom-Lun 4-5 de Marzo-2007	189,80	0,032	0,002	0,010	218,60	0,066	0,005	0,013	163,50	0,052	0,003	0,013	SM	SM	SM	SM
4	Sab-Dom 10-11 de Marzo-2007	235,60	0,024	0,001	0,001	204,80	0,059	0,005	0,005	200,50	0,040	0,004	0,001	SM	SM	SM	SM
	Promedio Feb-Mar	200,43	0,098	0,008	0,012	197,48	0,250	0,027	0,026	179,67	0,042	0,003	0,009	SM	SM	SM	SM
5	Vie-Sáb 20-21 de Abril-2007	180,50	0,022	0,002	0,001	184,20	0,099	0,008	0,008	207,30	0,074	0,006	0,003	190,90	0,246	0,012	0,011
6	Jue-Vie 26-27 de Abril-2007	211,60	0,036	0,002	0,012	334,50	0,140	0,01	0,014	237,60	0,140	0,01	0,012	251,30	0,740	0,044	0,050
7	Mie-Jue 02-03 de Mayo-2007	60,00	0,018	0,002	0,002	72,90	0,022	0,002	0,002	212,50	0,053	0,003	0,006	168,90	0,173	0,010	0,010
8	Mar-Mie 08-09 de Mayo-2007	293,30	0,045	0,004	0,005	250,80	0,048	0,003	0,006	304,00	0,138	0,009	0,012	245,30	0,404	0,015	0,022

	Promedio Abr-May	186,35	0,030	0,003	0,005	210,60	0,077	0,006	0,013	240,35	0,101	0,007	0,008	214,10	0,391	0,020	0,023
9	Jue-Vie 23-24 de Ago-2007	70,10	0,033	0,002	0,001	89,00	0,202	0,016	0,005	104,90	0,210	0,016	0,010	100,50	0,820	0,020	0,020
10	Mie-Jue 29-30 de Ago-2007	SM	SM	SM	SM	112,80	0,169	0,061	0,013	72,50	0,047	0,004	0,004	80,00	1,117	0,138	0,022
11	Mar-Mié 4-5 de Sep-2007	88,30	0,022	0,001	0,001	93,50	0,025	0,002	0,003	70,70	0,100	0,006	0,003	100,00	0,580	0,009	0,016
12	Lun-Mar 10-11 de Sep-2007	SM	SM	SM	SM	96,10	0,022	0,001	0,013	104,90	0,210	0,016	0,010	88,90	0,511	0,031	0,014
	Promedio Ago-Sept	79,20	0,028	0,002	0,001	97,85	0,105	0,020	0,009	88,25	0,142	0,011	0,007	92,35	0,757	0,050	0,018
13	Mie-Jue 21-22 Nov-2007	183,80	0,246	0,026	0,018	237,00	0,082	0,006	0,006	275,00	0,477	0,037	0,098	151,30	0,034	0,002	0,007
14	Mar-Mie 27-28 Nov-2007	168,1	0,073	0,007	0,004	243,00	0,106	0,012	0,009	207,10	0,148	0,015	0,013	332,90	0,716	0,063	0,051
15	Lun-Mar 3-4 Dic-2007	118,10	0,034	0,002	0,003	79,40	0,037	0,003	0,007	176,70	0,060	0,004	0,005	223,00	0,200	0,010	0,009
16	Dom-Lun 9-10 Dic-2007	152,40	0,047	0,005	0,007	115,90	0,085	0,007	0,007	163,80	0,189	0,017	0,012	193,90	0,425	0,020	0,023
	Promedio Nov-Dic	155,60	0,100	0,010	0,008	168,83	0,078	0,007	0,007	205,65	0,219	0,018	0,032	225,28	0,344	0,024	0,023
	Límite Máximo Permisible en Microgramos/M3 (NOM-025-SSA1-1993) y (NOM-026SSA1-1993)	210	1,50			210	1,50			210	1,50			210	1,50		

Monitoreo 2008

Contaminantes														Parámetros Meteorológicos				
CIUDAD: TORREÓN			SO ₂		NO ₂		CO		PM ₁₀		O ₃		Viento		Temp° C	Humedad Relativa %	Radiación W/m ²	Presión Barométrica mmHg
No. Sitio	Nombre del Sitio	Fecha de Monitoreo	Prom. de 24 hs (ppm)	IMECAS	Máxima Horaria (ppm)	IMECAS	Máxima Horaria Móvil (ppm)	IMECAS	Prom. de 24 hs (µ/m ³)	IMECAS	Máxima Horaria (ppm)	IMECAS	Prom. de 24 hs Vel. m/s	Dirección	Prom. de 24 hs	Prom. de 24 hs	Prom. de 24 hs	Promedio de 24 hs
1	Escuela Primaria Profr. Severino Calderón G. Ave. José Carrillo Machado y Guanajuato. Col. Las Luisas.	8-9/04/08	0.007	5.38	0.033	15.71	2.251	20.46	138	109	SM	SM	2.487	203.764	29.734	10.92	334.695	665.083
2	Escuela Primaria Ignacio Manuel Altamirano, Englantinas y Lilas, Col. Las Dalías	10-11/04/08	0.012	9.23	0.036	17.14	0.758	6.89	171	125.5	SM	SM	2.497	233.327	30.282	10.323	479.592	665.5
3	Jardín de Niños Centenario Rotario, Lago Erie y Lago Superior, Col. Zaragoza Sur.	6-7/05/08	0,002	1.54	0.025	11.9	0.433	3.94	297	188.5	SM	SM	5.133	189.963	33.507	18.575	339.345	666.667
4	Escuela Primaria M° del Carmen Azpe Pico. Ave. Primavera N° 1100. Col. Nueva Merced.	7-8/05/08	0.007	5.38	0.037	17.62	2.443	22.21	SM	SM	SM	SM	2.088	204.010	30.311	17.836	389.822	666.333
5	Escuela Sec. del Edo. Federico Hdz Mireles, Ave. De las Joyas y Cerrada del Rubí, Col. Residencial del Norte.	10-11/06/08	0	0	0.016	7.62	0.125	1.14	76	63.31	SM	SM	1.973	136.194	31.985	44.278	396.599	666.667

6	Jardín de Niños Frida Kalo, Calle del Remate s/n, Col. Prados del Oriente	11-12/06/08	0,001	0.77	0.029	13.81	1.508	13.71	SM	SM	SM	SM	2.277	117.312	33.314	40.357	447.609	666.5
7	Esc. Sec. Técnica N° 71, Calle Nado s/n, esq. Valle Ote, Col. Valle Oriente	16-17/06/08	0.001	0.77	0.032	15.24	0.348	3.16	67	55.81	SM	SM	3.199	155.97	33.77	34.358	451.296	666.667
8	Escuela Primaria Vicente Valdés Valdés. Calle Cerro de la Iglesia s/n, Col. Residencial Nazas	18-19/06/08	0	0	0.035	16.67	0.891	8.1	98	81.63	SM	SM	3.905	125.133	33.221	36.384	437.961	666.833
9	Escuela Primaria Francisco Luis Urquiza, Calle Aveñanal esq. Ave. Allende, Col. Arboledas	19-20/06/08	0	0	0.025	11.9	0.5	4.55	115	95.8	SM	SM	3.332	146.255	33.653	34.91	423.607	666.583
10	Escuela Secundaria Nueva Laguna. Calz. Lázaro Cárdenas y Ave. Epifanio Zúñiga. Col. Lázaro Cárdenas.	30-01/07/08	0.001	0.77	0.027	12.86	2.291	20.83	90	74.97	SM	SM	2.486	132.981	31.024	55.932	416.537	666.167
11	Escuela Primaria Gral. Emiliano Zapata. Ave. Sexta y Calle Q s/n. Col. Narciso Mendoza.	19-20/08/08	0	0	0.029	13.81	0.255	2.32	46	38.32	SM	SM	2.457	127.28	29.933	59.023	425.524	666.5
12	Escuela Primaria Leonila Giamattei Ramos. Bernardo Cobos N° 150. Col. Fidel Velázquez.	2-3/09/08	0	0	0.014	6.67	0.171	1.55	64	53.31	SM	SM	2.446	110.495	27.77	69.482	341.954	666.583

13	Escuela Primaria Gral. Lucio Blanco. Ave. Cipreses y Calz. Césareo Castro s/n. Col. Jardines de California.	22-23/10/08	0.003	2.31	0.056	26.67	3.607	32.79	83	69.14	SM	SM	1.809	134.835	25.025	50.306	288.63	666.25
14	Escuela Secundaria Técnica N° 83. Tabachines y Sicomoros s/n. Col. Torreón Jardín.	23-24/10/08	0.006	4.62	0.046	21.9	1.236	11.24	96	79.97	SM	SM	1.792	172.707	23.766	54.234	261.607	666.333
15	CONALEP Plantel Torreón. Calz. J. Vasconcelos y Azuay s/n. Col. La Merced II.	28-29/10/08	0.001	0.77	0.034	16.19	0.46	4.18	43	35.82	SM	SM	2.343	199.466	21.595	48.544	783.28	666.583
16	Escuela Primaria Profr. Manuel López Gotilla. Ave. Francisco I. Madero. Col. La Merced.	29-30/10/08	0.004	3.08	0.041	19.52	2.135	19.41	107	89.13	SM	SM	1.864	139.414	20.769	51.019	247.013	666.5
17	Escuela Primaria Severo Ortiz de la Rosa. Nazario Ortíz Garza s/n. Col. Luis Echeverría	3-4/11/08	0.004	3.08	0.038	18.1	2.498	22.71	91	75.8	SM	SM	1.777	175.06	23.404	44.361	298.826	666.25
18	Escuela Primaria Lázaro Cárdenas. Ave. Sexta s/n esq. Calle F. Col. Eduardo Guerra.	5-6/11/08	0.018	13.85	0.044	20.95	1.856	16.87	93	77.47	SM	SM	1.789	184.77	25.221	36.926	267.234	666.083
19	Escuela Primaria Federal Pedro García Estrada. Ave. Joaquín Martínez Chavarría N° 290. Col. Luis Echeverría.	6-7/11/08	0.007	5.38	0.031	14.76	2.795	25.41	68	56.64	SM	SM	1.926	199.893	22.779	46.572	284.995	666

20	Escuela Primaria Justo Sierra. Ave. Metalúrgica y calle Metalúrgica s/n. Col. Justo Sierra.	10-11/11/08	SM	SM	0.158	75.24	0.276	2.51	33	27.49	SM	SM	2.206	220.775	24.427	34.89	263.937	664.5
21	Escuela Secundaria Profr. Braulio Contreras. Ave. Alejandro Casas s/n. Col. Compresora.	11-12/11/08	0.004	3.08	SM	SM	1.896	17.24	52	43.32	SM	SM	1.822	208.589	22.269	35.728	285.333	665
22	Escuela Primaria Victoriano Zepeda. Ave. Metalúrgica N° 344. Col. Vencedora.	13-14/11/08	0.05	38.46	SM	SM	1.814	16.49	87	72.47	SM	SM	1.471	139.699	19.472	39.472	221.588	665.917
23	Escuela Primaria Nazario Ortiz Garza. José Cueto N° 100. Col. Ampl. Los Angeles.	18-19/11/08	0.006	4.62	0.049	23.33	1.855	16.86	100	83.3	SM	SM	1.628	166.493	16.707	43.697	251.85	665.75
24	Escuela Primaria Popular N° 1. Ave. Flores Magon y 6 de Julio s/n. Col. Martínez Adame.	19-20/11/08	0.02	15.38	0.06	28.57	4.319	39.26	110	91.63	SM	SM	1.591	169.285	17.412	45.853	305.663	665.5
25	Alameda Gral Ignacio Zaragoza. Calle González Ortega y Morelos. Zona Centro.	20-21/11/08	0.006	4.62	0.046	21.9	3.754	34.13	105	87.47	SM	SM	1.744	184.406	17.228	53.797	248.26	665.667
26	Escuela Secundaria Gral. N° 10 Netzahualcóyotl. Calz. Moctezuma y Quetzalcoatl s/n. Col. Tierra y Libertad.	24-25/11/08	0.003	2.31	0.045	21.43	0.802	7.29	89	74.14	SM	SM	1.676	123.403	21.025	57.106	233.782	666.5

27	CETIS N° 83. Carretera Torreón - San Pedro N° 243. Zona Industrial.	25- 26/11/08	0.001	0.77	0.032	15.24	1.156	10.51	100	83.3	SM	SM	1.742	162.375	19.577	60.126	242.053	666.333
28	.Escuela Primaria Gral. Lázaro Cárdenas del Rio. Blvd. Las Águilas s/n. Col. Alameda.	27- 28/11/08	0.004	3.08	0.029	13.81	3.465	31.5	152	116	SM	SM	1.735	171.117	22.578	44.813	236.797	666.167
	Límite Máximo Permissible		0.13 ppm NOM- 022-SSA1-1993	0.21 ppm NOM- 023-SSA1-1993	11.0 ppm NOM- 021-SSA1-1993	120 Microgramos/m ³ NOM -025-SSA1-1993	0.11 ppm NOM- 020-SSA1-1993											

Prom. Abr-May	134	0.073	0.009	2.115	0.009	0.005	185	0.136	0.016	2.245	0.023	0.008	127	0.143	0.001	1.189	0.013	0.009	192	0.087	0.008	1.534	0.009	0.005	29	36	665	SE	2.3	
9 25-26/06/09	100	0.005	0.001	1.938	0.002	0.006	107	0.224	0.017	1.303	0.009	0.001	117	0.246	0.012	1.779	0.008	0.009	106	0.083	0.012	2.267	0.005	0.008	28	59	666	S	1.6	
10 01-02/07/09	104	0.023	0.008	2.823	0.002	0.005	121	0.033	0.008	2.358	0.002	0.004	S	SM	SM	SM	SM	SM	SM	134	0.142	0.017	2.591	0.012	0.008	30	52	666	SE	2.1
Prom. Jun-Jul	102	0.037	0.009	2.381	0.002	0.006	114	0.129	0.013	1.844	0.006	0.007	117	0.246	0.012	1.779	0.008	0.009	120	0.113	0.015	2.429	0.009	0.008	29	55	666	S	1.8	
11 27-28/08/09	122	0.002	0.002	2.388	0.002	0.002	120	0.037	0.002	2.325	0.002	0.002	134	0.457	0.008	3.229	0.029	0.001	122	0.068	0.002	2.239	0.005	0.002	29	43	668	SE	0.9	
12 02-03/09/09	71	0.021	0.001	2.744	0.001	0.001	78	0.048	0.002	1.253	0.002	0.002	61	0.317	0.001	3.591	0.019	0.001	64	0.062	0.001	2.551	0.001	0.001	25	71	669	S	1.4	
13 08-09/09/09	130	0.006	0.003	2.349	0.003	0.005	S	SM	SM	SM	SM	SM	S	SM	SM	SM	SM	SM	SM	90	0.052	0.005	2.238	0.005	0.002	27	65	666	E	1.2
14 14-15/09/09	S	SM	SM	SM	SM	SM	202	0.104	0.028	0.787	0.015	0.011	179	0.139	0.023	1.445	0.015	0.007	S	SM	SM	SM	SM	SM	SM	28	50	668	SE	0.9
Prom. Ago-Sep	108	0.034	0.002	2.494	0.002	0.003	133	0.063	0.011	1.455	0.006	0.005	125	0.304	0.014	2.755	0.021	0.006	92	0.061	0.003	2.343	0.004	0.002	27	57	668	SE	1.1	
15 22-23/10/09	S	SM	SM	SM	SM	SM	181	0.047	0.014	1.534	0.008	0.004	S	SM	SM	SM	SM	SM	S	SM	SM	SM	SM	SM	SM	21	78	665	NE	0.9
16 28-29/10/09	99	0.122	0.002	1.555	0.024	0.017	154	0.002	0.007	1.285	0.003	0.003	59	0.024	0.001	0.255	0.001	0.001	106	0.351	0.024	0.966	0.033	0.009	25	33	660	S	6.1	
17 03-04/11/09	112	0.034	0.006	1.011	0.004	0.002	S	SM	SM	SM	SM	SM	132	0.287	0.018	3.305	0.037	0.001	143	0.062	0.001	1.438	0.009	0.005	19	57	672	E	0.8	
18 09-10/11/09	82	0.022	0.005	2.489	0.002	0.002	S	SM	SM	SM	SM	SM	83	0.222	0.016	1.666	0.019	0.006	90	0.043	0.008	2.629	0.004	0.003	20	60	671	SE	1.3	
19 19-20/11/09	146	0.045	0.008	1.836	0.004	0.003	S	SM	SM	SM	SM	SM	31	0.003	0.008	3.439	0.001	0.001	206	0.069	0.011	1.952	0.005	0.004	19	60	666	SW	1.3	
20 25-26/11/09	S	SM	SM	SM	SM	SM	S	SM	SM	SM	SM	SM	111	0.381	0.016	3.199	0.017	0.007	118	0.025	0.009	2.316	0.002	0.005	16	60	670	SE	1.4	
Prom. Oct-Nov	110	0.056	0.001	1.723	0.009	0.006	168	0.034	0.011	1.401	0.006	0.004	83	0.189	0.012	2.382	0.015	0.005	133	0.101	0.012	1.806	0.011	0.005	20	58	667	SE	2	

21	01-02/12/09	159	0.072	0.01	1.242	0.011	0.004	S	SM	SM	SM	SM	SM	108	0.107	0.014	1.839	0.019	0.006	215	0.12	0.022	1.341	0.021	0.007	12	71	663	S	1.3
22	07-08/12/09	67	0.261	0.028	1.712	0.039	0.018	145	0.041	0.011	0.836	0.01	0.005	39	0.184	0.008	0.865	0.006	0.005	113	0.606	0.034	2.026	0.052	0.013	25	37	664	S	3.2
23	10-11/12/09	131	0.043	0.015	2.249	0.003	0.003	241	0.096	0.003	3.094	0.009	0.006	223	0.399	0.052	1.649	0.026	0.013	197	0.085	0.018	1.205	0.008	0.007	19	56	666	S	1.2
Prom. Dic		119	0.125	0.018	1.734	0.018	0.008	193	0.069	0.021	1.965	0.001	0.006	123	0.233	0.025	1.451	0.017	0.008	175	0.27	0.025	1.524	0.027	0.009	19	55	664	S	1.9
Límite Máximo Permissible en Microgramos/m ³ (NOM-025-SSA1-1993) y (NOM-026SSA1-1993)		210	1.5					210	1.5					210	1.5					210	1.5									

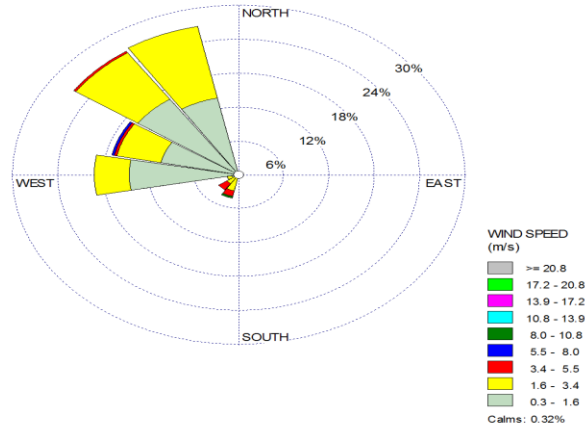
Evaluación del cumplimiento de la norma diaria de PM₁₀ (120 µg/m³) en Torreón.

Percentil 98 de los muestreos de 24 horas en el 2010 y 2011

año	PM10	estimacion con la informacion suficiente		
2010	147	90%		
2011	152	75%		

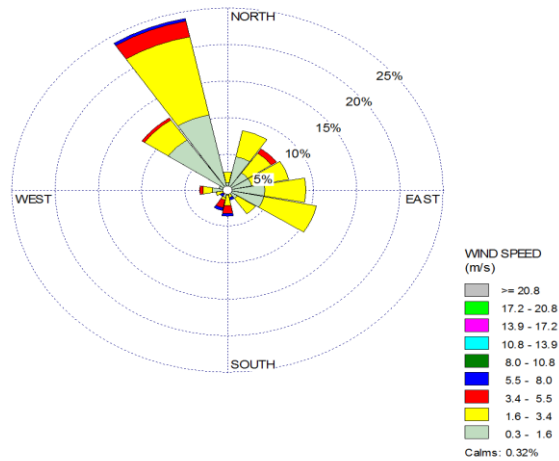
V Resultados y Discusión

Rosas de vientos dominantes por año



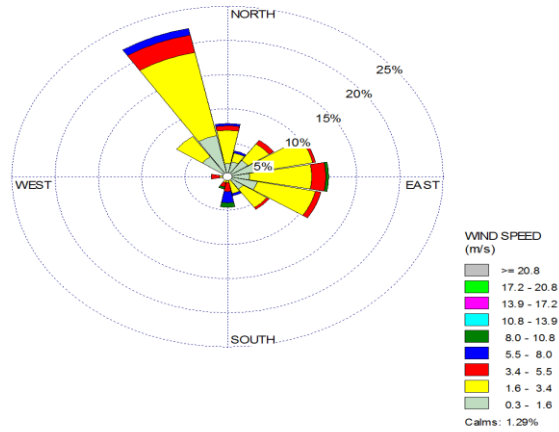
2007

La dirección de los vientos son hacia el O, ONO, NO, NNO, con una frecuencia de 28%, y a una velocidad de 0.3 – 5.5 m/s.



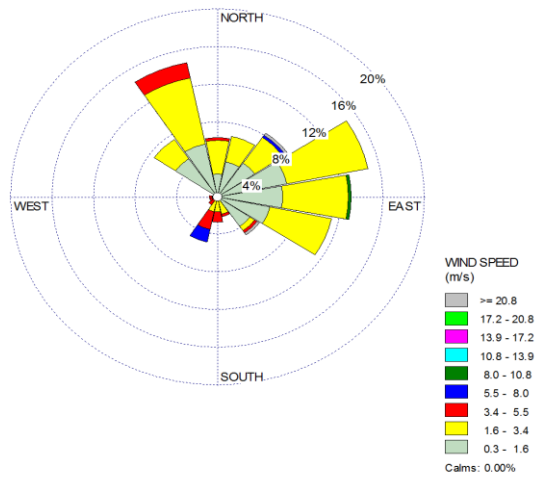
2008

De acuerdo a las direcciones de la rosa de viento la frecuencia va desde los 25%, con una velocidad de 0.3 – 8.0 m/s, hacia el NO y NNO.



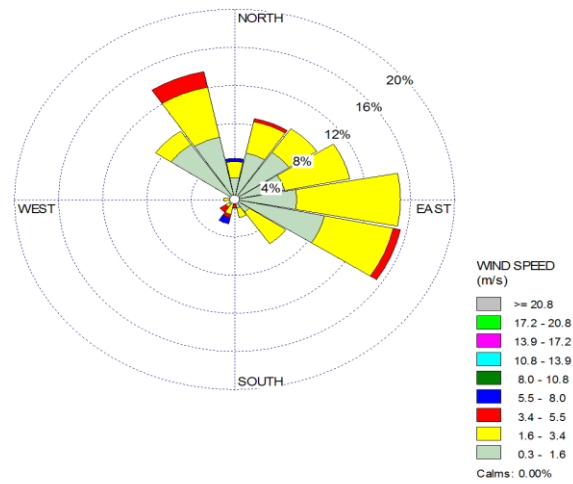
2009

Las direcciones de los vientos van al NNO, a una velocidad de 0.3 – 8.0 m/s con una frecuencia 23%.



2010

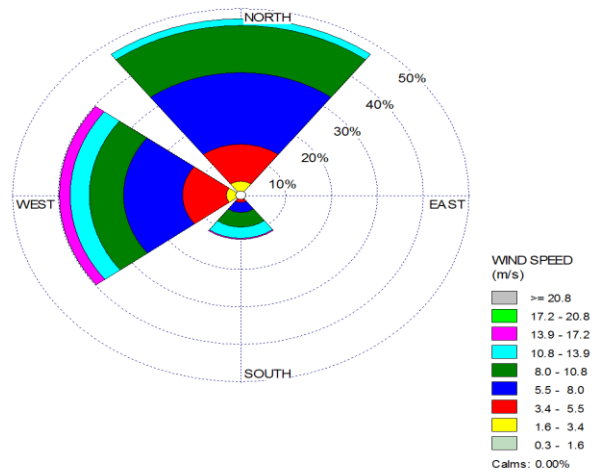
Las direcciones de la rosa de vientos van al E, ENE, ESE y al NNO con velocidad de 0.3 – 5.5 m/s y con una frecuencia de 15%.



2011

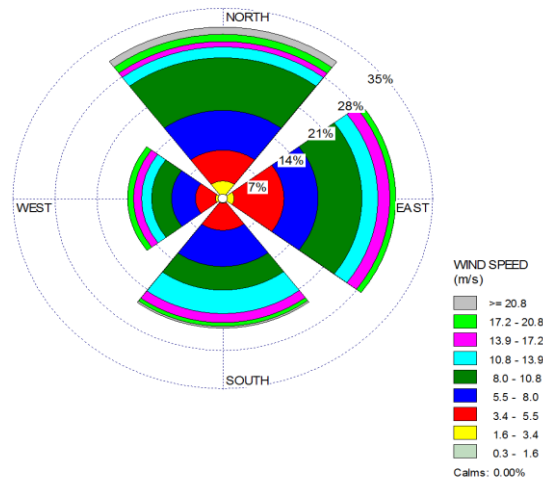
Las direcciones de los vientos van al E, ESE, ENE, NE, y con una frecuencia de 15% a una velocidad de 0.3 – 5.5 m/s

Rosas de vientos máximos por año



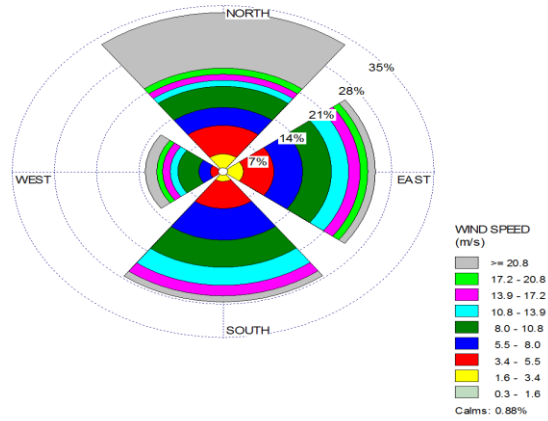
2007

Los vientos máximos del año 2007 indican una dirección al N y O, con una velocidad de 1.6 – 13.9 m/s y con frecuencia de 48%.



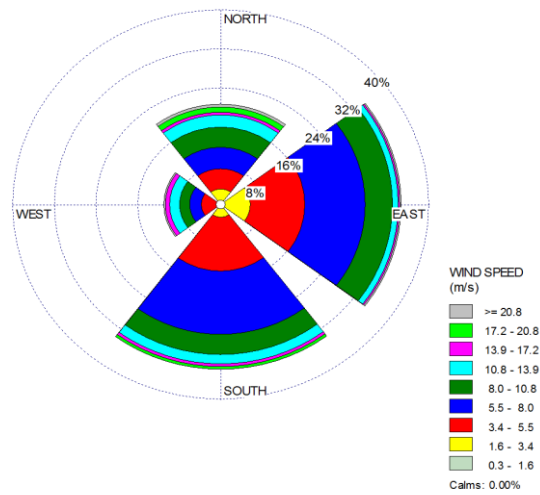
2008

Las direcciones de vientos en el 2008 van al N, E y S, con una frecuencia de 32% y a una velocidad de 1.6 →20.8 m/s.



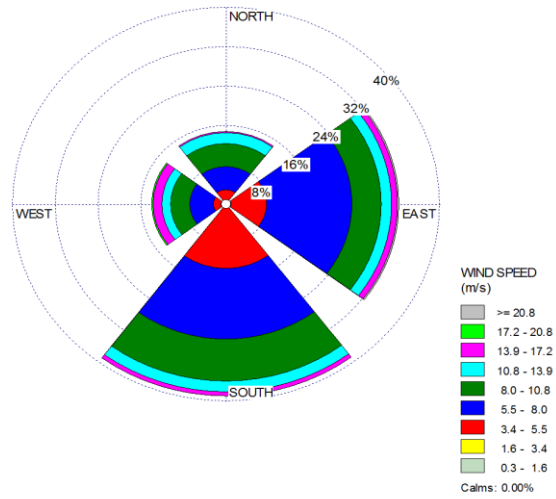
2009

Las direcciones de los vientos se presentan en el N, E y S, a una velocidad de 1.6 - > 20.8 m/s



2010

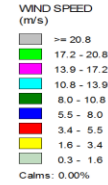
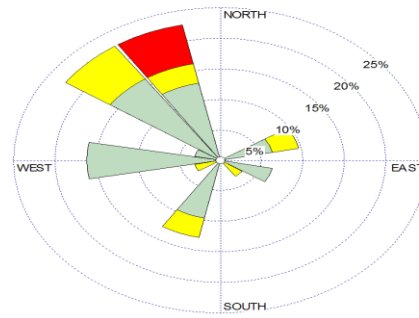
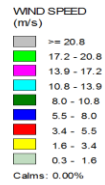
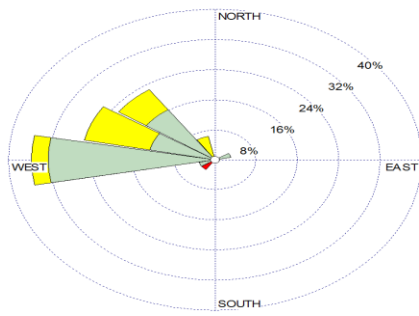
Las direcciones de la rosa de vientos van al E y S, con una frecuencia de 34% y a la velocidad de 1.6 – 17.2 m/s.



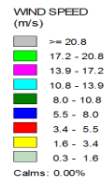
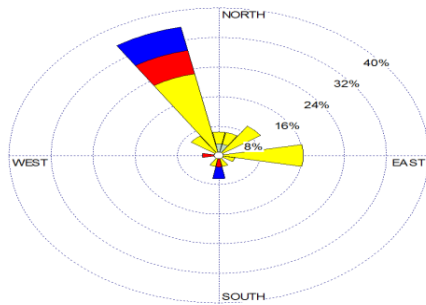
2011

La dirección de vientos van a la E y S a una frecuencia de 39% y con una velocidad de 3.4 – 13.9 m/s.

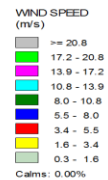
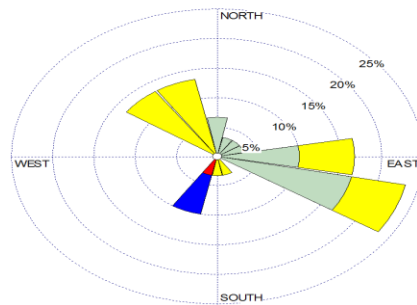
Rosas de vientos dominantes por mes



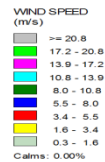
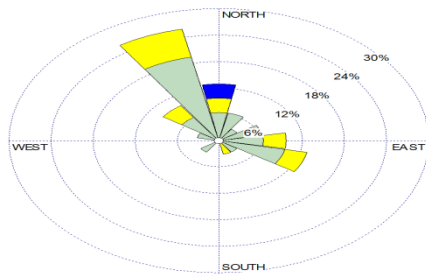
Enero 2007



Enero 2008



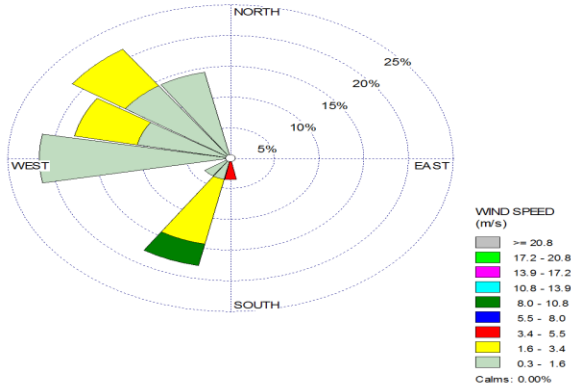
Enero 2009



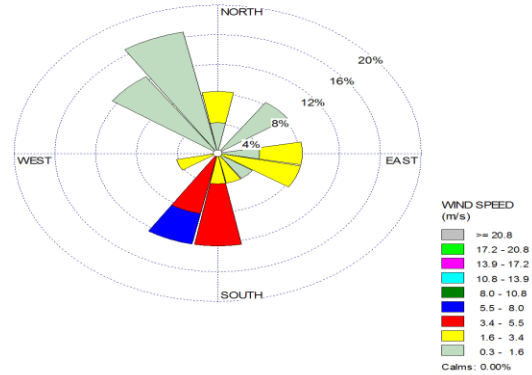
Enero 2010

Enero 2011

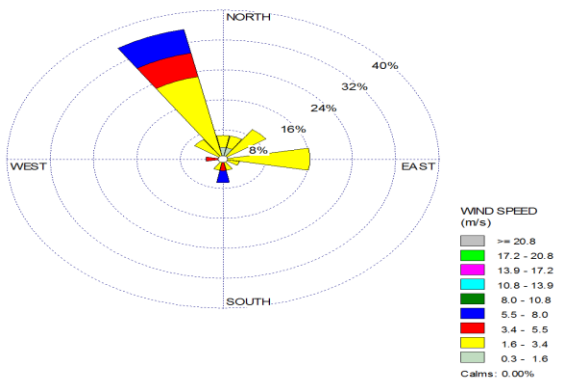
De acuerdo a las rosas de vientos podemos decir que la direccion de los vientos en el mes de enero son muy similares y van hacia el O y NO, con una velocidad de 0.3- 5.5 m/s y en frecuencia de entre 25 y 32% aunque en el 2010 van a ESE.



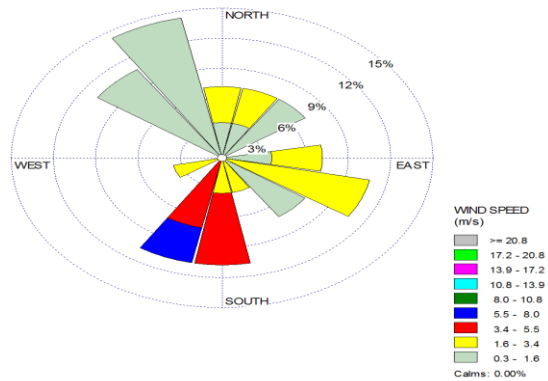
Febrero 2007



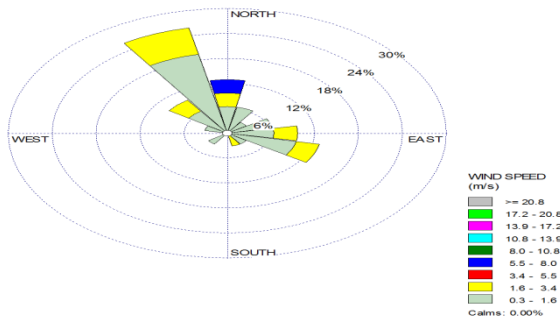
Febrero 2008



Febrero 2009

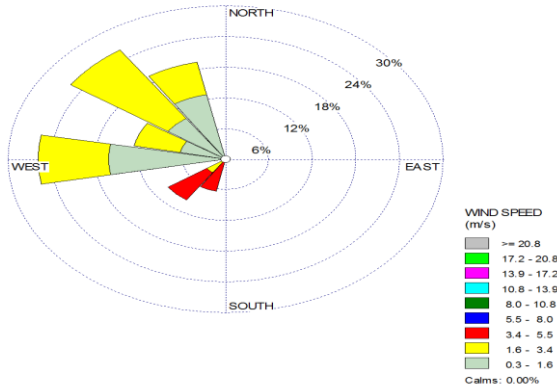


Febrero 2010

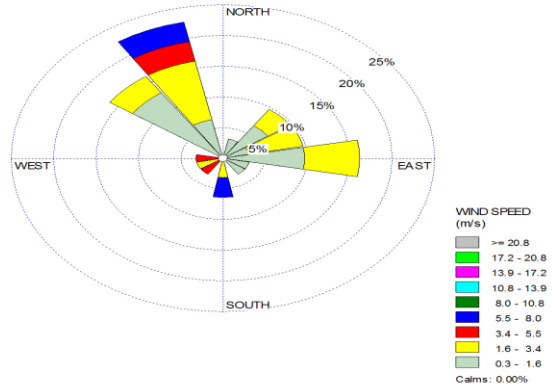


Febrero 2011

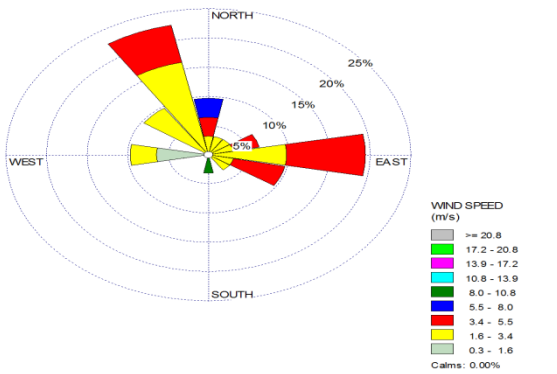
Las similitudes que existen en el mes de febrero de acuerdo a las direcciones de los vientos no varían, ya que en este tiempo los vientos se posesionan al NO, NNO, SO, SSO Y S, con una frecuencia de 16%-32%, con una velocidad de 0.3 y 10.8 m/s.



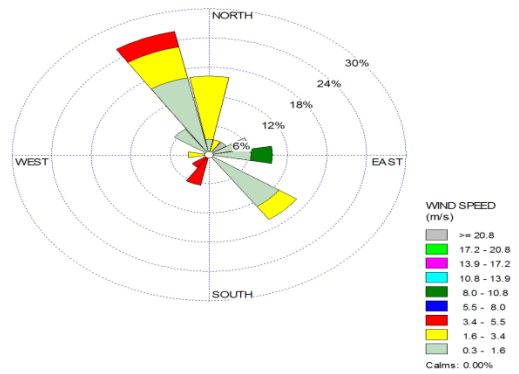
Marzo 2007



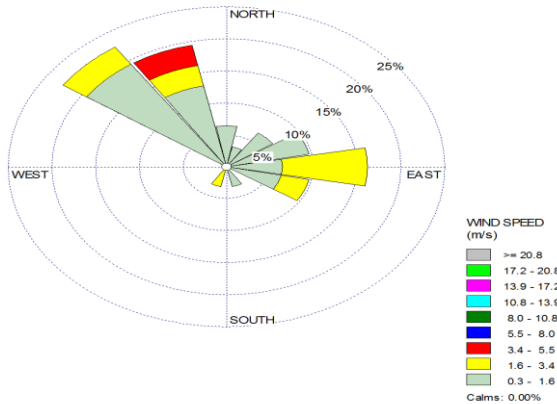
Marzo 2008



Marzo 2009

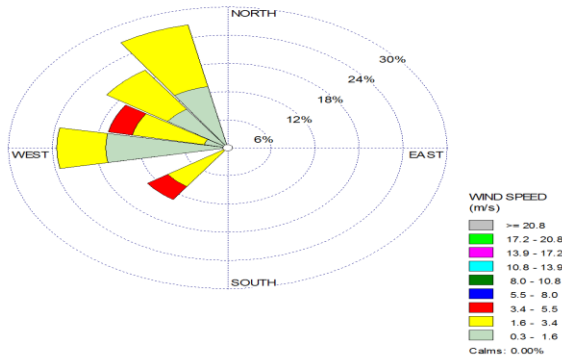


Marzo 2010

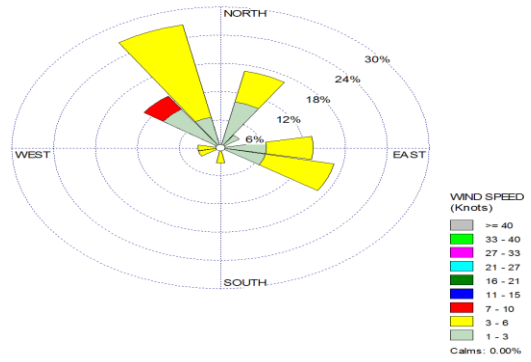


Marzo 2011

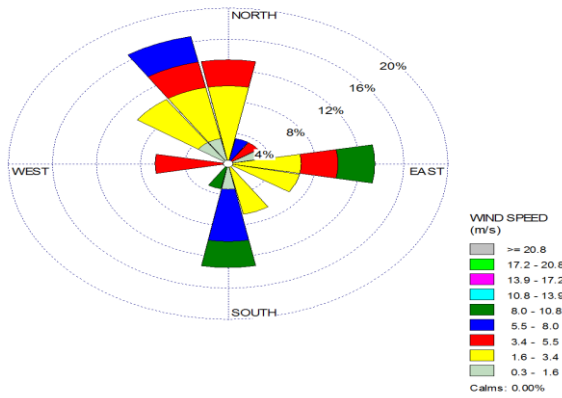
Las direcciones de los vientos van alO, ONO,NO, NNO y E, con una frecuencia de entre 25% y 30%,y velocidades de 0.3 - 8.0 m/s.



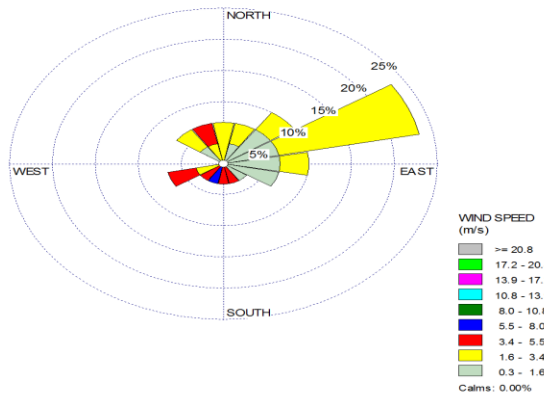
Abril 2007



abril 2008

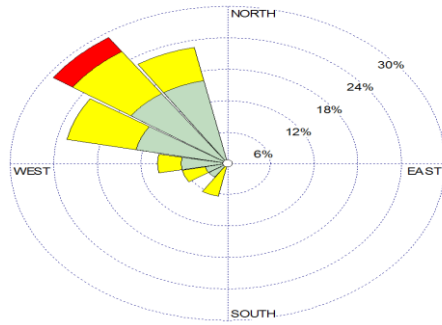


Abril 2009

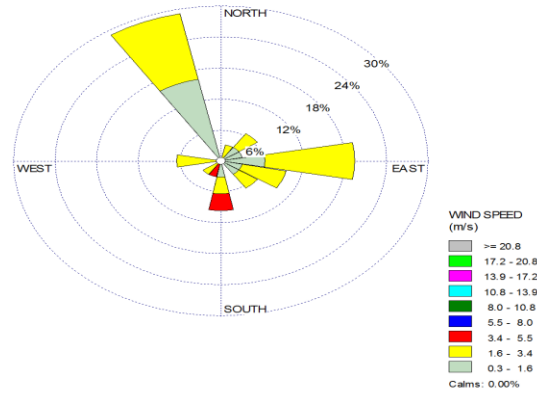


abril 2010

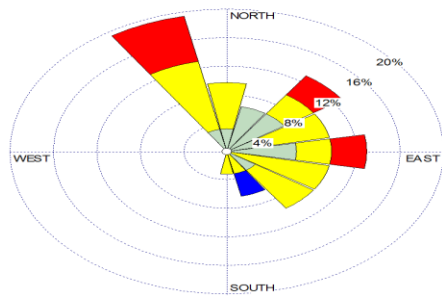
En el mes de abril existe variabilidad entre la similitud de las direcciones que va al E, ENE, S y O, NNO, con una velocidad de 0.3 - 8.0 m/s, las frecuencias van de entre 16% y 25%,



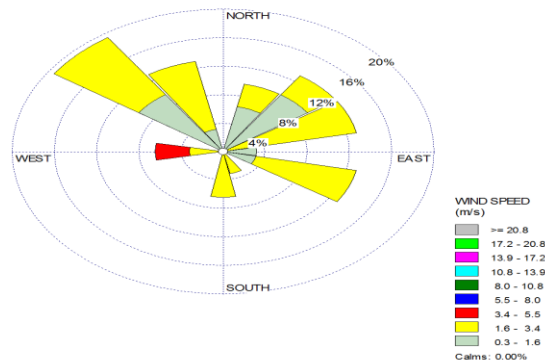
Mayo 2007



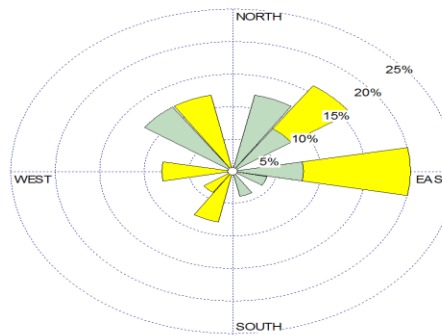
mayo 2008



Mayo 2009

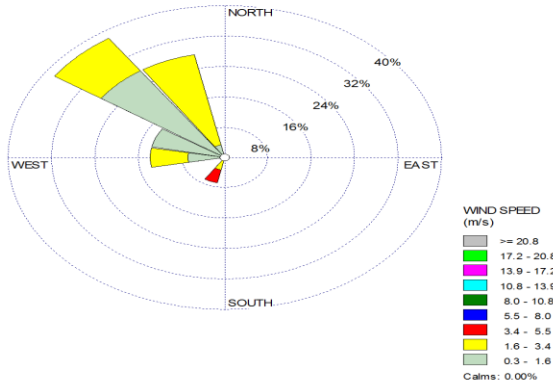


mayo 2010

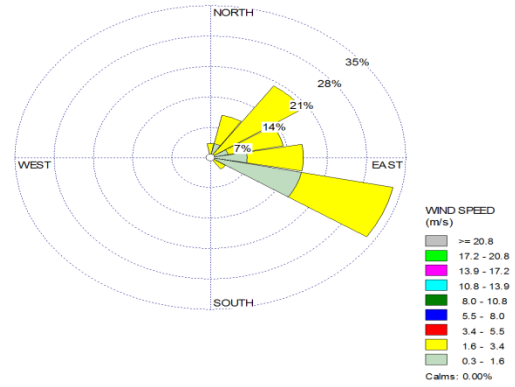


Mayo 2011

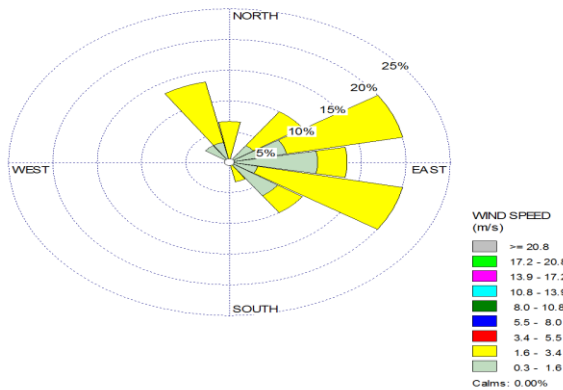
La similitud que existe entre este mes de los últimos 5 años es que las direcciones de los vientos apuntan más al ONO, NO, NNO y ENE, E, ESE, con la misma frecuencia de 20% y 29%, con velocidades que van entre 0.3 – 5.5 m/s.



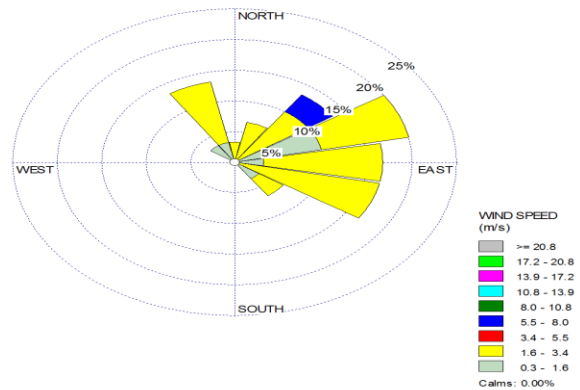
Junio 2007



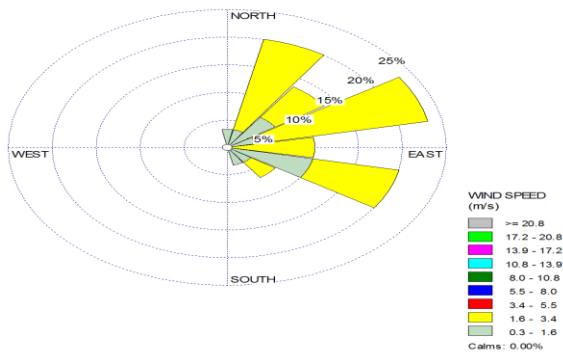
junio 2008



Junio 2009

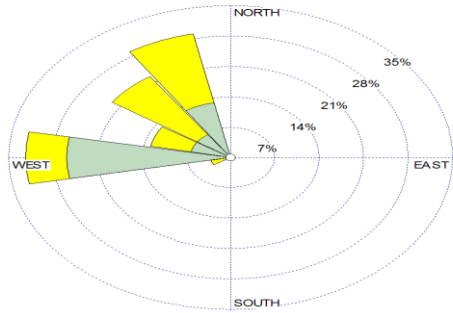


junio 2010

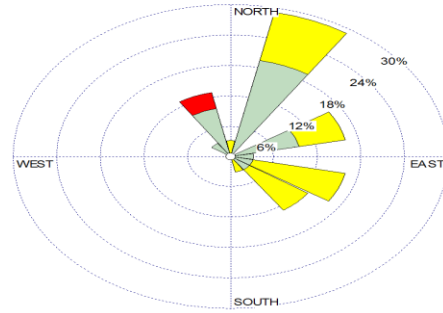


Junio 2011

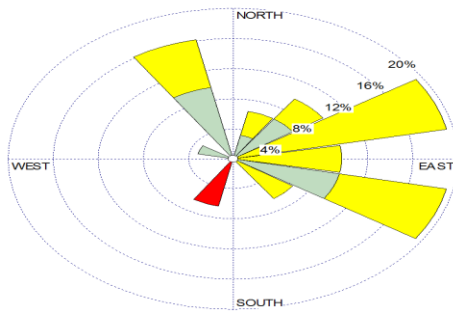
De acuerdo a la similitud que existe en el mes de junio de los 5 años anteriores es que los vientos son más frecuentes del ENE, E, ESE por lo que en el año 2007 los vientos se frecuentaron del NO, con frecuencia de 20% y 35%, a velocidades de 0.3 – 3.4 m/s.



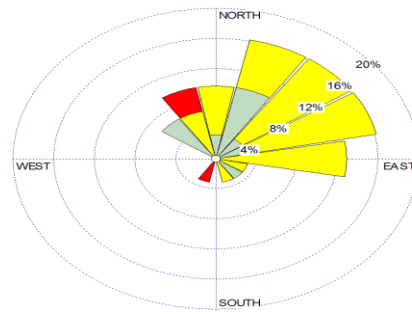
Julio 2007



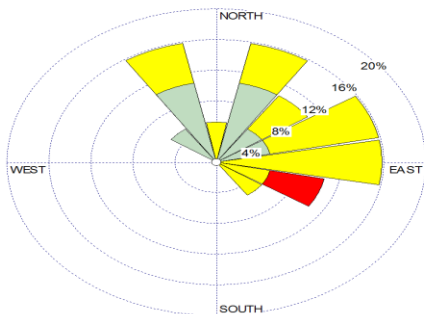
Julio 2008



Julio 2009

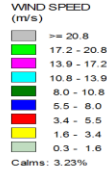
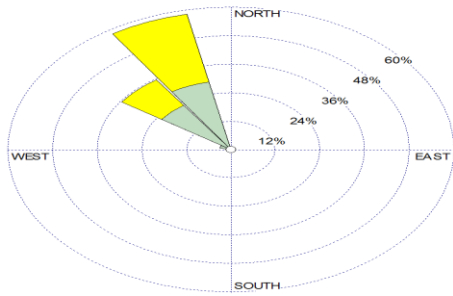


Julio 2010

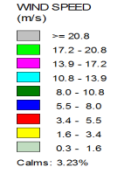
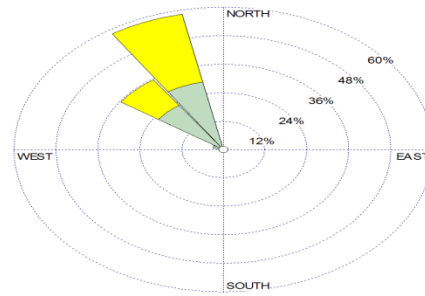


Julio 2011

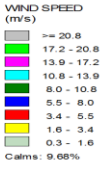
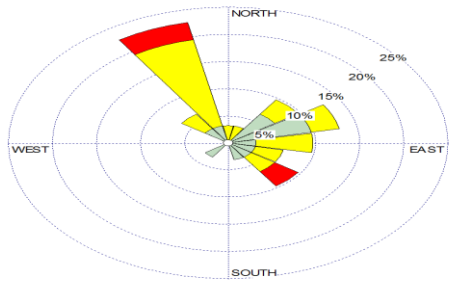
En cuanto a la similitud las direcciones de los vientos vanal NNE, NE, ENE y ESE, en el 2007 los vientos se adentran por el O y NNO, con una frecuencia de 20% y 30%, a una velocidad de 0.3 -5.5 m/s.



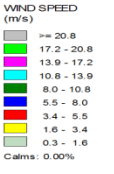
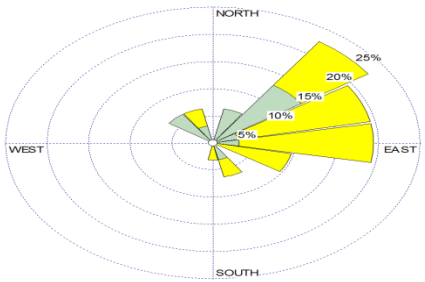
Agosto 2007



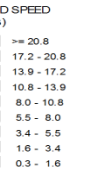
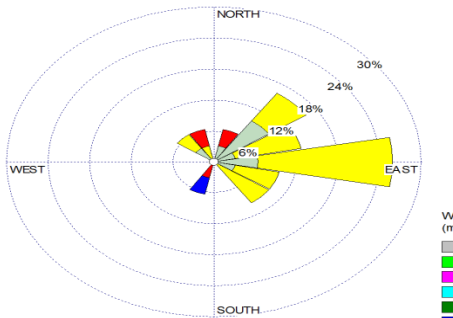
agosto 2008



Agosto 2009

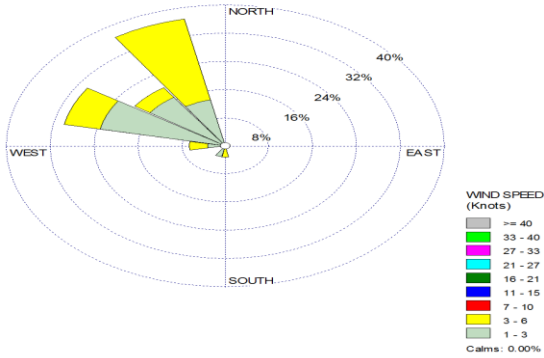


agosto 2010

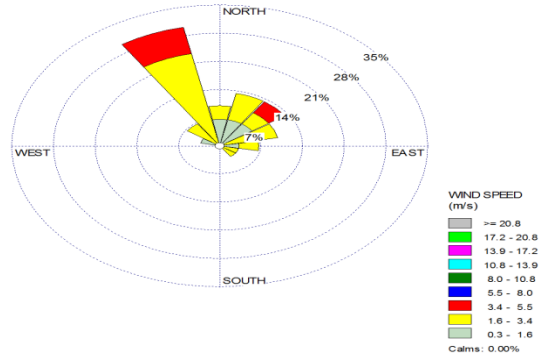


Agosto 2011

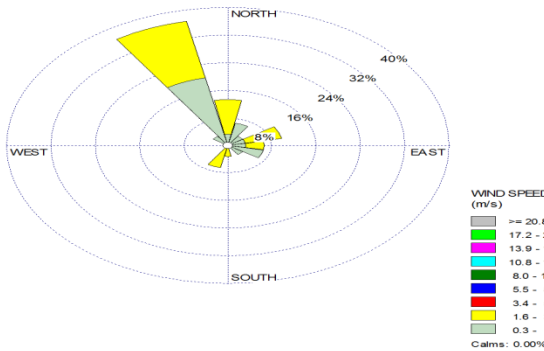
En el 2007, 2008 y 2009 las direcciones de los vientos van hacia al NO yNNO, en los años 2010 y 2011 van al NE, ENE y E con una velocidad de 0.3 – 5.5 m/s, ya que las frecuencias son de 25% y 65%.



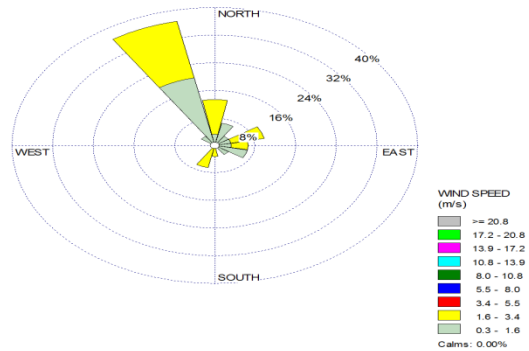
Septiembre 2007



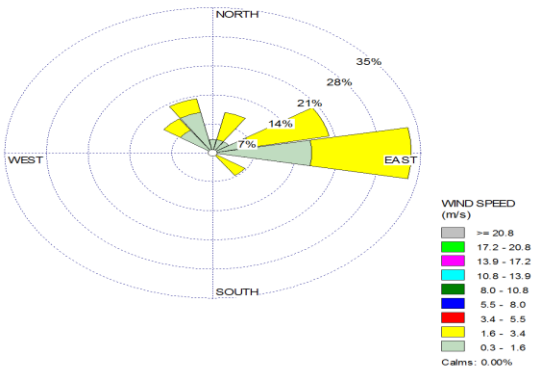
septiembre 2008



Septiembre 2009

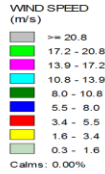
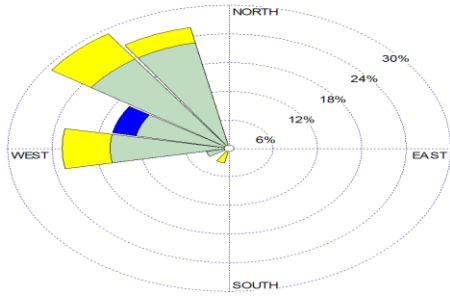


septiembre 2010

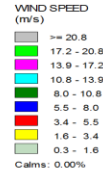
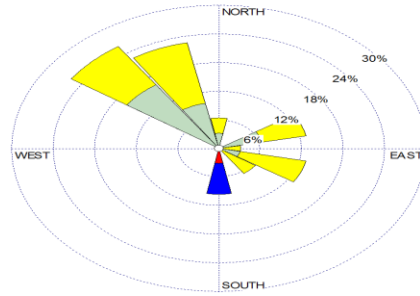


Septiembre 2011

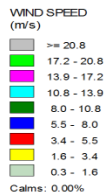
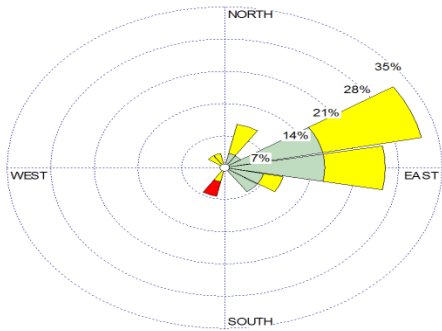
Las direcciones de los vientos que se presenta existen mucha similitud, como lo es la intensidad que de adentran del ONO,NO y NNO, en el año 2011 los vientos van al ENE y E, con frecuencia de 26% y 32%, a una velocidad de 0.3 – 5.5 m/s.



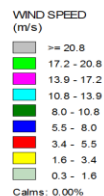
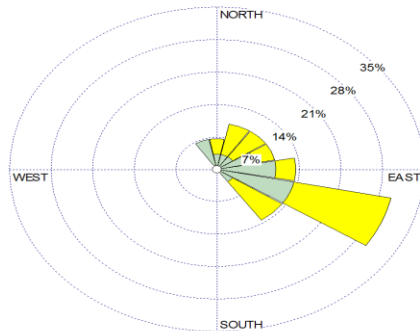
Octubre 2007



octubre 2008

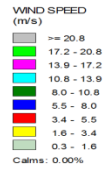
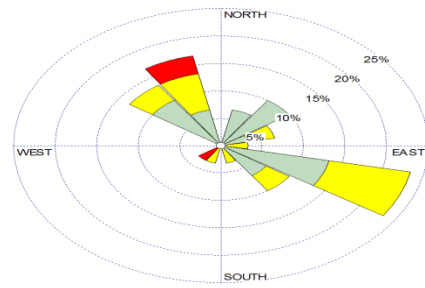
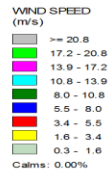
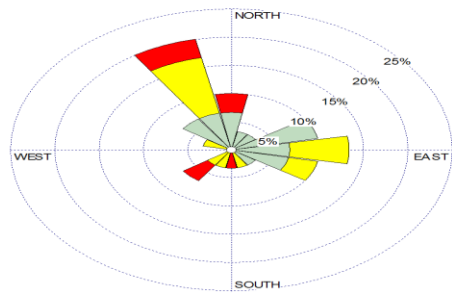


Octubre 2010



octubre 2011

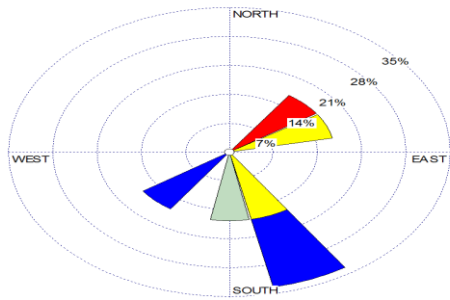
De acuerdo a las direcciones de vientos en este mes, la similitud varía ya que en el 2007 y 2008 van al O, NO y NNO y en los años 2010 y 2011 cambia completamente hacia ENE, E y ESE, con una velocidad de 0.3 – 8.0 m/s, con frecuencia de 25% -28%.



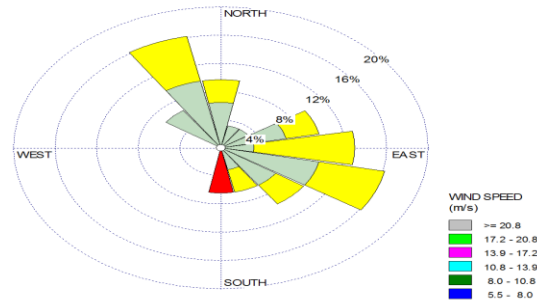
Noviembre 2010

noviembre 2011

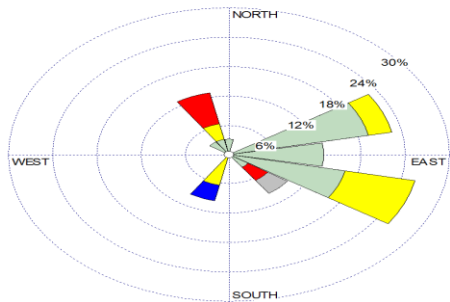
Las direcciones de los vientos van al ENE, E, ESE y NO, NNO, con velocidades que van de 0.3 -5.5 m/s, con las frecuencias de 10% y 25%



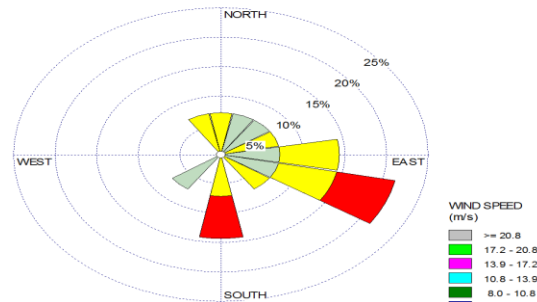
Diciembre 2008



diciembre 2009

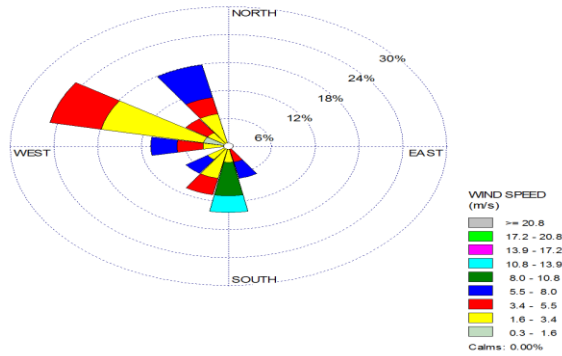


Diciembre 2010

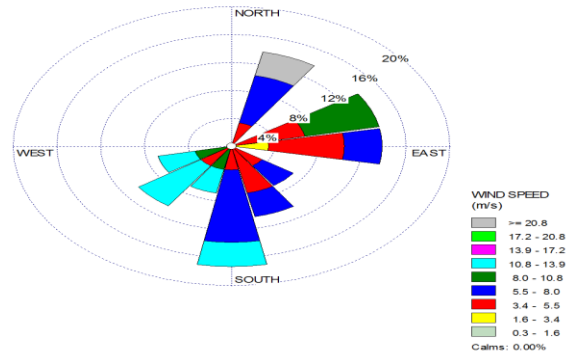


diciembre 2011

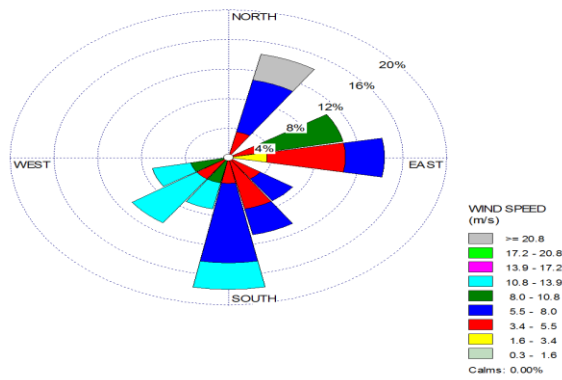
En el mes de diciembre hay mucha similitud en cuanto a la dirección de los vientos que se van por el NE, ENE, E, ESE, SE SSE y S, a una velocidad de 0.3 – 5.5 m/s, en frecuencia de 6% y 20%.



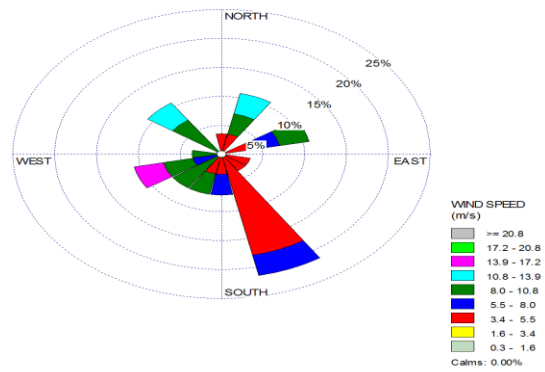
Febrero 2007



Febrero 2008

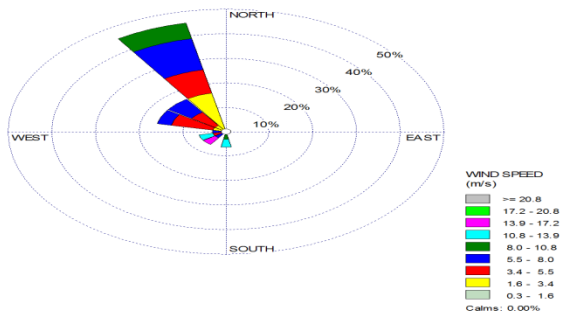


Febrero 2010

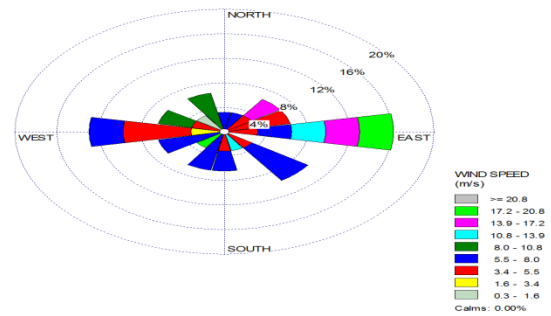


Febrero 2011

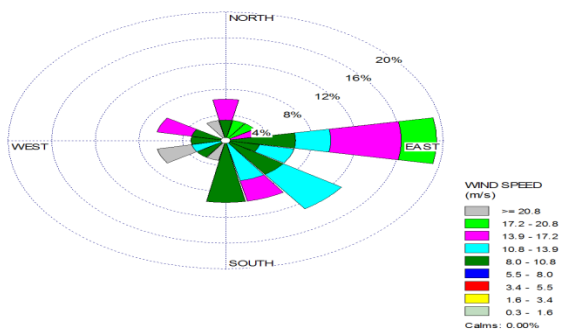
Las direcciones la rosa de vientos van al NNE, ENE E, S, SSE, con una frecuencia de entre 18% y 23% y una velocidad de 3.4 – 10.8 m/s



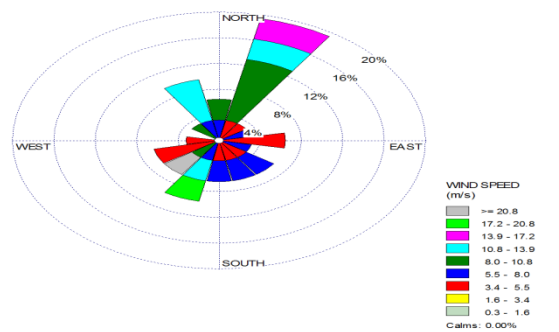
Marzo 2007



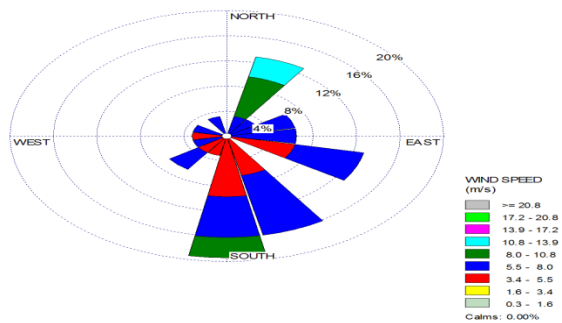
Marzo 2008



Marzo 2009

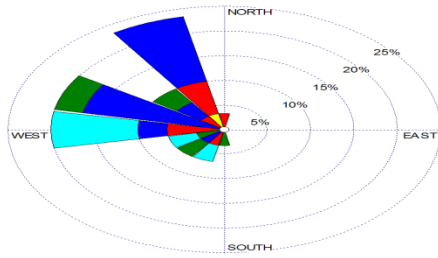


Marzo 2010

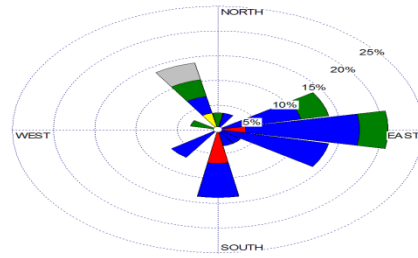


Marzo 2011

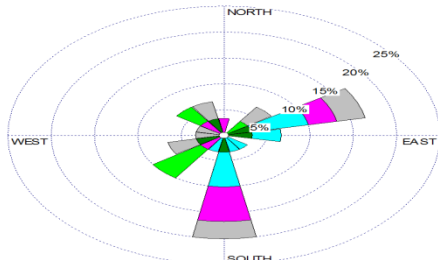
Las direcciones de vientos van desde el NNE, E, ESE, SSE y S a una velocidad 3.4 – 17.2 y con frecuencia de 19% aunque en el 2007 inidca al NNO.



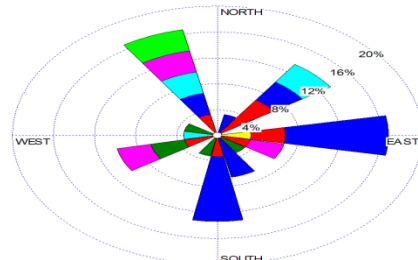
Abril 2007



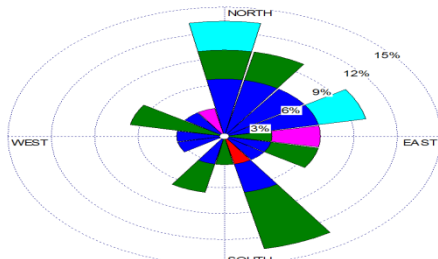
Abril 2008



Abril 2009

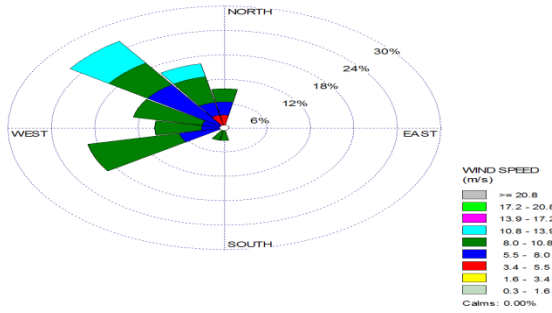


Abril 2010

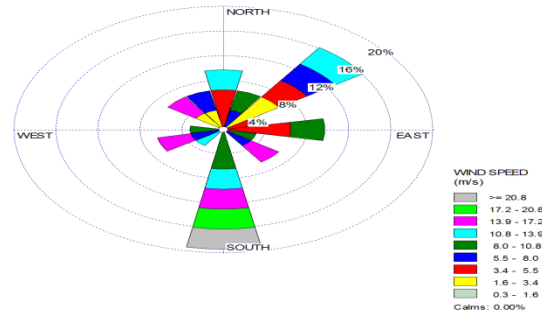


Abril 2011

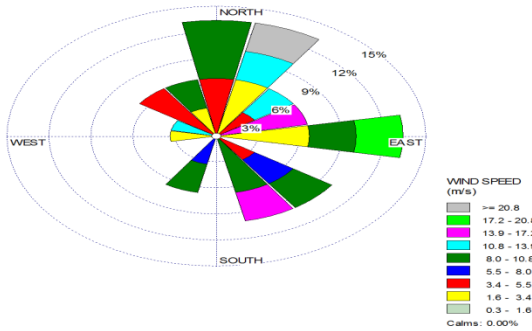
Las direcciones de los vientos van al ENE, E, ESE, SE y S con una frecuencia de 20% y una velocidad de 5.5 – 8.0 m/s y en el 2007 los vientos van al ONO y NNO.



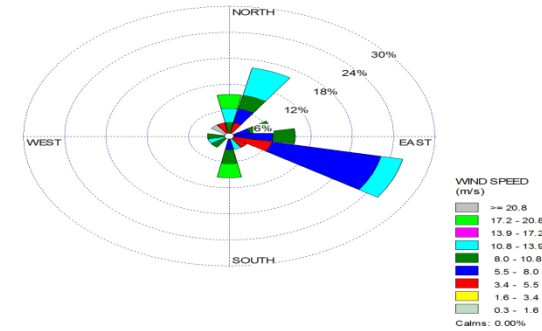
Mayo 2007



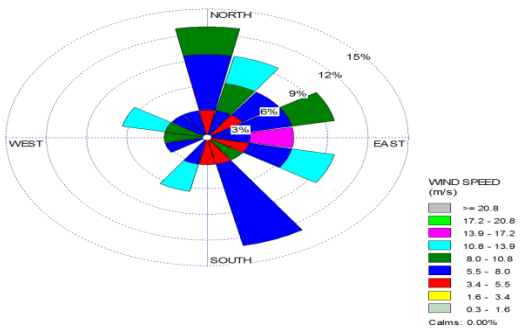
Mayo 2008



Mayo 2009

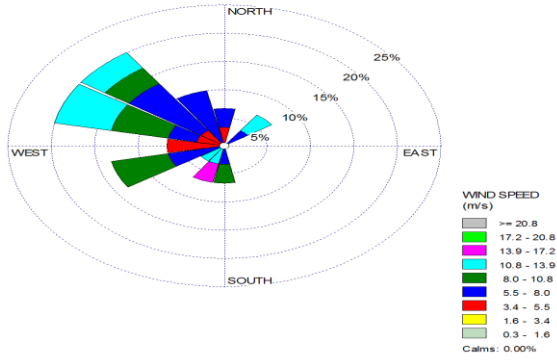


Mayo 2010

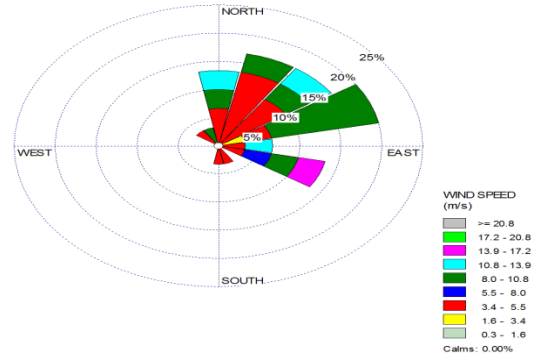


Mayo 2011

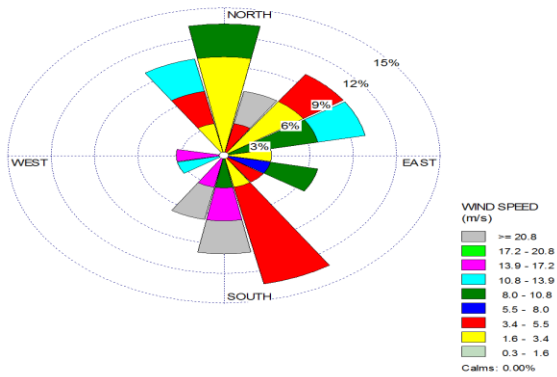
Las direcciones de los vientos va desde el N,NE, E, SE y SSE con una frecuencia de 16% y 25% a una velocidad de 3.4 – 10.8 m/s.



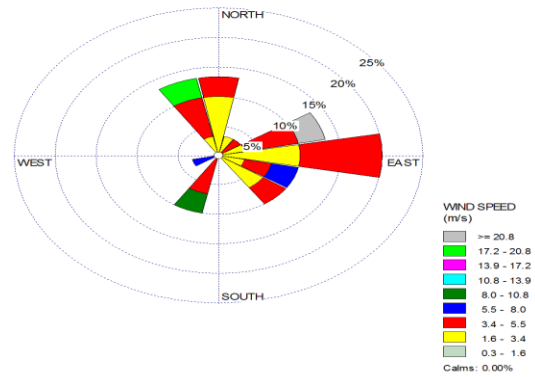
Junio 2007



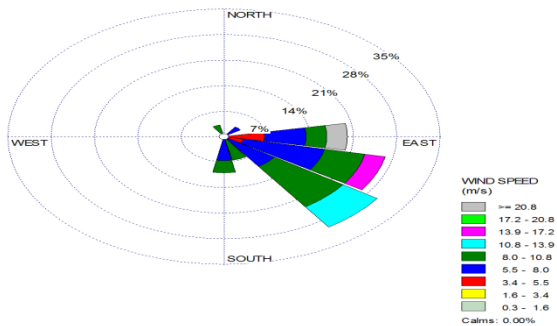
junio 2008



Junio 2009

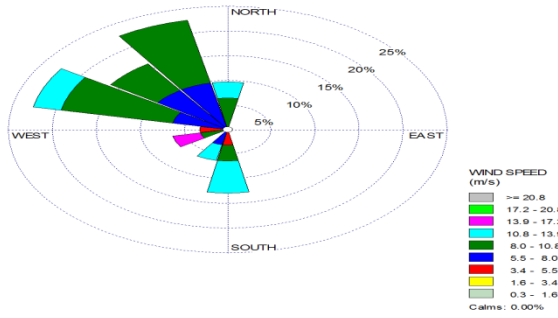


junio 2010

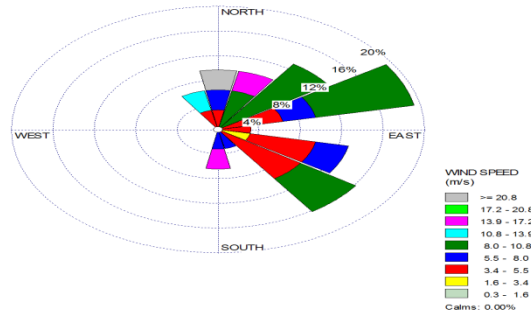


Junio 2011

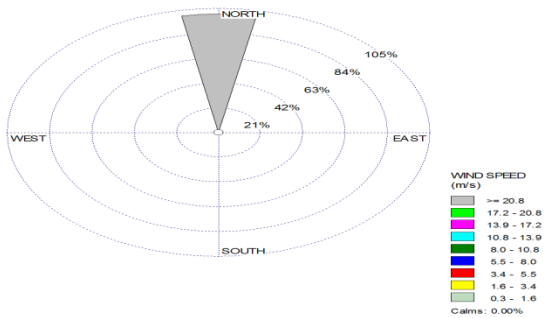
Las direcciones de los vientos que se presentan van al NNE, NE, ENE, ESE y SE a una velocidad de 0.3 – 5.5 m/s.



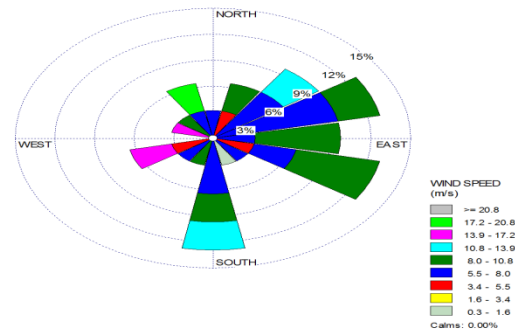
Julio 2007



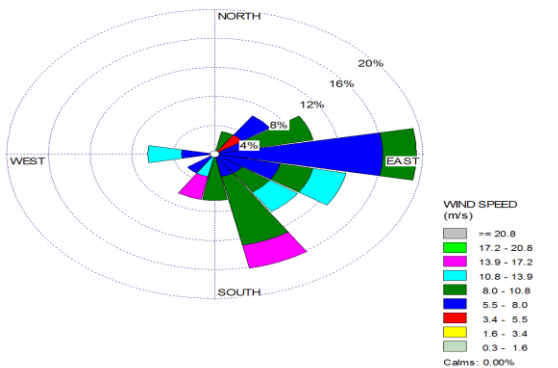
julio 2008



Julio 2009

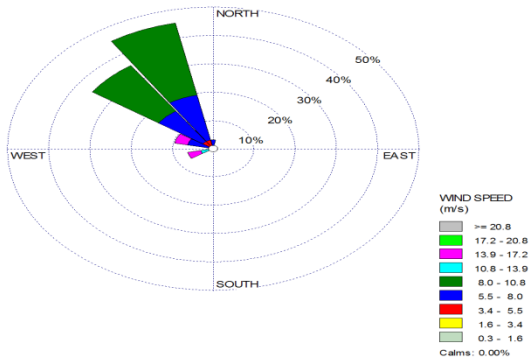


julio 2010

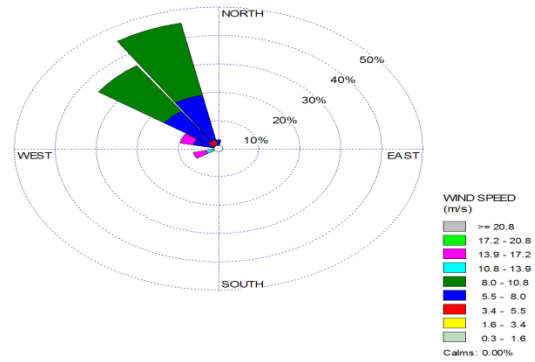


Julio 2011

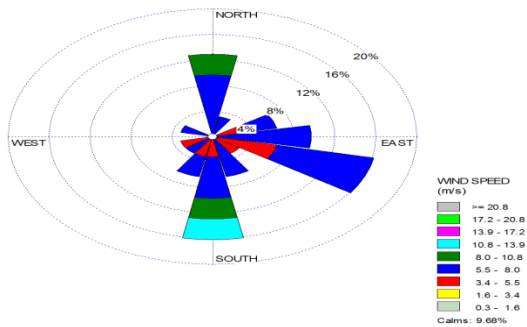
Las direcciones de la rosa de vientos van desde ENE, E, SE, en cuanto a la frecuencia es de un 19% a una velocidad 5.5 – 8.0 m/s.



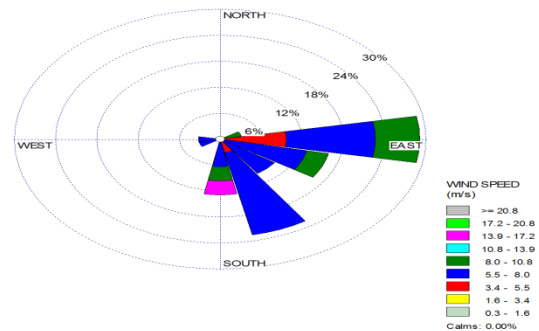
Agosto 2007



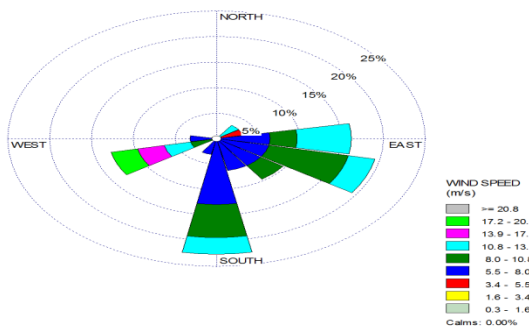
Agosto 2008



Agosto 2009

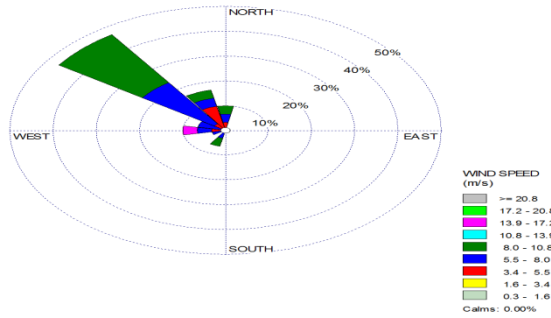


Agosto 2010

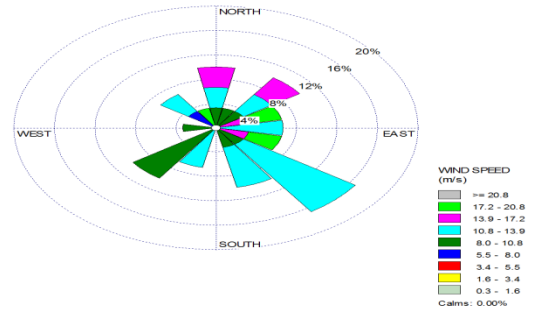


Agosto 2011

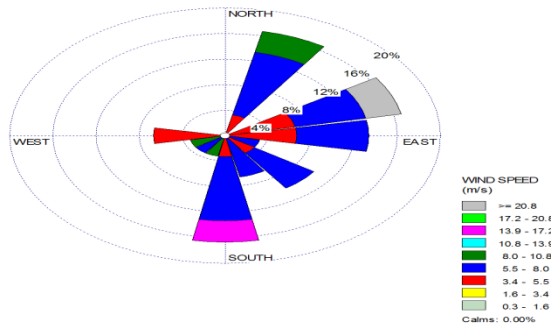
Las direcciones de los vientos van al E, ESE, y S, con una velocidad 3.4 – 8.0 m/s y a una frecuencia de 16% y 28%.



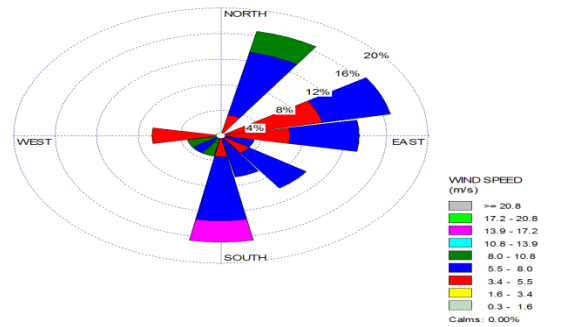
Septiembre 2007



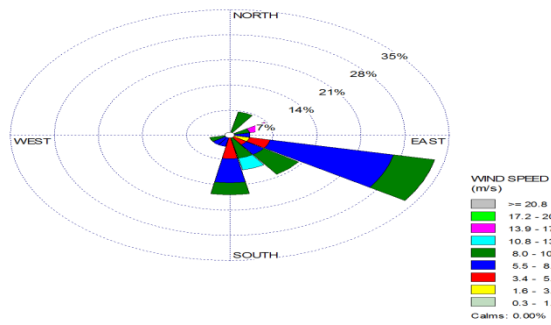
Septiembre 2008



Septiembre 2009

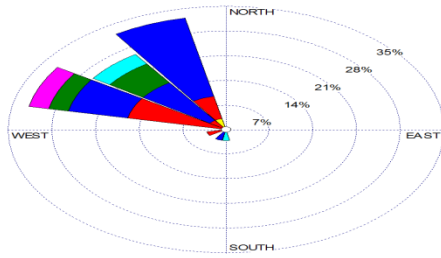


Septiembre 2010

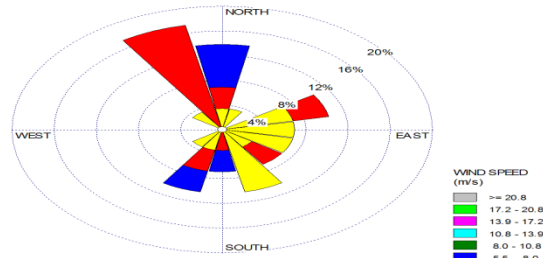


Septiembre 2011

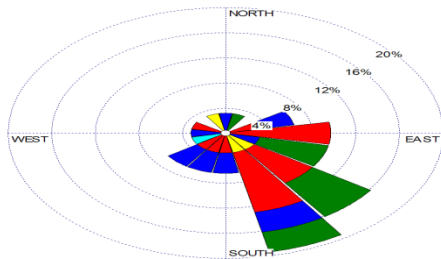
Las direcciones de los vientos van desde el NNE, ENE, E, ESE y S en cuanto a velocidad es de 3.4 – 8.0 m/s a una frecuencia de 28%.



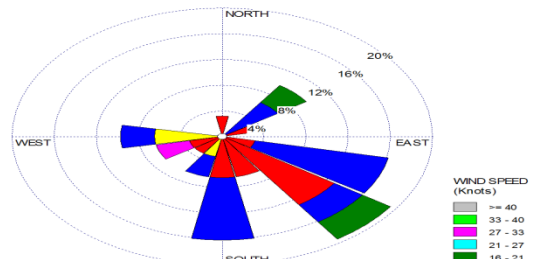
Octubre 2007



Octubre 2009

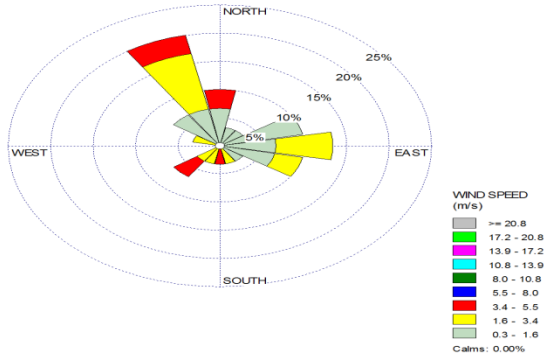


Octubre 2010

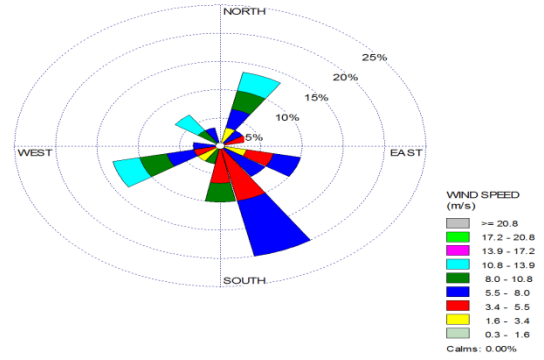


Octubre 2011

En los años 2007 y 2008 la dirección de los vientos es al ONO, NO, NNO y N en cuanto a los siguientes años las direcciones cambian aESE, SE y S con una velocidad de 0.3 – 8.0 m/S con frecuencia de 19%.

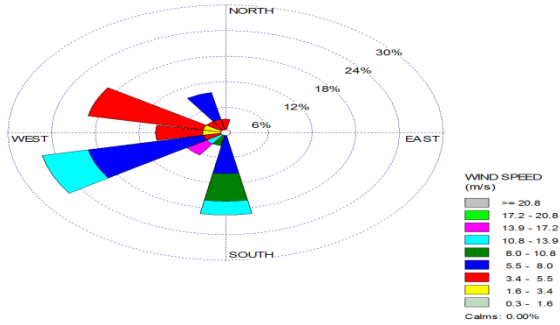


Noviembre 2010

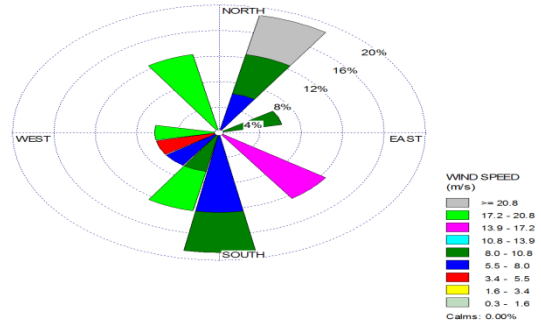


Noviembre 2011

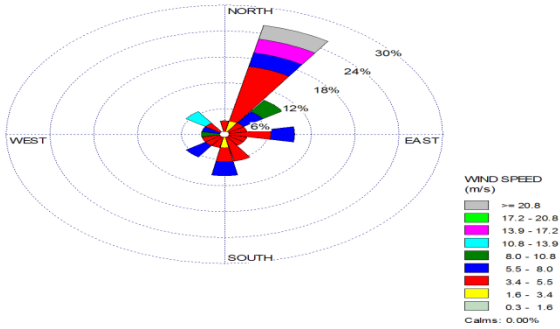
De acuerdo a la rosa de vientos la frecuencia es de un 20% que va de una velocidad de 0.3 – 5.5 m/s en dirección a NNO y SSE.



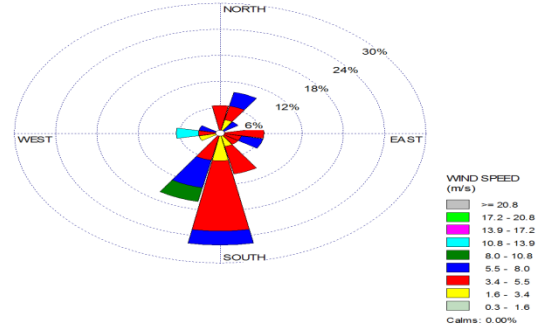
Diciembre 2007



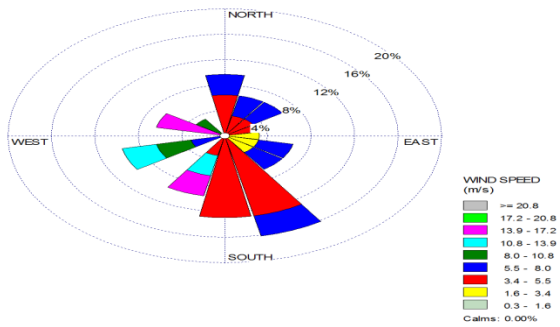
Diciembre 2008



Diciembre 2009



Diciembre 2010



Diciembre 2011

Las direcciones de los vientos van de NNE, SSE, S, OSO a la velocidad de 3.4 – 5.5 m/s a una frecuencia de 25%.

VI Conclusión

La temperatura promedio anual en la región es de 21-23 °C con vientos predominantes del sur y sureste desde 20 hasta 44 kilómetros por hora y generalmente provocan tolveneras que cubren la visibilidad hasta algunos metros de distancia. Dependiendo de la estación del año se presentan vientos del este y con menor frecuencia del norte, principalmente en el invierno. El viento que viene del sur-este tiene un gran impacto también, se lleva toda la contaminación de los cerros caleros y cementeros hacia la ciudad, sobre todo tiene una gran afectación por parte de la partículas suspendidas ya que el viento no es lo suficiente fuerte para llevarse la contaminación. En la zona centro y el antiguo torreón tienen afectación por parte de peñoles, cuentan con gran cantidad de contaminantes durante ésta temporada de invierno gracias a las bajas temperaturas y la alta humedad. El mes de agosto es el mes en el que se empiezan a presentar más lluvias pero sin embargo muestra una velocidad de vientos muy baja que obliga a que los contaminantes se queden en el mismo lugar sin dispersarse los contaminantes, el viento dominante que proviene del este, trayendo consigo las primeras lluvias de la temporada provenientes del Golfo de México, aunque la concentración de contaminantes de la zona industrial de Gómez Palacio contribuyen al sector de peñoles de Torreón, haciendo el sector más contaminado durante los últimos años.

VII Literatura citada

- Ahrens, C. Donald. 1998. de Mayo al 9 de junio de 2009. Essentials Meteorologys: an invitation to the atmosphere. 2nd edition. Wadsworth Publishing Company. United States, ISBN 0-534-53766-9
- Ayllón Torres Teresa. Introducción a la Observación Meteorológica. Editorial Limusa, México, 1983.
- Banco de la República. Biblioteca virtual Luis Ángel Arango. Sin título. 2002.
- Bertonatti, C. y Corcuera, J. Situación Ambiental Argentina (2000). Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires.
- Bell et al., 2006; Reyes y Alvarado, 2005; Rojas y Garibay, 2003; Rosales, Torres, Fernández y Borja, 2001.
- C&T. Zona de Convergencia Intertropical. Trabajo realizado por: Nivaldo Silveira Ferreira. 2005.
- Campos, C. y De Pedro, M. 2001. La vida en las zonas áridas: el desierto mendocino. Zeta Editores. Mendoza.
- Consejo de Recursos Minerales - Servicio Geológico Mexicano (COREMISGM). Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada. 2007
- Cooke et al., 1982; Goudie, 1990
- D. José Miguel Lacosta Berna (Experto Superior en Seguridad). Prevención nº 122 Octubre-Diciembre 1992.

- Espert A.V. y López J.A. 2004. *Dispersión Atmosférica de contaminantes en la Atmósfera*. Alfaomega, Grupo Editor. Valencia, España. 218 pp.
- Finlayson-Pitts, J. y Pitts, J. N. Jr. (1986) *Atmospheric Chemistry: Fundamentals and Experimental Techniques*, John Wiley and Sons, New York.
- Foran, J, B Glenn. 1993. *Criteria to Identify Chemical Candidates for Sunsetting in the Great Lakes Basin*. Washington, DC: Universidad George Washington.
- Fox, DL. 1993. Air pollution. *Anal chem* 65:156R- 170R. Foran, J, B Glenn. 1993. *Criteria to Identify Chemical Candidates for Sunsetting in the Great Lakes Basin*. Washington, DC: Universidad George Washington.
- García de Miranda Enriqueta. *Apuntes de Climatología*. Editorial Larios e Hijos Impresores, S.A., México, 1980.
- Garratt, J. R., 1992. *The atmospheric boundary layer*. Cambridge University Press.
- Gay-García, C. and L.G. Ruiz Suarez, 1996: *UNEP Preliminary Inventory of GHG Emissions: Mexico*. UNEP, Geneva, Switzerland.
- Gómez Morales S. B. y Arteaga Ramírez Ramón. *Elementos Básicos para el Manejo de Instrumental Meteorológico*. 1a. Edición. Editorial CECSA, México, 1987.
- IDEAM, Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales *Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia; anexo 1 definición y clasificación de vientos en la atmosfera capítulo 1.4 Definición de los vientos locales*, 2001.

IDEAM, Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. Atlas Climatológico de Colombia. Primera parte, Factores Locales, 2001.

INE. 2004. Segundo Almanaque de la Calidad del Aire en Seis Ciudades Mexicanas. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.

INEGI. Perspectiva Estadística: Coahuila de Zaragoza. 2009

INEGI. Coahuila de Zaragoza. 2009

Instituto Nacional de Ecología [INE], 1997; INE, 1997a; INE, 1997b; OCDE, 2003

Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática. 1990

Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Baja California 2005: Versión Final

Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Baja California 2005.

Jáuregui, E., 1995: Rainfall fluctuations and tropical storm activity in Mexico, *erkunde. ArchivFürWissenschaftlicheGeographie*, 49, 39-48. La información sobre reservas de petróleo y gas se obtuvo de PEMEX. Reservas de Hidrocarburos al 1 de Enero de 2009. Marzo, 2009

Lorente José María. Meteorología. Editorial Labor, S.A. Barcelona, 1945.

Martínez A.P, Romieu I. 1997. Introducción al Monitoreo Atmosférico. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. México. 211pp.

März 1995, Messen von Ruß [Equipos de medición].

Mario Molina. Diciembre, 2007 (26-27)

Moreno, A.R. and R.U. Carcavallo, 1999: An ecological approach to Chagas Disease epidemiology. In: Atlas of Chagas Disease Vectors in the Americas, Volume 3 [Carcavallo, R.U., 1. Galíndez-Girón, J. Jurberg, and H. Lent (eds.)]. FIOCRUZ, Río de Janeiro, Brazil.

Molina Luisa and Molina Mario. 2002. Air Quality in the Mexico Mega City: An Integrated Assessment. Kluwer Academic Publishers. Boston, MA, EUA.

OMM (1992). International Meteorological Vocabulary. WMO-182. Ginebra, Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial.

OMS (1995a). Updating and Revision of the Air Quality Guidelines for Europe—“Classical” air pollutants. EUR/ICP/EHAZ 94 05/PB01. Copenhagen, Oficina Regional para Europa, Organización Mundial de la Salud.

P. Cole John. Una Introducción al Estudio de Métodos Cuantitativos Aplicables en Geografía. UNAM. Instituto de Geografía. México, 1981.

PALMER, T.N., 1999: Predicting uncertainty in forecasts of weather and climate (también publicado como ECMWF Technical Memorandum No. 294). PICC 2006. Volumen 2. Capítulo 4.

Pasquill F. 1961. The estimation of the dispersion of windborne material. Meteor. Mag. 90, 33-49.

PUCC. Pontificia Universidad Católica de Chile. Relieve, vientos y dispersión de contaminantes. 2002.

Ruiz, Franklyn. Comportamiento promedio horario del viento en superficie para los aeropuertos internacionales del país. Nota técnica. IDEAM Noviembre de 1998.

Secretaría de Energía. Prospectiva del Mercado de Gas Natural. México: SENER, 2003.

SEMAC, 2010

Seinfeld, J. H. (1988a), "Urban Air Pollution: State of the Science", *Science* 243 (2), 745–752.

Seinfeld, J. H.(1988b), "Ozone Air Quality Models: A Critical Review", *J. Air Poll. Contr. Assoc.* 38(5), 616–645.

Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON), base de datos nacional que almacena estadísticas agroalimentaria. Documento en Español. Sistema de Información Agroalimentaria y de Consulta 1980-2006. 2007

Shelef, G, Y Azov. 1994. Vigilancia del Tercer Canal (en hebreo). Haifa: Centro de Investigación Técnica sobre la Ingeniería Ambiental y los Recursos Hídricos.

Stevens, G, A. Wilson, and J. Hammitt. 2004. "Benefit-cost analysis of a diesel particulate filter retrofit program in the Mexico City Metropolitan Area Draft". Harvard Center for Risk Analysis. Secretaría de Protección al Ambiente del gobierno del estado Baja California. Centro

Schwela DH (1998). Health and Air Pollution. A Developing Country's Perspective. En 11th World Clean Air and Environment Congress, Durban, Sudáfrica, 13-18 de setiembre de 1998, vol. 1, documento 1A.

Torres, J. R. (1991), Construcción y aplicación de trayectorias de retroceso de parcelas de aire al estudio de la contaminación atmosférica por ozono en

la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, Tesis Maestría, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, D. F.

TURTÓS CARBONELL, L.: Proyecto Programa Ramal Nuclear. Sistema de Modelos AERMOD para dispersión local de contaminantes atmosféricos. Salida 1/2007:

UNECE (1999). Strategies and policies for air pollution abatement. Major Review. Naciones.

UNEP, 1992; UICN/CCD, 2002Unidas, Nueva York y Ginebra, Comisión Económica Europea.

Webster (1994). Webster's New Encyclopedic Dictionary. Colonia, Könemann.