

---

CLIMA URBANO Y CONTAMINACIÓN

---

CAC-01

**LA CLIMATOLOGÍA URBANA EN LOS TRÓPICOS.  
DESARROLLO Y PERSPECTIVAS**

Ernesto Jáuregui Ostos  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
E-mail: ejos@ccaunam.atmosfcu.unam.mx

Al finalizar el siglo XX había 170 ciudades grandes (de un millón ó más de habitantes) en su mayoría situadas en países en desarrollo (WMO, 1996).

Para el año 2025 la mayoría de la población mundial vivirá en áreas urbanas de las cuales un 90% ocurrirá en el mundo en desarrollo, ubicado principalmente en los trópicos (UNEP World Bank, 1996). Estas cifras dan una idea de la relevancia y prioridades que debe darse a los estudios del clima de ciudades. Las grandes ciudades tropicales enfrentan actualmente una degradación de su ambiente incluidos aspectos del clima urbano tales como inundaciones, ondas de calor, contaminación del aire, etc. con efectos adversos a la salud. En el presente trabajo se ilustra el desarrollo de los estudios de clima urbano en los trópicos en comparación con los correspondientes a los países desarrollados. Una revisión bibliográfica revela que si bien en la década de los años 70 el número de trabajos de clima urbano en los trópicos representaba solo un 1% de los realizados en países industriales, para la década de los años 90 esta proporción subió a un 20%.

Aún cuando una parte considerable de dicho incremento estuvo constituido por estudios descriptivos que sólo requirieron instrumentación simple, ya al mediar los años 1980's se iniciaron los trabajos de clima urbano en los trópicos (p. ej. el balance energético) que implican un mayor grado de sofisticación. Finalmente se señalan las áreas de investigación en este campo que convendría desarrollar.

CAC-02

**VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LAS  
PARÁMETROS METEOROLÓGICAS Y CONTAMINANTES  
EN GUADALAJARA, MÉXICO**

Tereshchenko I.E., Figueroa A.M. y Filonov A.E.  
Depto. de Física, Universidad de Guadalajara  
E-mail: itereshc@ccip.udg.mx

Se hacen el análisis de la distribución espacio-temporal de los magnitudes meteorológicas y los contaminantes de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), México. fue utilizada la base de los datos horarios de la Red Automática de Monitoreo de Atmosférico, que pertenece a la Secretaria de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES). En el trabajo se analizó la distribución de los datos horarios

promedios mensuales de la temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y los seis contaminantes principales tales como: CO; SOX, NO<sub>2</sub>, NOX, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub> de los años 1994-2001. La comparación de la fluctuación diaria de los parámetros meteorológicos claramente muestra una variabilidad anual. El curso diario de la temperatura para cada año analizado muestra variaciones específicas. En promedio las temperaturas máximas se identificaron en el periodo marzo a mayo entre las 14:00 y las 19:00 horas de la hora local (HL). En 1998, las mismas temperaturas se detectaron a partir de la segunda mitad de febrero hasta junio en el intervalo de las 13:00 a las 21:00 HL. Es decir las temperaturas máximas se iniciaron un mes antes y perduraron durante el día por 5 horas en comparación de 3 horas en otros años. Las temperaturas diarias mínimas (10 °C y menores) se observaron en el intervalo entre las 6:00 y las 9:00 HL. En 1998 estos valores de temperatura mínima se registraron desde enero a marzo entre las 5:00 y las 9:00 HL. El comportamiento diario de los valores de la humedad relativa fue diferente para 1998 y otros años. Valores pequeños (menores a 30%) se observaron desde diciembre a marzo en la segunda mitad del día. Tales valores se conservaron valores desde las 13:00 hasta las 19:00 HL, aunque en el año de 1998 estos valores se conservan desde las 11:00 hasta las 23:00 HL. Valores de humedad relativa superiores a 70% se observaron en las horas nocturnas y matutinas. La comparación entre la serie de tiempo analizada muestra que en general la humedad relativa registro valores mas bajos en año 1998. En este año se registró el fenómeno de El Niño mas intenso del siglo lo que de alguna manera fue también registrado por las estaciones de la RAMA en todas las variables meteorológicas. La velocidad y dirección del viento tuvieron un comportamiento diario y anual claramente identificado. Por la noche se observaron vientos débiles (1- 3 m/s) con dirección inestable, para la segunda mitad del día en general se intensifico el viento con una velocidad de hasta 5 m/s y hasta de 9m/s en 1998. En las horas del día dominaron los vientos de rumbo noroeste. El cálculo de la rosa de viento lineal nos muestra que en casi todas las estaciones el viento presenta dos ciclos, desde noviembre a mayo (periodo con poca lluvia)el viento muestra una rotación diaria; y desde junio a octubre, una dirección dominante hacia el norte (periodo de lluvias). El análisis de los contaminantes muestra que en la ZMG el ozono y las partículas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>) rebasan con mayor frecuencia la norma y su distribución no es homogénea. De manera similar a los parámetros meteorológicos, el CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> muestran los valores más altos en el año de 1998. Sin embargo el ozono y SO<sub>x</sub> registraron los mayores valores de toda la serie en el año de 1996 cuando la norma de este contaminante superó dos veces el valor internacional. De forma general se observa una tendencia decreciente en los valores de todos los contaminantes a partir del año de 1999 hasta el fin de la serie analizada.

CAC-03

**ANÁLISIS DE TENDENCIA TEMPORAL UTILIZANDO VARIABLES INDICADORAS EN LOS CONTAMINANTES QUE EXCEDEN CON MÁS FRECUENCIA LA NORMA (O<sub>3</sub> Y PM<sub>10</sub>) EN LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JALISCO**

Rubén Sánchez Gómez<sup>1</sup> y Cecilia Nájera Cedillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Matemáticas, CUCEI, Universidad de Guadalajara  
E-mail: rsanchez@ccip.udg.mx

<sup>2</sup> Depto. de Física, CUCEI, Universidad de Guadalajara

Los niveles altos de contaminación química observados en ciudades grandes, ha motivado el uso y aplicación de medidas con las que se pretende reducir de alguna forma las emisiones de gases a la atmósfera.

Establecer una metodología que permita dar seguimiento al comportamiento de los contaminantes es de suma importancia y en particular, haciendo énfasis en modelar las situaciones en las que se excede con más frecuencia la norma.

El análisis de magnitudes que exceden una norma o nivel u (umbral) se ha desarrollado en años recientes en muchas aplicaciones prácticas y la elección natural para modelar estas excedencias es la distribución Pareto generalizada.

En la ciudad de Guadalajara y zonas conurbadas, en base a la norma de calidad del aire, los contaminantes que exceden con más frecuencia la norma son el ozono (O<sub>3</sub>) y las partículas suspendidas menores a 10 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>10</sub>).

Se presentan los resultados obtenidos al analizar las magnitudes que exceden la norma para estos dos contaminantes, se asume que estas excedencias se ajustan al modelo Pareto generalizado y se propone el uso de variables indicadoras para investigar el comportamiento de las excedencias año con año y para la serie completa.

CAC-04

**RESULTADOS PRELIMINARES DEL MONITOREO DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS PM<sub>10</sub>**

Villa-Gómez D.K.<sup>1-2</sup>, Escalona-Alcázar F.J.<sup>3</sup>, Paniagua-Chávez V.<sup>4</sup> y Bañuelos-Quezada V.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Unidad Académica de Ciencias Químicas, UAZ  
E-mail: denyskristalia@hotmail.com

<sup>2</sup> Subdirección de Investigación, Proyectos y Monitoreo Ambiental. Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

<sup>3</sup> Depto. de Ordenamiento Ecológico, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

<sup>4</sup> Depto. de Informática. Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

<sup>5</sup> Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

Las partículas PM<sub>10</sub> (tamaño menor que 10 micrómetros) son las de mayor importancia en los problemas de contaminación urbana, porque debido a su tamaño pueden penetrar pulmones y causar daños significativos a la salud.

El desarrollo que ha mostrado la zona conurbada Zacatecas-Guadalupe, así como el crecimiento de éstas ciudades ha traído consigo el incremento de las descargas atmosféricas, principalmente por el parque vehicular y la industria, sobre todo las actividades mineras. Esto ha creado la necesidad de conocer y tener un control sobre la calidad del aire.

En el Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas se ha iniciado, de forma irregular, el monitoreo de partículas PM<sub>10</sub> con el que se han determinado la concentración de metales pesados y bioformas. Los metales que se determinan son Pb, Cd, As, Ni, Cr, Cu y Au, debido a que la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL/93 los clasifica como peligrosos por su toxicidad en el ambiente y daños a la salud. Con la concentración de éstos elementos se obtienen los parámetros de toxicidad indicados en la NOM-052-ECOL/93, de esta manera se determina si se está dentro de los parámetros permitidos o no y, como el reporte es semanal se puede establecer la variación de concentración de PM<sub>10</sub> en diferentes periodos del año.

Los primeros resultados indican que la calidad del aire no es del todo satisfactoria debido a que un elemento está ligeramente por encima de la norma (Hg). Otros filtros están en proceso de análisis y los resultados que se obtengan permitirán constreñir la calidad del aire.

CAC-05

**ANÁLISIS DE TENDENCIA ESPACIAL MEDIANTE COMPARACION DE POBLACIONES PARETO GENERALIZADO EN LAS CONCENTRACIONES DE OZONO Y PM<sub>10</sub> EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JALISCO**

Rubén Sánchez Gómez<sup>1</sup> y Cecilia Nájera Cedillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Matemáticas, CUCEI, Universidad de Guadalajara  
E-mail: rsanchez@ccip.udg.mx

<sup>2</sup> Depto. de Física, CUCEI, Universidad de Guadalajara

La problemática atmosférica de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), como en la gran mayoría de ciudades grandes, se encuentra estrechamente ligada con las características de desarrollo industrial y afluencia vehicular.

Ahora bien, existen zonas predominantemente industrializadas y zonas con mayor circulación de automotores que otras. Geográficamente, la ZMG se ubica en el centro del Estado de Jalisco, al suroeste de la meseta central a una latitud de 20°39'54"N, longitud 103°18'42"W y una altitud promedio mayor a 1500 m sobre el nivel medio del mar. Al noreste de la ciudad se tienen alturas bajas (barrancas) de 100 a 200 m sobre el nivel de la metrópoli, pero el resto está franqueado por conjuntos montañosos con alturas de 100 a 300 m que constituyen parcialmente una barrera física natural a la circulación del viento, impidiendo el desalojo del aire contaminado fuera de la ZMG.

Bajo estas condiciones, es de esperarse que los niveles de contaminación en el aire presenten diferencias observables en los distintos puntos de monitoreo ambiental. Por esto, establecer comparaciones en las diferentes zonas proporciona la posibilidad de detectar puntos en los cuales los niveles de contaminación presentan comportamientos semejantes, o bien puntos de monitoreo que muestran mayor riesgo de exceder la norma.

En este trabajo se exhiben los resultados obtenidos al analizar las magnitudes que exceden la norma de calidad del aire, utilizando el modelo Pareto generalizado. Se presenta un estudio de comparación de poblaciones para establecer la distribución espacial de las concentraciones de los contaminantes registrados en la Red Automática de Monitoreo Ambiental instalada en la ZMG.

CAC-06

#### IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE ÁCIDOS CARBOXÍLICOS EN AIRE AMBIENTE: FASE GAS Y MATERIA PARTICULADA

María Teresa Limón-Sánchez<sup>1,2</sup>, José Luis Arriaga-Colina<sup>2</sup> y Luis Gerardo Ruíz-Suárez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: mlimon@www.imp.mx

<sup>2</sup> Instituto Mexicano del Petróleo

Ácidos carboxílicos de bajo peso molecular presentes en aire ambiente fueron colectados en fase gaseosa y en materia particulada de enero a marzo de 2002 en tres sitios en la Ciudad de México: Caseta de la RAMA La Merced (MER), techo del Centro de Ciencias Multidisciplinarias (IZT) y techo del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CU). El muestreo se realizó con ayuda del Sistema de Despojador Anular (SDA) a un flujo de 10 lpm, durante 12h de muestreo de 06:00 a 18:00h y de 18:00 a 06:00h cada cuarto días. Las muestras se transportaron al laboratorio sobre una cama de hielo azul, donde se extrajeron y analizaron por medio de la técnica de cromatografía de líquidos con detección ultravioleta a 210nm. Las especies encontradas en los extractos fueron ácido fórmico (CHOOH), ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) y ácido propiónico tanto en fase gaseosa como en particulada. La concentración promedio para cada especie es 15.6, 14.1 y 4.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente.

CAC-07

#### DESARROLLO DE UNA TÉCNICA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO QUE PERMITE LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FORMALDEHÍDO EN FASE GAS Y FASE PARTÍCULA PRESENTE EN LA ATMÓSFERA

Andraca-Ayala G.L., Ruíz-Suárez L.G. y Montero G.

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: gema@ccaunam.atmosfcu.unam.mx

Para la determinación de formaldehído en la atmósfera se han venido usando diversas técnicas de muestreo que permiten obtener ya sea la fase gas, la fase partícula o la suma de ambas como un total sin poder diferenciar entre ambas. Debido a esto se ha desarrollado una técnica de monitoreo que permita la determinación del equilibrio del formaldehído en las dos fases al mismo tiempo.

El sistema desarrollado es un acoplamiento de dos técnicas de muestreo, en un sólo procedimiento. Se utilizaron dos despojadores anulares (URG) de tres canales recubiertos en su interior con una solución ácida de 2,4 dinitrofenilhidrazina para la captura de fase gas de formaldehído presente en la atmósfera, acoplados a un portafiltro contenedor de una membrana de teflón (Gelman Science) de 47 mm con un poro de 1  $\mu\text{m}$  para la captura de partículas. Esta membrana era tratada inmediatamente después de finalizado el monitoreo con una solución de 2,4 dinitrofenilhidrazina (DNPH) para fijar el formaldehído contenido en las partículas para su posterior análisis. El análisis químico fue por cromatografía de líquidos y detección uv-vis.

En muestreos realizados en la Ciudad de México los resultados obtenidos nos indican concentraciones de fase gas desde 26.54 a 11.99  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y para formaldehído en fase partícula de 4.37 a 3.03  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las concentraciones en fase gas se encuentran en los niveles reportados en otros trabajos. En lo que respecta la fase partícula los resultados están por encima de los reportados en otras técnicas de muestreo.

Esto puede deberse a que la configuración del equipo que se desarrolló en este trabajo permite evitar la mayoría de los errores de muestreo. En el sistema de muestreo se colocó como primer término un ciclón (URG) con un punto de corte específico de 2.5  $\mu\text{m}$ , a continuación un despojador anular de tres canales de 15 cm de largo recubierto con una solución de KI al 10%, en serie a este un despojador anular de tres canales de 24.5 cm de longitud recubierto con una solución de DNPH para la captura de formaldehído en fase gas, acoplado a este el portafiltros contenedor de la membrana de teflón, finalmente un segundo despojador anular de tres canales recubierto con DNPH para capturar la fase gas que se desprende de las partículas acumuladas en la membrana de teflón. De esta forma la fase partícula reportada es la suma de la concentración determinada en la membrana y en el segundo despojador.

CAC-08

### LA CONCENTRACIÓN DE SO<sub>2</sub> EN LA ATMÓSFERA DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y LOS CAMBIOS O REFORMULACIÓN DE DIVERSOS COMBUSTIBLES FÓSILES

José Luis Bravo<sup>1</sup>, Ma. Magdalena Nava<sup>2</sup> y Jorge Raúl Gasca<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: jlbravo@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

<sup>2</sup> Instituto Mexicano del Petróleo

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) presenta problemas de calidad del aire relacionados con las características de su alta densidad poblacional, características geográficas y de la abundancia de fuentes fijas y móviles en el área. Entre los compuestos cuya presencia es dañina tanto para la salud como para el ambiente se encuentra el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) emitido principalmente por la combustión de energéticos conteniendo azufre, para los cuales ya hay estrategias de control.

Se analiza el comportamiento de los niveles de SO<sub>2</sub> atmosféricos y su relación con el volumen detallado de la demanda regional de combustibles fósiles del tipo petrolíferos, así como su especificación de calidad en el periodo 1988-2000. Los datos usados provienen de las bases de datos del Instituto Mexicano del Petróleo referentes al inventario de combustibles y a las concentraciones de SO<sub>2</sub> determinadas por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) del GDF. Se analizan los valores medios que representan la zona total, como ZMCM y separadamente sus 5 regiones (Noreste, Noroeste, Centro, Sureste y Suroeste).

Empleando Análisis de Cúmulos se identificaron 3 periodos en el comportamiento del contaminante. El primero, con niveles altos, va de 1988 hasta diciembre de 1991, fecha en la que se eliminó del mercado el uso de combustóleo en la ZMCM; el segundo hasta octubre de 1993, período caracterizado por la inestabilidad en la concentración debido a la implantación de las medidas más importantes para reducir los niveles y el tercer período, a partir de esa fecha y hasta octubre de 2000, con estabilidad de las concentraciones en niveles por debajo de la norma. Empleando las observaciones del primero y último periodos se ajustaron líneas por mínimos cuadrados para evaluar el contenido de azufre en función de la concentración de SO<sub>2</sub> por región.

Como resultado de las acciones para controlar el azufre en los petrolíferos, la concentración de SO<sub>2</sub> se abatió en proporciones variables que van desde 61.2% hasta 71.3% en las diferentes áreas de estudio. No obstante, las estaciones ubicadas al norte, presentaron valores inusuales y altos de SO<sub>2</sub>, de noviembre de 2000 a marzo de 2001, que exceden los intervalos de confianza de 90% de los pronósticos realizados con modelos ARIMA a la parte estable de las series. El modelo permitió determinar la magnitud de la emisión, lo cual indica el uso temporal de combustibles ricos en azufre, no registrados en el inventario de demanda de esta región.

CAC-09

### MEDICIONES DE CARBONILOS EN EL VALLE DE MÉXICO Y SU CORRELACIÓN EN EL CAMBIO DE EMISIONES POR CAMBIO DE GASOLINA

Guillermo Montero Martínez y Gema Luz Andraca Ayala

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: gmontero@ccaunam.atmosfca.unam.mx

Los compuestos carbonilos son de importancia primordial en los procesos de esmog fotoquímico y se han identificado más de 50 diferentes compuestos de este tipo en la atmósfera. Estos compuestos son emitidos directamente o bien como resultado de reacciones químicas de una gran variedad de especies orgánicas presentes en el ambiente.

Durante los años de 1996 a 1998 se realizaron mediciones de carbonilos en cuatro sitios aledaños al Valle de México. La metodología para coleccionar las muestras consistió en la utilización de despojadores anulares y filtros impregnados con 2,4-dinitrofenilhidrazina. El objetivo fue coleccionar una mayor cantidad y variedad de compuestos, ya que el volumen de aire que pasa a través de este sistema es mucho mayor que en otros sistemas de colección, como es el caso de los cartuchos.

El análisis de las muestras fue hecho en un cromatógrafo de líquidos con un detector UV/Visible y se cuantificaron hasta cinco carbonilos diferentes. Los compuestos determinados son los más ligeros, aunque existen más picos en los cromatogramas. Análisis posteriores por medio del factor de capacidad,  $k'$ , indican una variación en las concentraciones de carbonilos con 5 átomos de carbono entre las muestras de 1998 y años anteriores. Esta variación se atribuye principalmente al cambio de tipo de gasolina distribuida en la zona metropolitana de la Ciudad de México durante el verano de 1997 y a la instalación de mejores sistemas de recuperación de vapores en las gasolineras de la ciudad.

CAC-10

### RESULTADOS PRELIMINARES DEL MONITOREO DE RAYOS UV EN ZACATECAS

Villa-Gómez D.K.<sup>1,2</sup>, Escalona-Alcázar E.J.<sup>3</sup>, Paniagua-Chávez V.<sup>4</sup> y Bañuelos-Quezada V.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Unidad Académica de Ciencias Químicas, UAZ

E-mail: denyskristalia@hotmail.com

<sup>2</sup> Subdirección de Investigación, Proyectos y Monitoreo Ambiental, Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

<sup>3</sup> Depto. de Ordenamiento Ecológico. Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

<sup>4</sup> Depto. de Informática. Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

<sup>5</sup> Instituto de Ecología y Medio Ambiente de Zacatecas. GODEZAC

La radiación solar ultravioleta es la radiación solar invisible que ocurre en tres rangos de longitudes de onda UV-A, UV-B y UV-C. De las cuales, la UV-B es la más dañina para la salud

de las personas y los ecosistemas. La Ciudad de Zacatecas debido a su ubicación geográfica y altitud está más expuesta a este efecto nocivo. Asimismo la Ciudad de Fresnillo, por su cercanía con el Trópico de Cáncer. Para evaluar el efecto nocivo que pudiera tener la radiación UV-B y cuantificar sus efectos desde abril del año 2001 se realiza un monitoreo continuo de la radiación solar ultravioleta en las bandas UV-A y UV-B. El monitoreo genera un registro cada media hora.

Para sistematizar el registro y almacenamiento de los datos se diseñó un programa que permite visualizar la intensidad de la radiación solar ultravioleta en las bandas UV-A y UV-B durante el día. El programa está diseñado de tal manera que la intensidad de la radiación es desplegada en una gráfica tiempo vs intensidad (UV-A y UV-B). Este programa de monitoreo busca definir el tiempo de exposición que puede tener una persona a determinadas horas del día y durante las diferentes épocas del año antes de ser afectada por los rayos UV.

El análisis inicial de la información se basa en las intensidades de radiación observadas, principalmente en la banda UV-B, en las diferentes estaciones del año. Esta información es la que se va a utilizar para informar a la población sobre la intensidad de la radiación solar y que es reportada como el Índice UV, el cual provee los niveles de intensidad en una escala que va de cero a 15. En donde el cero significa un riesgo mínimo de exposición y más de 9 indica un gran peligro para la salud.

Los primeros resultados del monitoreo muestran que durante el verano del 2001 se registraron los niveles mas altos del índice UV, de 7 a 9. Los valores pico se registraron en el intervalo entre las 12 y 2 de la tarde.

CAC-11

#### OPTIMAL ALLOCATION OF A NEW INDUSTRIAL PLANT

Yuri N. Skiba<sup>1</sup> and Valentina Davydova-Belitskaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

E-mail: skiba@servidor.unam.mx

<sup>2</sup> CUCBA, Universidad de Guadalajara

E-mail: vdauidov@udgserv.cencar.udg.mx

Solutions of a two-dimensional (vertically integrated) transport-diffusion-reaction model and its adjoint are used for estimating the impact of industrial emissions in the Guadalajara City Metropolitan Area (GCMA). Two equivalent direct and adjoint mean pollution concentration estimates are considered for ecologically important zones of the GCMA (the Colomos Park, Historical Center and Zoo). The dependence of these estimates on the number, positions and emission rates of industrial plants, as well as on the wind and initial pollution distribution in the GCMA is qualitatively and quantitatively examined. It is shown that the adjoint model solutions serve as the influence functions providing valuable information on the role of each of the industrial plants in polluting different zones within the GCMA. These solutions have been calculated with balanced and absolutely stable second-order finite-difference

schemes based on the splitting of the model operator in x- and y- directions. Two types of climatic wind (the rainy season wind and dry season wind) and air quality estimates in the three above-mentioned ecological zones have been used in the numerical experiments described here. As one of the applications of the adjoint solutions approach, we describe a method for determining a suitable position of a new industrial plant in the area, which already contains N industries in operation. The position found for the new industry is optimal in the sense that emissions from the plant do not result in violating established sanitary norms in all the ecological zones inspected. A simplified situation, when only eleven industrial plants operate in the GCMA (N=11), is considered as an example to illustrate the method.

CAC-12

#### SALUD AMBIENTAL DEL LAGO DE CHAPALA

Orozco-Medina Marta Georgina y Davydova-Belitskaya Valentina  
Departamento de Ciencias Ambientales, CUCBA, Universidad de  
Guadalajara

E-mail: mgorozco@megared.net.mx

El agua es uno de los recursos naturales que más requieren atención, cuidado y esfuerzo para realizar acciones en torno a su recuperación. Evidentemente, el desarrollo de las comunidades humanas a través del tiempo ha desencadenado, una serie de hechos críticos que han provocado que este vital elemento presente una situación alarmante de contaminación y agotamiento (Yunes, 1994). En este sentido, imaginar el futuro escenario ambiental es desalentador y preocupante.

De la misma manera que el agua, principal generador y conservador de vida en el planeta tierra, atraviesa por un periodo del que depende su recuperación o agotamiento, el lago de Chapala, enfrenta un panorama difícil en el que su carácter natural lo lleva a una lenta y paulatina extinción. Además, su papel como abastecedor intensivo para la agricultura, industria y desarrollo urbano de una zona importante en el occidente de México, ha ocasionado que se intenten realizar en corto tiempo acciones reguladoras y sostenibles con vistas a su recuperación, lamentablemente no ha sido en lo general una intervención oportuna que lleve a frenar o atenuar su destino natural de agotamiento.

Basándose sobre el Plan Nacional de Desarrollo (México, 1994-2000) que plantea buscar el equilibrio global y regional entre los aspectos económicos, sociales y ambientales de forma que se logre contener su deterioro e inducir un ordenamiento territorial con base a las capacidades ambientales de cada zona, y dadas las características de uno de los ecosistemas más importantes y representativos de la región, se plantea este estudio con el objeto de diagnosticar el estado ambiental del lago de Chapala, predecir su capacidad de amortiguamiento, proponer soluciones posibles para evitar un deterioro mayor de este ecosistema regulador de las condiciones climáticas y ambientales de la región en la que se ubica, y finalmente, aportar elementos que fortalezcan la aplicación de las

propuestas que se derivan del "Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco", por ser además una de las regiones consideradas como prioritarias desde el punto de vista ambiental, social y productivo (POET, 1999).

Este proyecto presenta algunas fases de diagnóstico de ciertos elementos ambientales clave para el diagnóstico del lago, adhiriéndose posteriormente a una importante fase de percepción social de la población expuesta, como un testimonio que permite una visión interesante y valiosa del problema, y plantea una vez más, la necesidad de desarrollar propuestas tanto ambiental como socialmente conciliadoras y congruentes para garantizar su viabilidad de ejecución. De tal forma, el presente estudio ofrece una visión en la que confluyen los datos que se pueden traducir en indicadores esenciales para conocer las condiciones de salud ambiental del lago de Chapala.

---

## VARIABILIDAD CLIMÁTICA

---

CAC-13

### LA REVISTA ATMÓSFERA

René Garduño  
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
 E-mail: rene@ccaunam.atmosfcu.unam.mx

Se presenta la evolución durante los últimos años y la situación actual de la revista especializada *Atmósfera*, publicada por el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Destaca su inclusión en Science Citation Index en 1999. A principios de este año, su cuerpo editorial cambió por el retiro de sus fundadores. Se analiza el perfil académico, el enfoque científico y la política editorial de la revista.

CAC-14

### LA OSCILACIÓN DECADAL DEL PACÍFICO Y LA FLUCTUACIÓN DE LAS LLUVIAS DE INVIERNO EN LA VERTIENTE CONTINENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Luis Brito-Castillo y Amando Leyva-Contreras  
 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Unidad Guaymas  
 E-mail: lbrito@cibnor.mx

En este trabajo, en el período de 1921 a 1999, se estudia la relación entre la variación de las lluvias de invierno en la vertiente continental del Golfo de California y la variación de la temperatura superficial del Océano Pacífico del norte conocida como Oscilación Decadal del Pacífico (ODP). La zona de estudio se regionaliza utilizando la técnica de Funciones Empíricas Ortogonales con rotación con el método Varimax y se delimitan la región norte y la región sur. Las series estacionales fueron alizadas utilizando un filtro Hamming de orden 10. Se encuentra que las series de precipitación invernal en ambas regiones muestran tendencia hacia las bajas frecuencias con fluctuaciones del orden de 20 a 30 años tal como sucede con

el índice de la ODP (IODP). Durante 1921 a 1999, los resultados muestran que las lluvias de invierno y del IODP estuvieron en fase, es decir, las anomalías positivas del IODP corresponden con períodos de abundancia de lluvias invernales, mientras que las anomalías negativas del IODP corresponden con períodos de lluvia por debajo del normal. La correlación entre las lluvias y el IODP fue estadísticamente significativa al 95% ( $r = 0.57$ ,  $n = 79$ ). Una posible explicación a este fenómeno puede estar relacionada con el desplazamiento de la corriente de chorro polar. Cuando las aguas del Pacífico norte son más frías que normal (fase negativa del IODP), la corriente de chorro se desplaza muy al norte desviando las tormentas extratropicales en el mismo sentido provocando condiciones secas de invierno en la zona de estudio y viceversa, un mar cálido permite que las tormentas extratropicales penetren más al sur beneficiando la zona de estudio al crear un gradiente térmico en el océano y condiciones favorables para la formación de nublados. Las condiciones de la temperatura superficial del mar en el Pacífico norte, indican que la era de aguas cálidas está concluyendo, lo que significa condiciones secas de invierno en la zona de estudio para la próxima década.

CAC-15

### PRECIPITATION VARIABILITY IN TIJUANA, MEXICO: INTRASEASONAL TO DECADAL

Tereza Cavazos y David Rivas  
 Depto. de Oceanografía, CICESE  
 E-mail: tcavazos@cicese.mx

Precipitation variability in Tijuana during 1950-2000 is investigated through statistical analysis giving emphasis to extreme precipitation events (top and bottom 10%). The interannual variability is associated with El Niño/Southern Oscillation (ENSO), which explains 28% of the rainfall variability. Extreme years better correlate to strong El Niño events than strong La Niña; this is, the impacts of the extremes of ENSO in the region do not seem to be linear. There is a tendency to occur more rainfall and floods (less rainfall and less extreme events) during El Niño events (during La Niña). However, during normal years or non-ENSO, there is also a high probability that floods occur (droughts), but less than in El Niño years (more than during La Niña). Extreme events during non-ENSO years are possibly linked to tropical intraseasonal oscillations such as the Madden-Julian Oscillation (MJO) and synoptic events from the mid-latitudes. It is important to emphasize that floods in Tijuana occur during El Niño years as well as in normal years (non-ENSO) and therefore, the appropriate preventions must be taken to minimize the impact of these disasters.

The interannual variability shows decadal changes with relatively dry periods (1950-1976) followed by relatively humid periods (1977-1998) possibly associated with climatic changes in the North Pacific (Pacific Decadal Oscillation: PDO). The PDO explains 18% of the rainfall variability and it is found that the most humid years as well as the largest number of floods

occurred during the constructive phase of El Niño/PDO+. A change in the PDO and rainfall anomalies has been observed since the end of the 1990s towards more negative conditions, as in the 1950s and 1960s; if this condition continued, it could possibly imply a change towards a relatively less humid period than that of the 1980s and 1990s, then more persistent droughts could be expected in the region during this and the following decade.

CAC-16

**OBSERVACIÓN DE VIENTOS 'SANTA ANA' EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS E ISLA GUADALUPE, BAJA CALIFORNIA, EN FEBRERO DEL 2002**

Affonso Mascarenhas, Rubén Castro, Asdrubal Martínez-Díaz-de-León y Eduardo Gil-Silva  
 Facultad de Ciencias Marinas, UABC  
 E-mail: rubenc@uabc.mx  
 Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC

Durante el período del 9 al 11 de febrero del 2002, la península de Baja California (BC) fue afectada por condiciones debido a la ocurrencia de vientos Santa Ana. Los efectos de dichos vientos, fueron detectados en imágenes satelitales de color y temperatura superficial del mar, como "plumas" de polvo y de agua fría en la costa del Pacífico frente a BC. Observaciones meteorológicas dentro de la Bahía de Todos Santos (BTS), BC y en la Isla Guadalupe, BC, son utilizadas para describir la variabilidad durante el periodo que duró la condición Santa Ana. El análisis muestra claramente como el evento se manifiesta inicialmente en la BTS a partir de las 7:00 a.m. del 9 de febrero, con un marcado incremento en la velocidad media del viento, el cual pasó de 1.3 a 9.6 m/s en menos de tres horas, mientras que los valores máximos de la velocidad del viento cambiaron de 2.8-16.9 m/s en el mismo intervalo de tiempo. Los intensos vientos continuaron soplando las siguientes 48 horas, alcanzando valores máximos de 21.5 m/s. La dirección del viento cambió de Oeste-Norte-Oeste a N (300°-0°) a Noreste (60°-70°). La humedad relativa decreció de 89 a 10% en un período de dos horas. La temperatura del aire tuvo un cambio de 10.3-11.9°C a 21-24°C. La influencia de la condición Santa Ana también fue claramente observada en la Isla Guadalupe, que se localiza a 360 km al suroeste de la BTS. Sin embargo esta influencia es observada aproximadamente 17 horas mas tarde. A diferencia de la BTS, los rasgos meteorológicos más relevantes observados en Isla Guadalupe se presentan en la humedad relativa y la dirección del viento. Análisis de balance de calor demuestran como los intensos vientos y la baja humedad produjeron pérdidas de calor de la superficie del mar bastante considerables en la BTS: tres días antes al evento Santa Ana, el flujo de calor latente en promedio presentó pérdidas de  $-30 \text{ W m}^{-2}$ , durante el evento el promedio fue de  $290 \text{ W m}^{-2}$ , con el máximo de  $580 \text{ W m}^{-2}$ . El flujo de calor sensible, tuvo una ganancia de calor del océano en promedio de  $5 \text{ W m}^{-2}$ , sin embargo, durante el evento la pérdida de calor fue de  $157 \text{ W m}^{-2}$ , con el máximo de  $190 \text{ W m}^{-2}$ . Diez días después (21-23 de

febrero), se presentó otro evento Santa Ana, pero con vientos de menor magnitud, cuyo máximo en la BTS fue de 10 m/s, sin embargo la temperatura alcanzó los 25°C y la humedad relativa los 12%.

CAC-17

**PULSOS DE HUMEDAD SOBRE EL GOLFO DE CALIFORNIA**

Juan Carlos Leal y Michael W. Douglas  
 IMADES  
 E-mail: jcleal@cideson.mx

A partir de 9 años (1980-88) de observaciones tanto de la Red Mexicana de Radiosondeo como de la Estadounidense e información de NCEP, se describen algunos aspectos de la intrusión de una masa de aire más húmedo y moderadamente frío, acompañada de viento relativamente fuerte que se propaga por los niveles bajos de la atmósfera del Golfo de California. Estos eventos que ocurren durante el monzón mexicano, son generalmente referidos como pulsos de humedad. Se presenta un compuesto de 38 pulsos de humedad claramente definidos por su paso en Empalme, México. Usando las observaciones de los radiosondeos se obtuvo un compuesto con el cual se describe la estructura a escala sinóptica del pulso de humedad dos días antes y después de su paso por Empalme. Este revela que los pulsos de humedad, siendo más intensos en la troposfera baja, están asociados con una perturbación ciclónica de bajas latitudes que pasa por el sur del Golfo de California; ésta puede delinear desde el Golfo de México. Con base en el uso de la información de NCEP para los mismos eventos, se obtiene una evolución similar, aunque con una amplitud más débil.

CAC-18

**FLUJOS DE MOMENTO MERIDIONAL POR PERTURBACIONES EN EL CARIBE**

José Antonio Salinas Prieto y Víctor O. Magaña  
 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
 E-mail: jsalinas@tlaloc.imta.mx  
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

Se presenta un estudio del flujo de momento por perturbaciones de período entre 3 y 9 días y su relación con las aceleraciones del viento zonal registradas en el Caribe en niveles bajos (925 mb) en verano del hemisferio norte.

Se calcula el vector de flujo Eliassen-Palm como un indicador de la distribución de momento horizontal debido a perturbaciones y la isotropía de éstos eddies. Estimando la divergencia de éste vector de flujo de momento en el Atlántico y el mar Caribe, se identifican áreas de convergencia meridional que favorecen la aceleración del flujo medio zonal.

Se calculó la transformación barotrópica entre perturbaciones y flujo medio zonal, mediante éste vector y el gradiente de la corriente media.

Los análisis muestran una transformación barotrópica negativa en el Caribe entre mayo y agosto (los eddies pierden energía cinética cediéndola a la corriente media zonal), acelerándola mediante convergencia meridional de momento debido a perturbaciones. Para los meses de septiembre y octubre la transferencia es positiva (los eddies ganan energía cinética tomándola de la corriente zonal, desacelerándola con ello) intensificándose los eddies entre el Caribe y Península de Yucatán en éste período.

El balance de momento entre aceleraciones zonales y la convergencia meridional de momento en el Caribe demuestran el proceso de transferencia energética entre perturbaciones y flujo medio citado, con mayor claridad en el Caribe.

CAC-19

### PRONÓSTICO ESTACIONAL EN LA REPÚBLICA MEXICANA USANDO UN MODELO TERMODINÁMICO

Victor M. Mendoza, Berta Oda y J. Adem  
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
 E-mail: victor@ccaunam.atmosfcu.unam.mx

Se usa el modelo termodinámico del clima (mtc), desarrollado en el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, para llevar a cabo pronósticos estacionales de las anomalías de la temperatura de la superficie y de las anomalías de la temperatura del aire en el nivel de 700 mb así como de la precipitación en el Hemisferio Norte con especial énfasis en la República Mexicana.

Usando una base de datos de 39 años de NOAA/NCEP se llevaron a cabo una serie de experimentos numéricos en donde una verificación objetiva muestra estadísticamente que el mtc tiene cierta habilidad para pronosticar las anomalías de la temperatura del aire en el nivel de 700 mb y de la precipitación en la República Mexicana.

El pronóstico de las anomalías de la precipitación se lleva a cabo usando una fórmula paramétrica que expresa dichas anomalías en términos de las anomalías de la temperatura del aire y del viento térmico en el nivel de 700 mb.

La habilidad del mtc en el pronóstico estacional esta basada en el hecho de que el modelo es capaz de generar anomalías de temperatura del aire en el nivel de 700 mb a través de los flujos desde la superficie del mar de radiación de onda larga, de calor sensible y calor latente (este último liberado por condensación al nivel de las nubes). Posteriormente, dichas anomalías en la atmósfera son transportadas al continente por turbulencia de gran escala vía un coeficiente Austausch y por viento térmico en la atmósfera media, en el continente estas anomalías interactúan con la superficie generando a su vez anomalías en la temperatura del aire de la superficie continental y anomalías en la precipitación.

CAC-20

### EFFECTOS DE "EL NIÑO" 2002-03 EN LA PRECIPITACIÓN DEL ESTADO DE GUANAJUATO

Genaro Montesinos Silva  
 Cuerpo Académico de Producción y Desarrollo Agropecuario,  
 Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato  
 E-mail: genaros@dulcinea.ugto.mx

A partir de septiembre del 2001 comenzaron a difundirse los pronósticos de la posibilidad de un evento débil "El Niño" en el 2002. Conforme fue transcurriendo el tiempo, las predicciones se hicieron más precisas y en el mes de abril de este año, aun sin puntualizar la intensidad del evento, las comunicaciones de la NOAA mencionaban los probables impactos en el clima del vecino país del norte. El reporte oficial del retorno del ENSO, ratificado como débil, fue hecho por dicha agencia en los primeros días de julio del 2002.

En este contexto, por primera vez en nuestro país se desarrollaron acciones para aprovechar la información obtenida en los estudios de los eventos pasados, sobre los impactos del fenómeno en nuestras condiciones climatológicas, destacándose el desarrollo de los Foros sobre El Niño y la Predicción Climática en México, de los cuales se generaron importantes conclusiones, así como la difusión en la red de pronósticos climatológicos estacionales. Para el caso del Estado de Guanajuato, se previó un retraso en el establecimiento de la temporada de lluvias, y la presencia de un déficit de la precipitación en el mes de junio, si bien la precipitación anual tendría un valor cercano al normal.

Usando la información generada por 14 estaciones en la entidad, los resultados preliminares de un análisis de la distribución de la precipitación, muestran que aunque hubo localidades con inicio "normal" del temporal a mediados de junio, como la capital del estado, el retraso del inicio de la estación de lluvias fue de dos semanas para la mayoría de las estaciones, y de casi un mes en localidades como Acámbaro, Dolores Hidalgo, Irapuato, y San Luis de la Paz.

Un efecto que caracteriza a "El Niño" del 2002-03, es la falta de presencia de la sequía intraestival, la cual normalmente había ocurrido en la región en otros años entre la última decena de julio y la primera de agosto, relacionada de manera directa con la presencia e intensidad del evento.

CAC-21

### COMPORTAMIENTO E INTERACCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS, E - P - T EN LA CUENCA DEL LAGO DE CHAPALA

Davydova-Belitskaya V.<sup>1</sup>, Esparza Santana R.<sup>1</sup>, Martínez Zatarain A.<sup>2</sup> y Guzmán Arroyo M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Ciencias Ambientales, Universidad de Guadalajara  
E-mail: vdauidov@udgserv.cencar.udg.mx

<sup>2</sup> Depto. de Ecología, CUCBA, Universidad de Guadalajara

Ultimamente se ha especulado acerca de que el estado actual de los niveles del lago de Chapala está a expensas de factores naturales tales como incremento de evaporación y disminución de precipitación en la cuenca, relacionados con variaciones climáticas naturales a muy largo plazo (>40 años). Por otro lado, existe una serie de trabajos bien fundamentados que atribuyen el estado deplorable del lago no a factores climáticos naturales sino a componentes antropogénicas; las entradas (rio Lerma principalmente) y salidas (rio Santiago, Santa Cruz, uso clandestino, etc.) de agua.

El análisis del comportamiento espacial y temporal de la interacción de las variables climatológicas observadas sobre la cuenca del lago de Chapala permiten evaluar su contribución en el balance hidrológico del lago y por lo tanto, prever la modificación de los niveles y volúmenes de éste considerando las entradas y salidas de agua.

En el trabajo fueron analizadas las series largas de los totales diarios, mensuales y anuales por precipitación (R, mm) y evaporación (E, mm). Además se analizó la relación de la evaporación con los promedios diarios, mensuales y anuales por temperatura. El estudio del comportamiento temporal se basó en el análisis espectral y técnicas de descomposición de series largas. Técnicas de interpolación se aplicaron para inferir sobre el comportamiento espacial.

Entre los resultados más importantes que fueron obtenidos en ésta etapa del trabajo se pueden mencionar los siguientes: determinación de las tendencias tanto lineales como no lineales de todos los parámetros climatológicos, su descomposición estacional y cíclica. Estimación de la variabilidad climática inter e intra estacional. Cálculo de las fechas de inicio y fin de la temporada de lluvias en cada una de las estaciones. Construcción de los campos por temperatura, evaporación, precipitación y su variación interanual e interestacional.

El estudio fue financiado con fondos del CONACyT y de la Universidad de Guadalajara.

CAC-22

### EVALUACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE RADIACIÓN SOLAR CON IMÁGENES DEL SATÉLITE GOES, EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Miguel Agustín Rivera Díaz, Jaime Garatuza Payán y Christopher J. Watts

Instituto Tecnológico de Sonora  
E-mail: garatuza@yaqui.itson.mx

El objetivo del presente proyecto es evaluar los flujos de radiación solar en la región noroeste de México, estimados a partir de imágenes de los satélites GOES-10 y GOES-8, correlacionando estos datos con mediciones obtenidas en dieciséis estaciones piranométricas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), para el periodo de enero-agosto de 2000. La zona de estudio está comprendida entre los paralelos 22.5°-36° latitud Norte y los meridianos 102°-117.5° longitud Oeste, y abarca los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, zona serrana de Chihuahua, porción norte de Sinaloa; además, incluye una franja de California y Arizona en Los Estados Unidos de América. Las estaciones del SMN se ubican a lo largo de la península de Baja California, Chihuahua y Sonora; utilizan piranómetros marca Kipp & Zonen, modelo CM 11, obteniendo datos continuos de radiación solar promedio en Watts m<sup>-2</sup>, con registros cada 10 minutos en las 24 horas del día. El sensor de GOES capta imágenes con valores de radianza (brillo) para la banda visible (0.52-0.72 μm), con resolución espacial aproximada de 1x1 km y resolución temporal de 15 minutos; Los datos de GOES-10 son recibidos y procesados en la Estación de Percepción Remota del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), utilizando el algoritmo del ¿Global Energy and Water-Cycle Experiment Surface Radiation Budget (GEWEX/SRB)?, generando imágenes instantáneas de radiación solar en Watts m<sup>-2</sup> con una resolución aproximada de 4 km (Garatuza *et al.*, 2001). Los datos de GOES-8 son recibidos en el Departamento de Meteorología de la Universidad de Maryland y procesados con otra implementación del mismo algoritmo, generando imágenes con una resolución de 0.5 grados. Se seleccionaron periodos de 9 horas (15:00-24:00 GMT); y se empleó el software IDRISI para extraer de las imágenes los valores de radiación solar para la ubicación de cada estación. Finalmente, se implementa un modelo de ajuste con ordenada al origen, utilizando la técnica de regresión lineal simple y apoyándose en diagramas de dispersión y series de tiempo mensuales. Los resultados obtenidos indican buena correlación en el caso de ambos satélites, con pendientes en la recta de ajuste cercanas al 1 (esto es:  $y = x$ ) en zonas de baja altitud, observándose valores de R<sup>2</sup> cercanos a 0.80 en promedio; en cambio, en el caso de la estimación de alta resolución con GOES-10, a medida que aumenta la altitud, existe una tendencia a la subestimación (entre 10 y 20%) que aumenta con la altura del sitio y con valores de R<sup>2</sup> de alrededor de 0.70, e inclusive inferiores en zonas que sobrepasan los 2000 msnm.

CAC-23

### LA TEMPERATURA DEL SUELO Y EL BALANCE ENERGÉTICO DE LA SUPERFICIE EN EL EXPERIMENTO MATADOR

Ricardo Mendoza<sup>1</sup>, Carlos Lizárraga<sup>1</sup>, Christopher Watts<sup>2</sup>, Oscar Hartogensis<sup>3</sup> y Nilton Renno<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Sonora

E-mail: carlos@fisica.uson.mx

<sup>2</sup> IMADES

<sup>3</sup> Universidad de Wageningen

<sup>4</sup> Universidad de Arizona

En Junio de 2002, el experimento internacional denominado MATADOR se llevó a cabo para estudiar las características de los remolinos de polvo. Estos remolinos son muy frecuentes en regiones desérticas donde la temperatura del suelo alcanza los 70°C y/o las condiciones atmosféricas son muy inestables. La campaña experimental se realizó en la localidad de Eloy, Arizona en un área agrícola no cultivada durante un período de 3 semanas. El equipo científico se diseñó para medir la estructura termodinámica de los remolinos, además de su campo eléctrico. Adicionalmente con estas mediciones se pretende evaluar la importancia de los remolinos en el transporte de calor en atmósferas muy inestables. El experimento financiado por la NASA forma parte de los preparativos de una misión a Marte en el año 2007, dado que los remolinos en Marte son inmensos y transportan mucho polvo. La instalación consistió en tres torres meteorológicas que conformaron un triángulo equilátero de 20 m cada lado y se instalaron 4 sistemas para medición de flujos: uno en cada torre a 3 m y otro en una torre a 9m. La frecuencia de muestreo de estos sistemas fue de 20 Hz y la información se almacenó en datos crudos. Además, se instalaron 1 radiómetro neto CNRI, 2 termómetros infrarrojos para medir la temperatura de suelo, 4 termómetros y 4 placas para medir flujos de calor a diferentes profundidades del suelo. La frecuencia de muestreo para estos últimos sensores fue de 1 Hz y se almacenaron en datos promedios de cada minuto.

El suelo fue muy seco y no llovió durante el experimento. Los valores típicos para los máximos diarios de radiación neta ( $R_n$ ), flujo de calor en el suelo ( $G$ ) y temperatura de superficie ( $T_s$ ) fueron de 500 W m<sup>-2</sup>, 170 W m<sup>-2</sup> y 65°C respectivamente, por lo que  $G$  representa la tercera parte de  $R_n$ . Por otra parte, los valores de  $T_s$  y  $G$  muestran variaciones periódicas con cambios frecuentes típicos de hasta 4°C y 50 W m<sup>-2</sup> respectivamente, aún en días perfectamente despejados. Ocasionalmente, se observaron variaciones mayores con valores de 10°C y 100 W m<sup>-2</sup> asociados con remolinos u otras estructuras turbulentas. Estas observaciones enfatizan la importancia del suelo en el balance energético de la superficie y motiva al desarrollo de modelos para la simulación del movimiento de calor en suelo relativamente homogéneo. Se presentará un resumen de los resultados del experimento así como un análisis detallado de la modelación de la temperatura de la superficie y del flujo de calor en el suelo.

CAC-24

### LA RED DE PLUVIÓGRAFOS PARA EL EXPERIMENTO DEL MONZÓN DE AMÉRICA DEL NORTE

Christopher Watts<sup>1</sup>, Juan Carlos Leal<sup>1</sup>, Jaime Garatuza<sup>2</sup>, David Gochis<sup>3</sup> y Jim Shuttleworth<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IMADES

E-mail: watts@cideson.mx

<sup>2</sup> ITSON

<sup>3</sup> Universidad de Arizona

Se describen algunos aspectos técnicos de la implementación de una red inicial de 50 pluviógrafos digitales de balancín (que registran cada 0.25 mm de lluvia) y otra de 300 pluviómetros manuales en los estados de Sonora, Chihuahua y Sinaloa como parte de las actividades del Experimento del Monzón de América del Norte (NAME, por sus siglas en inglés). Estas redes fueron diseñadas para fortalecer la red existente de la Comisión Nacional del Agua (CNA) durante los años 2002 al 2004 correspondiente a la duración del programa NAME, con la cual se logra una mejor cobertura espacial y temporal de las lluvias sobre la región serrana del noroeste de México, útil para describir mejor la naturaleza estocástica e intermitentes de las lluvias. La red de pluviógrafos digitales se diseñó para evaluar la dependencia topográfica de las lluvias a través de tres vías carreteras principales que describen transectos perpendiculares a la sierra. Esta distribución también permitió instalar 12 colectores de agua de lluvia en distintos puntos estratégicos de la sierra para el análisis de isótopos (<sup>18</sup>O y deuterio), con el cual se puede determinar el origen de la humedad. La instalación de los pluviógrafos, pluviómetros y colectores de agua de lluvia se llevó a cabo durante el mes de Julio de 2002, siendo notable la ausencia de las lluvias en gran parte de las localidades a mediados de dicho mes. El ciclo diurno de las lluvias sobre la región noroeste de México se describe con detalle, además de algunos aspectos básicos de las lluvias como su intensidad, duración y frecuencia. Esta información en conjunto con la generada por la CNA, podrá consultarse por el público en general vía internet.

CAC-25

### ESTIMATION OF RAINFALL OF THE MEXICO CITY VALLEY COMBINING METEOROLOGICAL RADAR AND GAUGE DATA

Martín Díaz Viera<sup>1</sup>, Graciela S. Herrera<sup>2</sup> and Arturo Valdés<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: mdiaz@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

<sup>2</sup> Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

<sup>3</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Precipitation is one of the main components of the hydrologic cycle and information about it is indispensable for flood prediction. For this reason, it is important to count with good rainfall estimates. Because of its large variability in space and time, precipitation is difficult to estimate. Rain gauges

provide accurate point measurements for rainfall but a dense network is needed to estimate accurately its spatial distribution. An alternative device to measure rainfall indirectly is meteorological radar, which can measure precipitation continuously in space and time in a big area around it. Unfortunately, radar data contain large errors due to equipment limitations and meteorological variability. The data from these two devices can complement each other to obtain better rainfall estimates. In this work a modification of the method for cokriging radar-rainfall and raingauge data proposed by Krajewski (1987) is tested using radar and gauge data of the Mexico City Valley and the results of the analysis are discussed. It is interesting to test the method with these data because most of Mexico City rainfall is produced by convective storms, characterized by high spatial and temporal variability.

The method used in this work consists of the following steps: 1. Geoestatistical analysis of the raingauge data. If significant trend exists fit a model to the data by least squares and remove the trend. 2. Geoestatistical analysis of the radar data. If significant trend exists fit a model to the data by least squares and remove the trend. 3. Estimate the rain gage data variogram fitting a model to the sample variogram. 4. Using the model for the rain gages variogram estimate the rain on the radar pixels through block kriging. 5. Estimate the rain radar data variogram, and the cross variogram between gage and radar data. 6. Fit models to each of the variograms of the previous point. 7. Cokrige the radar data and the rain estimated for the radar pixels.

References:

Krajewski, W.F., Cokriging radar-rainfall and raingauge data, *J. Geo. Res.*, 92, (D8), 9571-9580, 1987.

CAC-26

**MEDICIÓN DE VELOCIDADES TERMINALES DE GOTAS DE LLUVIA**

F. García-García y G. Montero-Martínez  
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
 E-mail: ffgg@ccaunam.atmosfcu.unam.mx

Se obtuvieron mediciones de velocidades terminales de gotas de lluvia de origen convectivo en un sitio del Valle de México utilizando una plataforma fija de muestreo para estudios de microfísica de nubes en superficie. La plataforma de muestreo consiste de dos espectrómetros de gotas de arreglo óptico colocados en posición vertical (rangos nominales: 20 a 640 y 200 a 6400 micrómetros de diámetro, respectivamente) y de una estación meteorológica estándar. El principio de operación de los espectrómetros consiste en proyectar en un arreglo de fotodiodos la sombra producida por cada partícula que atraviesa por el volumen de muestreo definido por un haz de láser. Si se conoce la frecuencia de muestreo, es posible determinar el diámetro y el tiempo de tránsito de cada gota mediante la reconstrucción de las imágenes obtenidas. Así, la técnica de reconstrucción utilizada resulta adecuada para medir velocidades terminales de gotas de

lluvia. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de dicha técnica y se comparan con valores teóricos y de laboratorio obtenidos con otras metodologías.

**CARTELES**

CAC-27 CARTEL

**EVALUACIÓN DE ÍNDICES DE SEQUÍAS EN EL ESTADO DE SONORA**

Juan Carlos Leal, Julio Rodríguez y Christopher Watts  
 IMADES  
 E-mail: jcleal@cideson.mx

A partir de datos históricos de la precipitación mensual en el estado Sonora, se evaluaron los criterios establecidos por el Fondo Nacional de Desastres Naturales (FONDEN), versión original y vigente, que satisfacen la condición de sequía prolongada y atípica, en conjunto con el Índice de Severidad de la sequía meteorológica (IS) propuesto por el Instituto Nacional de Ecología y el Índice de la Precipitación Estandarizada (SPI, por sus siglas en inglés). La información de la estación meteorológica de Motozintla, Chiapas fue usada como caso de estudio para describir ciertas características de los índices de sequías entre distintos régimen de lluvias, uno árido y otro húmedo. Los resultados demuestran que existe poco éxito en el establecimiento de criterios objetivos para el estudio del fenómeno de la sequía. El error más común, radica en asumir que las lluvias presentan una distribución normal. Aunado a lo anterior, los criterios del FONDEN son subjetivos e indiferentes al régimen de lluvia y el IS es inconsistente, mientras el SPI es dependiente del periodo de la base de datos. No obstante a lo anterior, se logró caracterizar los eventos secos en el estado de Sonora basados en el SPI, estos reflejan las condiciones atmosféricas de estas latitudes, una alta variación en su frecuencia e intensidad; lo cual implica un alto grado de vulnerabilidad para la vida. La caracterización de áreas vulnerables en el estado de Sonora también es examinada. Para ello, fue necesario interpolar los datos puntuales de la red poca densa de estaciones climatológicas para producir mapas de índices de sequías. Se evaluaron diferentes métodos de interpolación (superficies de tendencias, geoestadísticas, etc.) así como la incorporación de la información topográfica.

CAC-28 CARTEL

**UNA MODELACIÓN DE ÁREAS DE SURGENCIAS EN EL GOLFO DE MÉXICO**

Elba E. Villanueva, Victor M. Mendoza y J. Adem  
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
 E-mail: eevu@ccaunam.atmosfcu.unam.mx

Se predice la penetración (entrainment) de agua fría en la base de la capa de mezcla usando un modelo termodinámico que acopla los cambios de la profundidad de la capa de mezcla con la energía térmica del agua usando la teoría de Kraus y Turner.

En el Golfo de México las observaciones para invierno de la concentración de fitoplancton muestran una penetración de agua fría en zonas de amplia plataforma continental como son la Plataforma de Texas-Luisiana y la Plataforma de Campeche-Yucatán.

En la Plataforma de Campeche-Yucatán, la surgencia inducida por el transporte de Ekman hacia afuera de la costa (Costal upwelling) refuerza la penetración, sin embargo en la plataforma norte del golfo (Texas-Luisiana) el transporte de Ekman hacia la costa no produce surgencias costeras de manera que la penetración parece ser debida principalmente al movimiento de la termoclina.

Estas áreas de penetración de agua fría han sido modeladas en invierno con cierta habilidad.

CAC-29 CARTEL

**FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN ZONAS MARINAS Y COSTERAS DE MÉXICO**

Rosa María Cerón Bretón, Armando Báez Pedrajo, Hugo Padilla Gordon y Raúl Belmont  
 Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM  
 E-mail: rosyb@hotmail.com

El presente trabajo consistió en estudiar la composición química del agua de lluvia en los meses de verano durante tres años consecutivos (1999-2001), y comprendió 5 campañas de muestreo en 4 sitios costeros (Acapulco, Gro; Cancún, QRoo; Tapachula, Chis y Puerto Morelos, QRoo), y una zona marina de México (Océano Pacífico). A excepción de los niveles de nitrato obtenidos en Puerto Morelos, la composición química del agua de lluvia fue similar a la reportada por varias investigaciones en sitios marinos y costeros. Sodio, cloruro y magnesio fueron los iones más abundantes y tuvieron un origen netamente marino; mientras que los niveles de potasio fueron muy bajos. La concentración de calcio presentó un exceso que tuvo su origen en las partículas continentales del suelo, y los niveles de calcio obtenidos en el Océano Pacífico y en Puerto Morelos fueron muy bajos, probablemente debido a que la aportación del suelo a la mineralización de la lluvia en sitios marinos no es significativa; y a que en Puerto Morelos, se

tuvieron eventos de precipitación intensa que previnieron la aportación de la corteza. En todos los sitios de muestreo, la concentración de exceso de sulfato estuvo de acuerdo con los niveles de fondo reportados para sitios marinos remotos (10 uEq/l), indicando que no se tuvieron fuentes antropogénicas que aportaran cantidades apreciables de este ión.

Por otro lado, los niveles de amonio fueron muy bajos, a excepción de los niveles encontrados en Tapachula, donde probablemente se tuvo influencia continental, dado que el uso del suelo tierra adentro es agrícola. Esto se comprobó con las trayectorias de las masas de aire a nivel de superficie y altura, que mostraron que durante el verano, a pesar de que el sitio presenta la entrada de aire marítimo, bajo la influencia de los vientos alisios, dada su compleja ubicación, puede estar sujeto a la influencia de fuentes continentales.

En lo que se refiere al ión nitrato, a excepción de Puerto Morelos en el año 2000, en todos los sitios se obtuvieron niveles muy bajos, y estuvieron de acuerdo con los niveles de fondo reportados por varios autores para sitios marinos y costeros remotos (2.8 uEq/l). A partir de un análisis de trayectorias, se demostró que este sitio estuvo todo el tiempo bajo la influencia de aire marítimo, y que no se tuvo contribución antropogénica de las plataformas petroleras ubicadas al oeste de la Península de Yucatán; esto se comprobó con la falta de correlación entre los iones sulfato y nitrato, sugiriendo que no tienen su origen en una fuente común. Sin embargo, a partir de un análisis de vientos superficiales se comprobó que los altos niveles de nitrato obtenidos en Puerto Morelos tuvieron su origen en una fuente local continental: los incendios de biomasa que ocurrieron al final de la sequía de medio verano, al inicio de la campaña de muestreo del año 2000. Por otro lado, durante la campaña de muestreo del año 2001 realizada en este mismo sitio en plena estación lluviosa, al no tenerse la influencia de incendios forestales, los niveles de nitrato obtenidos estuvieron de acuerdo con los valores de fondo reportados para sitios marinos y costeros remotos.

Los valores de pH obtenidos en el agua de lluvia fueron mayores a 5 (a excepción de Puerto Morelos en el año 2000), demostrando que los sitios tuvieron una capacidad buffer suficiente y que no son afectados por actividades antropogénicas durante los meses de verano. Por lo tanto, a excepción de Puerto Morelos en el año 2000, donde se tuvo la influencia de eventos extraordinarios como los incendios forestales, la composición química del agua de lluvia durante el verano, en los sitios estudiados, únicamente fue afectada por la contribución del aerosol marino y de la corteza, y por la dilución; y puede considerarse como representativa de zonas marinas y costeras con influencia antropogénica mínima.

CAC-30 CARTEL

**IMPACTO DE EMISIONES VOLCÁNICAS, SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE PUEBLA**

Yahilyire Flores, Carlos Gay y Apolonio Juárez  
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, UAP  
E-mail: yflores90@hotmail.com  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

En el presente trabajo discutimos los efectos de la actividad volcánica del volcán Popocatepetl durante los meses de diciembre de 2000 y enero de 2001, sobre contaminantes atmosféricos de criterio en la ciudad de Puebla. Los datos analizados provienen de la Red Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA), que consta de cuatro estaciones distribuidas en la ciudad de Puebla [1]. Durante algunos días de la contingencia volcánica, en el periodo analizado, los flujos emanados del volcán se dirigieron al noreste, donde se encuentra la ciudad de Puebla, incrementando significativamente las concentraciones de contaminantes como PM10, y SO<sub>2</sub>, en las estaciones Agua Santa y Tecnológico instaladas al sur y norte de la ciudad respectivamente. Aplicamos el modelo de Gauss de difusión atmosférica [2], para calcular los flujos de SO<sub>2</sub> provenientes del Popocatepetl y los comparamos con las mediciones para ese contaminante en la estación Tecnológico de la REMA. De acuerdo con nuestro análisis, es posible hablar de un incremento generalizado en la concentración de contaminantes de criterio durante la contingencia volcánica, afectando de manera local a la ciudad de Puebla.

Referencias:

<http://www.sedurbecop.gob.mx>

Noel de Nevers, 1997, Ingeniería de Control de Contaminación Ambiental, Ed. Mc Graw Hill, p. 548.