

Sesión especial

# **Modelación de procesos atmosféricos: teoría y aplicaciones**

Organizadores:

Yuri N. Skiba

David Parra-Guevara

SE14-1

### GEOMETRIC STRUCTURE OF UNSTABLE PERTURBATIONS OF A BAROTROPIC FLOW

Skiba Iouri  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 skiba@unam.mx

Linear stability of steady flows of incompressible fluid on a rotating sphere is considered. The evolution of perturbations is governed by a nonlinear operator  $L+N$ , where  $L$  is a linear operator and  $N$  is a nonlinear operator. Unlike this, the evolution of kinetic energy of perturbations is governed only by the symmetric part  $B$  of linear operator  $L$ . It is therefore convenient to estimate the behavior of perturbations by using the perturbation kinetic energy as a Liapunov function and its square root as the norm of perturbations. Then the stability study of a steady barotropic flow is reduced to the solution of spectral problem for operator  $B$ . The eigenfunctions of operator  $B$  are real and form an orthogonal basis in the space of perturbations. Further, operator  $B$  has a compact resolvent and a finite number of positive eigenvalues. Each eigenfunction corresponding to a positive (or negative) eigenvalue represents a basic unstable (decaying) perturbation in the energy norm. Thus, the number of basic unstable perturbations is finite, and the eigenfunctions provide the geometric structure of such perturbations on the sphere. Besides, the growth rate of kinetic energy of each such perturbation is determined by its amplitude and the corresponding eigenvalue. The geometric structure of unstable set  $M$  of perturbations is analyzed in the coordinate space. It is shown that set  $M$  is unbounded because it includes  $n$ -dimensional Euclidean space except for its origin, where  $n$  is the number of positive eigenvalues of operator  $B$ . Moreover, set  $M$  is of infinite dimension, and it is not invariant with respect to applying the nonlinear operator  $L+N$ , that is, the trajectory of a perturbation can enter and leave the set  $M$ . The method is applied to analyze the climatic January atmospheric flow at 300 mb that is characterized by the presence of two strong westerly jets located near the western coast of the North Pacific (T-jet) and eastern coast of the North America (A-jet). Two mechanisms of the growth and decay of perturbation kinetic energy were earlier described for this flow by using the generalized Eliassen-Palm flux analysis. The numerical method allows us to construct unstable basic perturbations (eigenfunctions). Besides, the most unstable eigenfunction (corresponding to the largest eigenvalue) represents a group of localized vortex structures of alternating-sign located near the strongest westerly T-jet. The similar unstable eigenfunction has also been found near the A-jet. It is shown that the orientation of localized vortex structures is in full accordance with the two instability mechanisms obtained in the generalized Eliassen-Palm flux analysis.

SE14-2

### USE OF MESOSCALE MODELING IN ANALYSIS AND FORECAST OF COLIMA LOW-LEVEL JET EVENTS.

Arfeuille Gilles<sup>1</sup> y Rögnvaldsson Ólafur<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad de Colima, UDC  
<sup>2</sup>Institute for Meteorological Research, Iceland  
 gilles@ucoil.mx

Development and dynamics of mesoscale phenomena in the planetary boundary layer (PBL) are important for many atmospheric processes. In Colima, the use of ground based remote sensing tools between 2010 and 2013 allowed to characterise low-level jets (LLJ) which are present 88.1% of nights and can extend during the day when large scale forcing is favorable. They were observed in some case to extend for period of more than 2 days and go typically from North to South, predominant from the NW to NE sector. These LLJ events are important for water vapor transport, contaminant and volcanic ash dispersion, deep convection and all the hydrological cycle, and many other aspects like wind energy. In the tropical PBL in regions with complex topography like in the region under study, the presence of mesoscale phenomena such as these LLJs, sustained coherent turbulence and complex recirculation require the right monitoring and modeling tools, and even the integration of both. The Weather Research and Forecasting (WRF) model is used, nested in the Global Forecast System (GFS) model, to explore the capability of modeling LLJs through two phases. The first phase of this study was done through analysis runs corresponding to specific dates of observed LLJs. The goal is to check if LLJs can be reproduced with the WRF model, check the necessary minimum horizontal resolution and the number and distribution of eta levels. As shown in some of our previous work this first phase pointed out that at a 1 km horizontal scale and with 41 eta levels the WRF models the LLJs quite well. Here few cases of the first phase are presented. The second phase consisted of a serie of forecasts up to five days using the optimal WRF setup obtained during the first phase. These forecasts are compared with LLJ observations obtained from SODAR/RASS data for different cases at different dates and for a specific date for which a radiosonde was conducted at the monitoring site were the SODAR/RASS system is installed. This allowed not only to verify the LLJ forecast with the SODAR/RASS data which are limited to the lower part of the PBL but to check variations at other levels.

SE14-3

### PATRÓN DE TELECONEXIÓN DURANTE EL DESARROLLO DE LOS CICLONES TROPICALES MITCH, INGRID AND MANUEL

Pérez Ismael y Hernandez Jaime  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 ismael@unam.mx

Los ciclones tropicales Ingrid y Manuel (septiembre 1913) y Mitch (octubre 1998) afectaron muy severamente a México y Centro América respectivamente. Se usan los modelos numéricos barotrópico y baroclínico espectral para ver la influencia que tiene el anticiclón de verano y una onda tropical del tipo Gill Matsuno para guiar la trayectoria de ciclones tropicales. Se presenta una característica que puede influir en la intensificación de los ciclones tropicales y es el caso que ocurrió con estos ciclones tropicales y que llamamos "Patrón de teleconexión Ciclón Tropical-Niña".

SE14-4

### PRESENTATION OF A NEW BOOK BY YURI N. SKIBA & DAVID PARRA-GUEVARA ENTITLED "APPLICATION OF ADJOINT EQUATIONS TO PROBLEMS OF DISPERSION AND CONTROL OF POLLUTANTS", NOVA SCIENCE, NY, USA, 2015

Skiba Iouri y Parra-Guevara David  
 Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 skiba@unam.mx

In recent decades it has been recognized that environmental pollution causes serious local and global adverse effects to both human health and ecosystems, hence the protection and restoration of the environment is considered as an important issue. Past experience has created a variety of methods for dealing with various aspects of the environmental pollution. This book deals with mathematical methods to analyze the problems of pollution control and remediation of systems in ways that are easily understood by undergraduate and graduate students. Various aspects of the problems of transport and diffusion of passive pollutants, the control of air emissions and water remediation of aquatic systems are addressed. The application of the adjoint method is emphasized as a way to obtain dual estimates of the average concentration of different substances. This methodology helps to establish simple variational and linear programming formulations to calculate optimal solutions of these problems, i.e., the solutions that meet the standards of air quality and minimally alter industrial processes, reduce the costs of implementation of strategies, and minimally perturb the environment. Given the complexity of the phenomena studied, the numerical approximations are indispensable, so that the text contains an introduction to methods and numerical schemes needed to solve the models presented. We hope that this text will be useful for students of engineering science and earth science, as well as a support tool for professionals interested in environmental protection. Contents of the book: Preface Chapter 1 Introduction Chapter 2 Dispersion Models Chapter 3 Adjoint Method Chapter 4 Application of Adjoint Method in Assessment and Control of Pollutants Chapter 5 Control of Emission Rates Chapter 6 Applications of Variational Calculus and Mathematical Programming to Pollution Control Problems Chapter 7 Inversion of Data for Estimating the Emission Rates of Point Sources Chapter 8 Elements of Numerical Methods Chapter 9 Numerical Schemes for Multidimensional Dispersion Equation References Index

SE14-5

### COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE PREDICCIÓN ANALIZANDO SU LÍMITE DE PREDICTIBILIDAD

Morales Acoltzi Tomás<sup>1</sup>, Bustamante-García Alma<sup>1</sup>, Monroy-Martínez José<sup>1</sup>, Alva-Pacheco Juan Carlos<sup>1</sup>, Peña-Macié Daniel<sup>1</sup> y Bernal Morales Rogelio<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Genética y Ambiente (CIGYA), Universidad Autónoma de Tlaxcala. Licenciatura en Ciencias Ambientales, Facultad de Agrobiología, UATX  
 acoltzi@atmosfera.unam.mx

Las predicciones del tiempo/clima a corto plazo, mediante el uso de modelos dinámicos con los principios físicos fundamentales, son las más utilizadas en la actualidad a corto, mediano y largo plazo, sin embargo, el horizonte de predicción está limitado por la naturaleza caótica de la atmósfera y su dependencia a la sensibilidad de las condiciones iniciales (CI). Nos enfocamos a un problema de valores iniciales, dadas las CI se espera una descripción detallada de la evolución del sistema en el tiempo, de acuerdo a modelos computacionales, redes neuronales artificiales y algunas otras técnicas conceptuales o empíricas. Las CI en el tiempo de inicio del modelo utilizado necesitan ser lo más cercanas a la realidad, ya que pequeños cambios en ellas pueden producir una divergencia muy amplia en los pronósticos, y debido a que la atmósfera es un sistema caótico con alta sensibilidad a las CI, la precisión de éstas define un límite práctico sobre la predictibilidad. La incertidumbre asociada a las observaciones utilizadas para iniciar los modelos, son pequeñas perturbaciones que se amplifican con cada paso de tiempo como resultado de la inestabilidad de los flujos atmosféricos. EL SISTEMA DE LORENZ

El sistema de Lorenz es ejemplo de un sistema dinámico caótico que muestra la dependencia de su sensibilidad a las condiciones iniciales, del cual falta explorar gran cantidad de propiedades que nos ayuden a entender el funcionamiento del sistema atmosférico de mejor manera. Dos trayectorias muy cercanas divergirán exponencialmente en el espacio de fases con una razón dada por el exponente de Lyapunov correspondiente. Cuantifican el crecimiento de los errores para un tiempo finito. Al calcular los exponentes de Lyapunov para las órbitas periódicas inestables del Sistema de Lorenz investigaremos la estabilidad de Lyapunov y el crecimiento del error transiente para después aplicarlo a un sistema no periódico como la salida del modelo WRF, salidas de pronóstico utilizando redes neuronales artificiales, etc. Lorenz introdujo el concepto de ciclo de energía como una herramienta para entender la naturaleza de la circulación atmosférica. En este trabajo hacemos un análisis de un modelo caótico determinístico como es el modelo de Lorenz [1,2,3], pronóstico numérico resultado de la salida del Modelo WFR y de redes neuronales artificiales, considerando la cantidad de energía disponible en estos sistemas y calculando los exponentes de Lyapunov [4,5] para cada uno. Realizaremos una comparación entre los alcances y limitaciones de los diferentes sistemas de pronóstico. [1] Lorenz EN. Available potential energy and the maintenance of the general circulation. *Tellus* 1955; 7:157-67. [2] Pelino, V. Maimone, F., Pasini, A. (2014), Energy cycle for the Lorenz attractor, *Chaos, Solitons & Fractals* 64, 67-77. [3] Pelino V, Maimone F. Energetics, skeletal dynamics, and long-term predictions on Kolmogorov-Lorenz systems. *Phys Rev E* 2007; 76 :046214. [4] E. N. Lorenz, A study of the predictability of a 28-variable atmospheric model, *Tellus* 17, 321 (1965) [5] J. M. Greene and J.-S. Kim, The calculation of Lyapunov spectra, *Physica D* 24, 213 (1987)

SE14-6

### ESTIMACIÓN DE LA TASA DE EMISIÓN DE UNA FUENTE PUNTUAL: ANÁLISIS DE LA EXISTENCIA, LA UNICIDAD Y LA ESTABILIDAD DE LAS SOLUCIONES

Parra Guevara David y Skiba Iouri  
 Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
 pdavid@atmosfera.unam.mx

La recuperación de los parámetros que caracterizan las fuentes puntuales con base en datos de la concentración de contaminantes es un problema inverso que aparece en el estudio de la contaminación en el océano, la atmósfera y el agua subterránea (Sharma et al., 2014; Lushi and Stockie, 2010; Skaggs and Kabala, 1994). La solución de este problema es relevante para establecer el grado de responsabilidad entre los potenciales agentes involucrados en la contaminación local y regional, la estimación del impacto ambiental, así como la definición de acciones para proteger a la población asentada en zonas contaminadas. Diferentes autores señalan que este problema inverso está mal planteado, siendo las principales dificultades la ausencia o exceso de funciones de emisión compatibles con el proceso de dispersión y los datos de concentración, así como la catastrófica inestabilidad que surge por la presencia de los errores en los datos (Enting and Newsam, 1990). En este trabajo se analiza la existencia, la unicidad y la estabilidad en el problema de la recuperación de la tasa de emisión de una fuente puntual no-estacionaria cuando los datos de concentración de un contaminante atmosférico contienen pequeños errores. Utilizamos la ecuación de balance de masa de un modelo de dispersión tridimensional bien formulado para mostrar que hay conjuntos de datos de concentración, muy cercanos a los datos exactos y con la misma suavidad, con los cuales es imposible recuperar una tasa de emisión. Posteriormente, demostramos la inestabilidad del problema inverso usando funciones adjuntas y un principio de dualidad para estimar la concentración puntual de un contaminante. Esta prueba exhibe explícitamente el error en la tasa de emisión recuperada como función del error en los datos de concentración. Con esta formulación general se analiza la existencia y la unicidad de la tasa de emisión. Finalmente, sugerimos una regularización para este problema inverso que filtra los errores de alta frecuencia en los datos y permite obtener una estimación adecuada de la tasa de emisión (Parra-Guevara et al., 2015). Referencias Enting, I. G. and G. N. Newsam, Atmospheric constituent inversion problems: Implications for baseline monitoring, *Journal of Atmospheric Chemistry*, 11, 69-87 (1990). Lushi, E. and J. M. Stockie, An inverse Gaussian plume approach for estimating atmospheric pollutant emissions from multiple point sources, *Atmospheric Environment*, 44, 1097-1107 (2010). Parra-Guevara, D., Yu. N. Skiba and A. Reyes-Romero; Existence and uniqueness of the regularized solution in the problem of recovery the non-steady emission rate of a point source: Application of the adjoint method. In: *Proceedings of the International Conference on Engineering Optimization: Engineering Optimization IV*, Taylor and Francis Group, London, UK, 181-186 (2015). Sharma, L. K., A. K. Ghosh, R. N. Nair, M. Chopra, F. Sunny and V. D. Puranik, Inverse modeling for aquatic source and transport parameters identification and its application to Fukushima nuclear accident, *Environ. Model. Assess.*, 19(3), 193-206 (2014). Skaggs, T. H. and Z. J. Kabala, Recovering the release history of a groundwater contaminant, *Water Resources Research*, 30(1), 71-79 (1994).

SE14-7

### MODELADO DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES MEDIANTE SIMULACIONES DE LABORATORIO BASADAS EN EL SISTEMA DE ECUACIONES DE HIDRODINÁMICA

Martínez Zatarain Alejandro  
 Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, CUCBA, U de G  
 amartine@cencar.udg.mx

Un campo de corrientes superficiales para el occidente de México fue obtenido, inicialmente, mediante un modelo hidrodinámico numérico. Luego se empleó un modelo físico rotante, con flujo barotrópico en un sistema fuente-sumidero en la mesoescala. Así mismo se aplicó forzamiento atmosférico en la microescala con un modelo sin rotación. La cuenca se construyó con geometría realista, debido a la influencia dinámica de los accidentes y de la ubicación de numerosas fuentes puntuales. El flujo fue controlado por los parámetros adimensionales  $Ro$ ,  $Ek$ ,  $Pt$ ,  $Re$ ,  $Bu$ , derivados de las ecuaciones de hidrodinámica en su forma adimensional, además de otros parámetros como  $H/L$  y  $q$ . Cada experimento correspondió a diferentes situaciones de viento, dando énfasis a las direcciones dominantes, definidas por datos de mediciones manuales en expediciones y automáticamente en tierra. El efecto topográfico sobre los flujos de aire, verificado mediante escena Landsat con relieve 3D y rosas de viento, resultó ser un factor determinante de la circulación y la dispersión de contaminantes. La dirección de propagación de plumas, su longitud y las zonas de influencia fueron reproducidas satisfactoriamente con los modelos, en distintas escalas, comparando con visualizaciones satelitales. El modelado físico constituye una valiosa herramienta para validar modelos numéricos, interpretar estructuras dinámicas observadas desde el espacio, simular la dispersión de contaminantes, incluso en sitios donde exista poca información de mediciones de corrientes. Tal es el caso de la región, donde existen importantes fuentes puntuales de contaminación tóxica peligrosa. Es, por tanto, una manera efectiva de demostrar los procesos físicos responsables del comportamiento de las plumas de descarga.

SE14-8

### PROBANDO CUANTITATIVAMENTE LA RELACIÓN CAMBIO CLIMÁTICO, ANÁLISIS ALOMÉTRICO, GEOMETRÍA FRACTAL, ESPACIO-TIEMPO INFINITO DIMENSIONALMENTE Y UN PROCESO DE RESILIENCIA EN LOS BOSQUES

Morales Acoltzi Tomás<sup>1</sup>, Skiba Iouri<sup>1</sup>, Gay Carlos<sup>1</sup> y Bernal Morales Rogelio<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
<sup>2</sup>Centro de Investigación en Genética y Ambiente, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México. Licenciatura en Ciencias Ambientales, Facultad de Agrobiología, UA Tx.  
 acoltzi@atmosfera.unam.mx

Los científicos de la NASA indicaron que la década del 2000 ha sido la más caliente, resaltando 2005 y 2010, además de 1998 que correspondió a un Súper EL NIÑO, por lo tanto, realizamos un análisis de los incrementos de temperatura inducidos en los bosques de Tlaxcala, Parque Nacional de la Malintzi a través de teleconexiones, por las anomalías positivas de la temperatura de la superficie del océano pacífico tropical del este. Recientemente Kaspary concluyó que el CC puede reducir hasta un tercio el tamaño de la hormiga trabajadora, tal como lo propuso von Bertalanffy, mientras se incrementa el número de individuos, como resultado del estudio de 665 colonias de hormigas en un rango de ambientes desde bosques tropicales lluviosos hasta Tundra helada. Por otro lado, He aplicó: análisis alométrico, geometría fractal, teoría de un Espacio-tiempo infinito dimensionalmente, para obtener una generalización de las leyes de Kleiber, para tres dimensiones y Rubner para dos dimensiones, logrando demostrar ecuaciones que relacionan al incremento de la temperatura que induce una reducción del tamaño de la célula, un período de vida más corto. Dorn, descubrió que ciertas especies de formicoides, conocidos comúnmente como hormigas, transforman algunos minerales de la tierra para segregar carbonato de calcio, mejor conocido como piedra caliza-de 50 a 300 veces más rápido que la arena depositada sobre el suelo intacto. En el proceso, eliminan una diminuta cantidad de CO<sub>2</sub>, un gas de efecto invernadero, de la atmósfera. Para estimar la actividad total de las hormigas, hay que considerar los resultados del experto A. Wilson de la Universidad Harvard quien encontró que la biomasa de las hormigas equivale a la de los seres humanos, por lo que podrían ser importantes agentes climáticos. Con la hipótesis de considerar un buen laboratorio Natural del impacto del CC sobre bosques en la Región del Altiplano Mexicano, al evento de EL NIÑO, evaluamos los incrementos de temperatura asociados a éste. Presentamos cálculos con las ecuaciones de He, por primera vez hasta donde sabemos, con datos observados de incrementos de temperatura en bosques del Estado de Tlaxcala, asociados a un súper EL NIÑO y los dos años más cálidos de la década del 2000. Logramos mostrar el mecanismo completo que nuestro planeta genera en respuesta a un exceso de temperatura. Conclusión dimos una razonable explicación de la forma de como el ENSO, en su fase caliente, es un Laboratorio natural de Cambio Climático impactando a los bosques y activando un mecanismo de resiliencia. REFERENCIAS He, Ji-Huan (2007) "Shrinkage of body size of small insects: A possible link to global warming" *Chaos, Solitons and Fractals*. 34, 727-729 He, Ji-Huan (2006) "Application of E-infinity theory to biology" *Chaos, Solitons and Fractals*. 28(2), 285-289 Kaspary, Michael (2005). "Global energy gradients and size in colonial organisms: Worker mass and worker number in ant colonies". *PNAS*. April 5, vol. 102,14, 5079-5083.

von Bertalanffy, L. (1960) in *Fundamental Aspects of Normal and Malignant Growth*, ed. Nowinski, W. (Elsevier, New York), 137–259.

## SE14-9 CARTEL

### ON SIMULATION OF ATMOSPHERIC FLOWS IN IRREGULAR DOMAINS WITH ARTIFICIAL BOUNDARIES

Filatov Denis  
CIC-IPN  
denisfilatov@gmail.com

A numerical method for simulation of air pollution flows in the atmosphere of cities is developed. The domain of interest (the city) is assumed to be an open finite domain of an irregular form with an artificial boundary, which leads to the problem of imposing an adequate boundary condition. An infinite family of local artificial boundary conditions is constructed using the method of operator splitting of the model's governing partial differential equation. It is proved that the resulting boundary value problems are well-posed in the sense of existence, uniqueness and stability of the solution. Numerical experiments are presented to demonstrate efficiency of the developed method.

## SE14-10 CARTEL

### ESTABILIDAD LINEAL DE LAS SOLUCIONES CLÁSICAS DE LA ECUACIÓN DE VORTICIDAD BAROTRÓPICA

Peña Maciel Daniel  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
deadbyken@yahoo.com.mx

Hasta ahora, se conocen cuatro tipos de soluciones exactas de la ecuación de vorticidad barotrópica (EVB); por un lado, un "primer grupo" de éstas, lo conforman soluciones clásicas, infinitamente suaves: los flujos zonales y las ondas de Rossby-Haurwitz (RH); mientras que un "segundo grupo" está representado por soluciones débiles (generalizadas): la onda Wu-Werkley y los modones. En este trabajo, nos enfocamos principalmente al estudio de flujos zonales en la forma de polinomios de Legendre (PLs) y una onda RH estacionaria. Los PLs forman una base ortogonal para presentar los flujos zonales, mientras las ondas RH están siempre presentes en los mapas meteorológicos a latitudes medias. Por otra parte, cabe destacar que, la inestabilidad barotrópica causada por la existencia de cizalla horizontal suficientemente extensa en los flujos atmosféricos, ha sido ya estudiada desde hace tiempo por Lorenz, quien notó que la inestabilidad respecto a perturbaciones iniciales, puede ser responsable de la variabilidad de baja frecuencia en la atmósfera y el océano. Por esta razón, la inestabilidad de las soluciones exactas de la EVB, tiene primordial importancia tanto matemática como meteorológica. En este trabajo, se aplica el método de modos normales para analizar la estabilidad lineal de flujos en forma de PLs y ondas RH estacionarias. Se consideran perturbaciones infinitesimales, de forma que la separación de variables admite una forma especial. Como resultado, el problema para perturbaciones se linealiza despreciando el término no lineal, y así, el problema de estabilidad se reduce a la solución de un problema espectral. Para flujos PLs, éste corresponde al problema de Rayleigh-Kuo, y para ondas RH al problema de Skiba. En ambos casos, se obtienen las denominadas "condiciones de Skiba", necesarias para la inestabilidad de flujos. Dichas condiciones se expresan en términos del número espectral medio de Fjörtoft para la amplitud de la perturbación. Se muestran algunos resultados numéricos.

## SE14-11 CARTEL

### EL INCREMENTO DE LA GENERACIÓN DE CICLONES TROPICALES EN EL OCÉANO ATLÁNTICO DURANTE EL VALLE DEL CICLO SOLAR

Patiño Mercado Rafael  
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
rafaelp@unam.mx

Existe una gran preocupación por el incremento de ciclones tropicales que se ha manifestado desde la década de los 90's algunos investigadores dicen que es debido al cambio climático, otros opinan que es debido a causas naturales. Por otra parte el Centro Nacional de Huracanes de Miami piensa que se debe a la oscilación multi-decadal de los ciclones tropicales. En este trabajo se mostrará que esta variación se realiza en periodos decadales coincidiendo con el ciclo solar de once años durante la fase del valle de este ciclo. Climatológicamente la naturaleza nos indica que durante el valle del mínimo de manchas solares nacen más huracanes que durante el desarrollo de su cúspide, y el incremento de los huracanes a partir de los 90's coincide precisamente con el valle del último ciclo solar del siglo XX, y con el inicio de siglo que se caracteriza por una disminución de las manchas solares durante las dos primeras décadas y estas condiciones favorecen la actividad ciclónica.

## SE14-12 CARTEL

### MODELACIÓN ESTOCÁSTICA DE LA DISPERSIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO ATMOSFÉRICO EN LA CIUDAD DE PUEBLA.

Romero Soto Victoria Haydee<sup>1</sup>, Sedeño Cisneros Stephany<sup>1</sup>, Osorio Lama María Auxilio<sup>1</sup>, Valera Pérez Miguel Angel<sup>1</sup>, Torres Trejo Edgardo<sup>1</sup> y Cabrera Cruz René Bernardo Elías<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP  
<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas  
haydee\_rom@outlook.com

El monitoreo atmosférico proporciona información acerca de la calidad de aire en una región determinada la cual se establece en términos de contaminantes. La variable de estudio es la dispersión del monóxido de carbono que es un gas incoloro, inodoro, no irritante pero tóxico. Proviene de fuentes naturales, así como de origen antropogénico, en particular de la combustión incompleta de combustibles fósiles de los vehículos automotrices. Para el caso de la ciudad de Puebla, en México; el monitoreo de contaminantes atmosféricos se inició en agosto del año 2000 con cuatro estaciones automáticas de monitoreo (REMA- Gob. Del Edo de Puebla). Las estaciones de la red se ubican en la Zona Metropolitana de la ciudad de Puebla y son: Universidad Tecnológica de Puebla en el sector noreste, a una altitud de 2,216.5 msnm; Parque las Ninfas en el sector centro-poniente, a una altitud de 2,136 msnm; Benemérito Instituto Normal del Estado (BINE) en el sector noroeste a una altitud de 2,180 msnm; y Agua Santa en el sector suroeste, a una altitud de 2,182 msnm. Para describir el comportamiento de la dispersión de contaminantes en la atmósfera, pueden ser utilizados diferentes tipos de modelos: empíricos, determinísticos, estocásticos, modelo de caja negra y caja blanca, modelos directo e inverso, modelos estáticos y dinámicos, etc. En nuestro caso empleamos un modelo estocástico, de tipo geoestadístico denominado Kriging Ordinario. El Kriging Ordinario es una técnica de estimación espacial, asume que los datos recogidos de una determinada población se encuentran correlacionados en el espacio, además garantiza la mínima varianza en la estimación del error. Consta de 3 etapas: análisis exploratorio de los datos, análisis variográfico, y estimación espacial. El análisis exploratorio de los datos de dispersión de CO medidos en 4 estaciones de la ciudad de Puebla, permite la detección de fallas en el diseño y toma de datos; en el análisis variográfico se estima y modela una función (variograma), que refleje la auto correlación espacial de la variable, el variograma permite tomar en cuenta el cambio que presenta la variable según su dirección espacial. El presente estudio describe el comportamiento de la dispersión de monóxido de Carbono durante un día y hora establecidos (día 11 de cada mes, 7:00 h), en los 12 meses de 2005 y 2012. Los resultados nos indican que la dispersión no es significativamente afectada por factores climáticos estacionales, sin embargo, los factores de densidad de fuentes móviles de emisión sí son un factor determinante, en primer caso por tener relación directa con la concentración espacial del CO, en segundo caso por generar una condición microclimática particular.

## SE14-13 CARTEL

### SOLUCIÓN ANALÍTICA DE LA ECUACIÓN DE ADVECCION DIFUSIÓN REACCIÓN POR SERIE DE FOURIER

Zenteno Jimenez Jose Roberto  
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM  
zenteno20jr@hotmail.com

La Ecuación de Adveccion Difusión Reacción es muy importante en la modelacion de procesos de dispersión como en la Modelacion de Contaminantes o Flujos Atmosféricos en general, este modelo es unidimensional con Forzamiento y con condiciones de frontera mixta (Condiciones de Robin y de Neumann) con los casos homogéneo y no homogéneo, bajo una condición inicial, con esta solución se da una solución parcial a la Ecuación general de Adveccion Difusión Reacción Tridimensional bajo estas condiciones de Frontera impuestas y con los Coeficientes de Adveccion y Difusión constantes para este caso en general.