

Sesión especial

**MODELACIÓN DE
PROCESOS ATMOSFÉRICOS:
TEORÍA Y APLICACIONES**

Organizadores:

Yuri Skiba

David Parra-Guevara

SE03-1

SERIES DE FOURIER PARA FUNCIONES SOBRE LA ESFERA

Miranda Cordero Rafael¹ y Skiba Yuri N.²

¹Universidad Nacional Autónoma de México

²Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM

raf.mir.cor@ciencias.unam.mx

Las soluciones de ecuaciones diferenciales se pueden aproximar mediante un problema discreto, en las últimas décadas del siglo pasado los métodos de proyección (métodos espectrales) cobraron gran importancia en el proceso de discretización, especialmente en el área de ciencias atmosféricas; como lo hacen ver Eliassen (1970), Orszag (1970) y Bourke (1972). La teoría de series de Fourier (Fourier-Laplace) en espacios de Hilbert es el medio natural para el desarrollo de estos métodos y una de las aplicaciones más importantes de estas es la solución numérica de ecuaciones diferenciales, lo que resulta muy relevante para las ciencias aplicadas. Por estas razones actualmente es importante el conocimiento y desarrollo de esta teoría. Se pretende exponer la teoría básica para el desarrollo de algunas aplicaciones de las series de Fourier en espacios de funciones sobre la esfera y ejemplificar su uso; para este fin, primeramente se muestra en forma breve, que las funciones propias del operador de Laplace sobre la esfera (armónicos esféricos) son una base del espacio de Hilbert de funciones cuadrado integrables en dicha variedad, en donde se ven fuertemente involucradas las ecuaciones y funciones de Legendre. Consecuentemente se hace ver como este resultado nos permite tener series de Fourier para funciones esféricas lo que a su vez posibilita el empleo del método espectral para ecuaciones diferenciales sobre esta variedad Riemanniana, esto mediante el uso de proyecciones ortogonales a los espacios de polinomios homogéneos esféricos y polinomios esféricos. Finalmente, se dan ejemplos de la aplicación del método espectral al aproximar numéricamente las soluciones (débiles) de ecuaciones diferenciales lineales como son las ecuaciones de Poisson, Helmholtz y de la ecuación de onda, concluyendo con una de sus más importantes aplicaciones en ciencias atmosféricas que es la solución numérica de la ecuación de vorticidad barotrópica.

SE03-2

SOLUCIÓN NUMÉRICA SEMIESPECTRAL DEL MODELO LIDZEN-NIGAM

Hernández Jaime y Pérez Ismael
Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM
jhernandez@atmosfera.unam.mx

Casos estacionarios del modelo Shallow-Water son modelos simples de la dinámica tropical llamado tipo Gill y Lidzen-Nigam (LN). Utilizamos el método semi-espectral para resolver el modelo LN y estudiamos como los gradientes de temperatura superficial del mar influyen en la convergencia o divergencia del viento en la capa límite planetaria sobre el Pacífico Oriental Tropical. Los resultados son comparables a los del método numérico de diferencias finitas. El análisis del modelo LN nos permitirá comprender a los distintos modelos que incorporan el calentamiento cúmulus (Zebiak and Kane 1986; Neelin 1989; Battisti et al. 1999;...) y parametrizar como un primer paso el efecto monzónico.

SE03-3

MOVIMIENTO DE UN CICLÓN TROPICAL DENTRO DE UN VÓRTICE BIPOLAR

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

El ciclón tropical Mitch en octubre 1998 afectó severamente a Centro América mató aproximadamente 12 mil personas. El propósito de esta investigación es estudiar la dinámica de su movimiento. Se usan los modelos numéricos barotrópico y baroclínico espectral, para comprender la influencia del "vórtice bipolar" que ayudo a intensificar y guiar el ciclón tropical Mitch hacia el suroeste. Este vórtice bipolar o ondas tipo Matsuno-Gill de la dinámica tropical al moverse sobre el Pacífico oriental o mar Caribe generan líneas de divergencia en la tropósfera superior, los cuales inducen una zona de convergencia en niveles bajos de la atmósfera y puede ser un mecanismo que den origen a perturbaciones tropicales ahí. Este patrón bipolar en ciertos periodos está formado por los anticiclones en niveles altos del sistema monzónico Americano tanto tardío como temprano. Con el propósito de ver este proceso de interacción se integró la ecuación de vorticidad barotrópica no lineal en la capa media de 800-200mb y en previo momento (26 de octubre, 1998, 00Z) en que se movió hacia el SO. En ambos modelos los resultados demuestran que la estructura geométrica de la solución da una buena aproximación a lo observado. Se discute la forma de cómo incorporar el forzamiento divergente y la velocidad vertical omega.

SE03-4

SIMULATION OF COMBUSTION REGIMES WITH BLOW-UP IN A SPHERICAL SHELL

Skiba Yuri N.¹ y Filatov Denis M.²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Sceptica Scientific (UK)

skiba@unam.mx

A second-order nonlinear diffusion equation is used for describing many evolutionary processes in plasma physics, chemical kinetics, biophysics, economics, IT, social sciences, etc. [1,2,4,7]. It is especially useful for modelling regimes with blow-up, which occur in open dissipative nonlinear systems with positive feedbacks. The accumulation (nonlinear forcing) and dissipation (nonlinear diffusion term) are the key components of the dynamics of complex systems, and their unity is the driving force of evolution. A particular interest of this work is the phenomenon of combustion and its different critical blow-up regimes resulted from a drastic increase of the temperature within a bounded region for a finite time. We consider a 3D nonlinear diffusion model in a spherical shell. To solve it numerically, we split the differential operator along the radial coordinate, and use two coordinate maps to reduce the solution of 2D subproblem on the sphere to the solution of two 1D finite difference problems with simple periodic boundary conditions in the latitudinal and longitudinal directions. This leads to unconditionally stable implicit second-order finite difference schemes. A band structure of matrices allows applying fast direct (non-iterative) linear solvers using the Sherman-Morrison formula and Thomas algorithm [6]. Three critical blow-up regimes of combustion caused by a nonlinear forcing are simulated: the H-regime in an expanding area, the L-regime in a reducing area and the S-regime in a fixed-size area. In all the regimes a blow-up occurs due to a violent growth of the temperature within a finite time. This study is an extension of our previous work in which we considered two-dimensional combustion on a sphere [8]. The results demonstrate that the numerical nonlinear algorithm allows modelling different regimes of combustion in a 3D complex domain. The heat localisation is shown to lead to the breakup of the medium into individual fragments followed by the formation and development of self-organising patterns [3,4,7], which may have promising applications in thermonuclear fusion [4], nonlinear inelastic deformation and fracture of loaded solids and media [5] and other areas. REFERENCES: [1] V. Belavin, S. Kapitza, S. Kurdyumov, A mathematical model of global demographic processes with regard to the spatial distribution. Zh. Vychisl. Mat. Mat. Fiz., 38, 1998. [2] M. Glicksman, Diffusion in Solids: Field Theory, Solid-State Principles and Applications. John Wiley & Sons, 2000. [3] H. Haken, Information and Self-Organization: A Macroscopic Approach to Complex Systems. Springer, 2000. [4] S. Kurdyumov, Regimes with Blow-up. Fizmatlit, Moscow, 2006. [5] P. Makarov, Self-organized criticality of deformation and prospects for fracture prediction, Phys. Mesomech., 13, 2010. [6] W. Press et al., Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing. Cambridge University Press, Cambridge, 2007. [7] A.A. Samarskii et al., Blow-up in Quasilinear Parabolic Equations. Walter de Gruyter, 1995. [8] Yu.N. Skiba, D.M. Filatov, Splitting-based schemes for numerical solution of nonlinear diffusion equations on a sphere, Appl. Math. Comp., 219, 8467-8485, 2013.

SE03-5

INFLUENCIA DEL MÍNIMO DE MANCHAS SOLARES EN LAS PRECIPITACIONES DE LA REPÚBLICA MEXICANA 2005-2016

Buendía Carrera Enrique
Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM
quiuebuendia@yahoo.com

Históricamente desde tiempos remotos el ser humano detecto la existencia de las variaciones climáticas, y el padre del Fenómeno del Niño: Gilbert Walker en 1924 manifestó que estas variaciones climáticas eran más intensas cuando estaban presentes los mínimos de manchas solares. Las variaciones climáticas que van a influir en México son avisadas por medio de las nevadas atípicas que suceden en el este de Estados Unidos principalmente en el noreste de este país, principalmente en el noreste del susodicho, y su propagación hacia el sur desplaza al sistema de alta presión del Atlántico cercano al occidente de África lo cual incrementa el gradiente de alta presión con la Zona Intertropical y aumenta la propagación de los sistemas ciclónicos menores con intensas lluvias.

SE03-6

CORRELACIÓN ENTRE EL FENÓMENO DEL NIÑO Y EL ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN EN 364 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS DE MÉXICO

Mendoza Uribe Indalecio
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
indalecio_mendoza@tialoc.imta.mx

El ser humano es un ser activo por naturaleza, que requiere para subsistir del elemento agua, tanto como componente vital como para desarrollar sus diferentes actividades. La precipitación en cada región del planeta a lo largo del año y años subsecuentes no siempre es la misma, la disponibilidad de agua está fuertemente

ligada a las variaciones climáticas originadas por factores globales Y regionales. La historia nos ha demostrado los impactos negativos que el hombre ha sufrido constantemente por los efectos de las sequías, por ello surge la necesidad de su monitoreo y predicción. Existen diferentes índices para vigilar la sequía, uno de los más utilizados corresponde al Índice Estandarizado de Precipitación. Este índice creado por McKee en 1993 destaca por la sencillez, facilidad de cálculo y su significado desde el punto de vista estadístico. La sencillez del SPI radica en que utiliza únicamente la precipitación para su cálculo y es efectivo para analizar los períodos y ciclos húmedos y secos, a diferencia de otros como el Índice de Palmer. El SPI puede calcularse para distintas escalas temporales (1, 3, 6, 9, 12, 24 y 48 meses) lo cual permite evaluar la severidad de la sequía en el corto y largo período. Por otra parte, desde hace algunos años, se sabe que el fenómeno de El Niño afecta las lluvias en México (Magaña y Quintanar 1997). Por ejemplo, Mosiño y Morales (1988) encontraron que el fenómeno de El Niño tiene grandes repercusiones en la precipitación en el centro del país. Otros trabajos han confirmado el papel que juega El Niño, no sólo en las lluvias de verano, sino también en las de invierno (Cavazos y Hastenrath, 1990). Si bien, estos estudios han demostrado el impacto regional del fenómeno del Niño sobre la precipitación en México, mediante el análisis de anomalías de precipitación sobre mallas de datos interpoladas. No se ha realizado un análisis local en cada punto de medición que de manera determinística indique el grado de correlación entre la presencia e intensidad del fenómeno del Niño y el cálculo de un índice de sequía. Con este trabajo se contribuye en la verificación y cuantificación del grado de influencia del fenómeno del Niño y la disponibilidad de agua en México, mediante el análisis de correlación de Pearson entre el fenómeno del Niño y el cálculo del Índice Estandarizado de Precipitación en 364 estaciones climatológicas de México para el periodo 1951-2015. Se concluye que existe una correlación positiva entre ambos componentes en 362 estaciones (99.45%), de las cuales en al menos 187 se obtuvo una correlación alta con valores entre 0.5 y 0.88 (51.4%) en las que podemos determinar con cierta precisión el déficit o superávit de precipitación tomando como referencia la presencia e intensidad del fenómeno del Niño.

SE03-7

EVALUANDO UN MÉTODO EMPÍRICO NO-LINEAL DE PRONÓSTICO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL

Morales-Acoltzi Tomás¹, Bernal-Morales Rogelio² y Cruz-Hernández Emmanuel³
¹Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

²Centro de Investigación en Cambio Climático, Facultad de Agrobiología, UATx. y
 Licenciatura en Ciencias Ambientales, Campus Tlaxco, Facultad de Agrobiología, UATx.

³Licenciatura en Ciencias Ambientales, Campus Tlaxco, Facultad de Agrobiología, UATx.
 acoltzi@atmosfera.unam.mx

En 1998 el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM inició un proyecto de pronóstico empírico de precipitación mensual vigilado por los productores, indicando un inicio de precipitaciones extraordinariamente tarde, en julio. Nos enfocamos en evaluar el signo de lo pronosticado y observado con respecto a lo normal para estaciones climatológicas del Estado Tlaxcala, México. Se continuó realizando el pronóstico por cinco años y se publicó la evaluación, desde un punto de vista estadístico, del periodo 1998-2002, Gay et al. 2004. Se ha estado realizando, sin pérdida de continuidad, logrando desde el 2011 que sea un pronóstico Vigilado por los Productores y Autoridades del Consejo Distrital de Desarrollo Rural Sustentable de Huamantla. Como un sector de los productores se guía por el pronóstico del calendario de Galván, que se basa en la luna principalmente, este año construimos la variable "días con lluvia" para realizar su pronóstico y comparar con lo esperado por dicho anuario. Es decir, estamos ampliando y mejorando el desempeño del modelo empírico dada la importancia de éste, ya que debe ser superado por Modelos determinísticos, estadísticos e híbridos, para poder asegurar que se tiene Modelo. En esta investigación evaluamos, desde un punto de vista físico, el modelo empírico, haciendo énfasis en los forzantes responsables de la distribución de la precipitación pluvial. Los resultados muestran la habilidad del método empírico de responder al cambio de intensidad del forzante principal. Este 2016, se presentó el pronóstico de precipitación a los usuarios a finales de Febrero, para considerarlo en sus actividades correspondientes, la actualización de éste se presentó el 20 de junio, dando lugar a una retroalimentación entre productores-autoridades-investigadores.

SE03-8

A NOTE ON THE COMPUTATION OF THE ADJOINT FUNCTIONS

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

The use of adjoint functions has proved to be invaluable for the analysis of problems in areas as meteorology, oceanology and environmental pollution. The application of such functions to diffusion theory problems appears in the scientific literature as early as the 1960's [2,3,5]. Since then, the number of applications to specific topics of research has augmented up to include problems of data assimilation, parameter estimation, sensitivity analysis and pollution control [1, 4, 8], among others. The main advantage of the adjoint functions in such applications is the information that they provide as kernels of certain integral equations (duality principles). In particular, the adjoint functions allow establishing explicit relationships between some

parameters and variables of the models. Such relationships simplify the solution process of the problems. By definition, the adjoint functions are the solutions of the adjoint models that are posed by means of the Lagrange identity [4]. Unlike the direct models or forecast models which are initial-value problems, the adjoint models are final-value problems that are solved backward in time. In this way, the computation of the adjoint functions requires the formulation and resolution of the adjoint models, which in principle, are different to the direct or forecast models commonly used. Such additional effort could be seen as a drawback in the application of the adjoint functions. However, under certain assumptions, the adjoint functions can be calculated by using only the direct models. In this work, for a class of dispersion models, we describe a method to compute the adjoint functions without the explicit use of the corresponding adjoint models. Besides, we point out the theoretical and computational advantage of such approach for the solution of some control problems [6,7]. References: 1. Courtier, P., J. Derber, R. Errico, J. F. Louis, T. Vukicevic. Important literature on the use of adjoint, variational methods and the Kalman filter in meteorology. Tellus, 45A, 342-357, 1993. 2. Lewins, J. A derivation of the time-dependent adjoint equations for neutron importance in the transport, continuous slowing-down and diffusion models. Journal of Nuclear Energy, 13(1-2), 1-5, 1960. 3. Lewins, J. Importance; The Adjoint Function. Pergamon Press, Oxford, 1965. 4. Marchuk, G.I. Mathematical Models in Environmental Problems. Elsevier, N.Y., 1986. 5. Marchuk, G.I., V.V. Orlov. On the Theory of Adjoint Functions. In: Neutron Physics, Gosatomizdat, Moscow, 30-45, 1961. 6. Parra-Guevara, D., Yu. N. Skiba. A Strategy for Bioremediation of Marine Shorelines by Using Several Nutrient Release Points. 23-55. In: Mathematical Modelling and Numerical Simulation of Oil Pollution Problems (Ed. M. Ehrhardt). The Reacting Atmosphere 2, Springer, 2015. 7. Parra-Guevara, D., Yu. N. Skiba. Bioremediation of oil-polluted marine zones: Weak and strong control of the discharge of substances. Proceedings of the 5th International Conference on Engineering Optimization, EngOpt-2016. Iguassu Falls, Brazil, 2016. 8. Skiba, Yu. N., D. Parra-Guevara. Application of Adjoint Equations to Problems of Dispersion and Control of Pollutants. Nova Science Publishers, Inc., USA, 2015.

SE03-9 CARTEL

ACOPLAMIENTO DE MODELOS ATMOSFÉRICOS Y OCEÁNICOS MEDIANTE MÉTODOS DE DESCOMPOSICIÓN DE DOMINIO

Rodríguez Flores Miguel Angel, Mateos Efrain y Santana Julio Sergio
 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA
 miguel.rodriguez@posgrado.ima.edu.mx

Los modelos atmosféricos y oceánicos están definidos por una serie de ecuaciones que describen la física (balances de energía, masa y momentos) y en las cuales se comparten ciertos términos. En la solución de estas ecuaciones se debe considerar que exista continuidad en los flujos de la capa límite. Los algoritmos actuales (1-way, 2-way) solo realizan intercambio de datos entre los modelos cada determinado tiempo, si bien es una buena aproximación, no representa la mejor solución de un sistema acoplado. Al utilizar métodos de descomposición de dominio para realizar acoplamiento, se considerará que el modelo atmosférico y el modelo oceánico son particiones de un dominio, y por lo tanto se pueden resolver independientemente y utilizarse las soluciones locales de forma iterativa sin descuidar la convergencia del acoplamiento. Se presenta resultados del modelo idealizado Joe_Tc, desarrollado por el sistema COAWST (Coupled Ocean Atmosphere Wave Sediment Transport Modeling System), y avances de un sistema acoplado mediante el método de descomposición de Dominio "Global in time Schwarz" usando el modelo atmosférico WRF (Weather Research and Forecasting Model) y el modelo oceánico ROMS (Regional Ocean Modeling System).

SE03-10 CARTEL

EL MÍNIMO DE MANCHAS SOLARES EN EL O. ATLÁNTICO 2016

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

Cuando las manchas Solares se encuentran por debajo de 73 forma el valle de la onda detectada por la presencia de esas manchas en el sol y durante las 3 primeras décadas de cada siglo el mínimo de manchas se anula produciendo un incremento de los ciclones tropicales con trayectoria zonal y que se introducen sobre el estado de Quintana Roo y Centro América como fue el caso del huracán Janette en 1955 y el huracán Earl de Agosto 5 del 2016.

SE03-11 CARTEL

**ESTUDIO NUMÉRICO DE MICROFÍSICA
PARAMETRIZADA EN NUBES CALIENTES**Donet Vasconcellos Lainer Felipe¹ y Alfonso Díaz Lester Augusto²¹Universidad Nacional Autónoma de México²Universidad Autónoma de la Ciudad de México
lainerdonet87@gmail.com

En el estudio se deriva una particularización de double-momento de los procesos en la nube caliente directamente de la ecuación estocástica de colección. Se formulan ecuaciones explícitas para los procesos en una nube caliente de auto-conversión, acreción y la auto-colección usando partes del kernel polinomial de colección de Long y funciones universales siguiendo la similaridad fundamental de las relaciones. Estas funciones son estimadas numéricamente resolviendo la ecuación estocástica de colección. Mediante un modelo unidimensional donde la nube asume una forma cilíndrica se estudian los cambios generados por los procesos antes mencionados en la vertical.

SE03-12 CARTEL

**PREDICION DEL TIEMPO DE SUB
MESOESCALA, MEJORANDO CON ENSAMBLES**

Méndez Turrubiates Raul Fernando y Gross Markus S.

CICESE

mendezr@cicese.edu.mx

Los pronósticos acertados salvan vidas, ya sea mediante una alerta oportuna durante una emergencia o en la mitigación de eventos, permitiendo prevenir pérdidas económicas debidas a fenómenos meteorológicos. Debido a esto se han desarrollado formas de mejorar los pronósticos como: Aumentar la resolución espacial del modelo o el uso de ensambles. Al aumentar la resolución del modelo los patrones y características de variables como la precipitación son más realistas, a pesar de esto, a menudo estos pronósticos ocurren en otro lugar o en un tiempo equivocado. Al hacer pronósticos mediante ensambles obtenemos información de incertidumbre de los posibles futuros estados de la atmósfera, sin embargo, es necesario tener una mayor capacidad de cómputo. Es relativamente sencillo pronosticar la precipitación como un promedio a lo largo de grandes áreas, pero no lo es para una región específica. Por lo tanto el objetivo de este trabajo es crear un pronóstico mediante ensambles de un modelo de mesoescala para un lugar específico, se espera que la información extra obtenida mediante los ensambles aporte mayor confianza al pronóstico determinístico o que nos proporcione otros posibles estados meteorológicos que no se muestren los datos de entrada. Para realizar el trabajo se va a utilizar el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) con el cual se hará a reducción de escala dinámica; ya que el interés es pronosticar lugares específicos la resolución horizontal del ensamble será menor a 1 km. Los ensambles serán forzados con salidas del North American Mesoscale Forecast System (NAM) que cuentan con una resolución horizontal aproximada de 5 km, la zona de estudio está centrada en la ciudad de Ensenada dentro de una región de 180 x 180 km. Se evaluarán y analizarán los resultados del ensamble para encontrar la sensibilidad de este a las perturbaciones en las salidas del modelo NAM (datos de entrada), número de miembros del ensamble y resolución de la malla.