

XXX JORNADAS CIENTÍFICAS DE LA AME

IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO DE CONTAMINANTES EMITIDOS A LA ATMÓSFERA POR CUBA.

Autores: Alexander Fernández Velazquez¹,
Alberto W Setzer², Karla Longo², Eva Mejias³

1-Centro Meteorológico Provincial

Guantánamo. INSMET. Cuba.

Ahogados # 14 entre 12 y 13 Norte Guantánamo,

Guantánamo Cuba

2-Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciales. INPE. Brasil.

3-Instituto de Meteorología. Instituto de

Meteorología. Cuba.

E-mail: alexander.fernandez@gtm.insmet.cu
alexanderfv1973@hotmail.com

RESUMEN

La combustión natural de biomasa, y las emanaciones antrópicas de contaminantes a la atmósfera son fenómenos muy poco estudiados en Cuba y los principales resultados de estudios y productos en este campo para América Latina, con el empleo de información satelital han sido realizados por CPTEC-INPE. La metodología empleada se corresponde con la desarrollada por el INPE, basada en un modelo 3-D de transporte CATT-BRAMS acoplado a un modelo de emisión. En este método, la ecuación de conservación de masas es solucionada para el monóxido de carbono (CO) y el material particulado PM_{2.5} y las emisiones de gases y partículas asociadas con la biomasa activa ardiente. CATT-BRAMS, el modelo de transporte que calcula las fuentes de emisión de combustión de biomasa, por actividades urbanas, industriales y autos, para gases y partículas de aerosol. El modelo está basado en el Sistema de Modelado Regional Atmosférico (RAMS), usado para simular el monóxido de carbono y el material particulado (PM_{2.5}) y el transporte atmosférico. Se describe la técnica de estimación de emisiones por quema de biomasa sobre la base de una combinación de productos de sensoramiento remoto para incendios.

Para cada píxel de incendio detectado por sensoramiento remoto, se calcula la masa emitida, relacionándolas con el tipo de quema de la vegetación, se determina el área quemada a partir del tamaño del fuego.

Las fuentes son espacial y temporalmente distribuidas y determinadas para realizar el pronóstico de concentraciones. Se utiliza un inventario mundial de la quema de biomasa para comparar la emisión. Por todo lo anterior se adecuó esta metodología, para establecer el sistema de estimación de emanaciones de contaminantes a la atmósfera, para Cuba, y poder determinar las emanaciones, de dióxido de carbono y partículas a la atmósfera.

ABSTRACT

The natural combustion of biomass, and the emanations anthropic of pollutants to the atmosphere are phenomena very slightly studied in Cuba and in the world, the principal results of studies and products in this field for Latin America, with the employment of information satellite have been realized by them by CPTEC-INPE. The used methodology corresponds with the developed one for the INPE, stocks in a model 3-D of transport CATT-BRAMS connected to a model of emission. In this method, the equation of conservation of masses is solved for the carbon monoxide (CO) and the particular material PM_{2.5} and the gas emission and particles associated with the active ardent biomass. CATT-BRAMS, the model of transport calculates the emission sources of combustion of biomass, for urban, industrial activities and cars for gases and particles of aerosol. The model is based on the System of Shaped Regionally Atmospheric (RAMS), used to simulate the carbon monoxide and the particular material (PM_{2.5}) and the atmospheric transport. To describe the technology of estimation of emission for burning biomass on the base of a combination of products of remote sensing of fires. For every pixel of fire detected by the remote sensing, the expressed mass is calculated, relating them to the type of burning of the vegetation, there decides the area burned from the size of the fire. The sources are spatial and temporarily distributed and determined to realize the prediction of concentrations. A world inventory of the burning biomass is in use for comparing the emission. For everything previous I adapt this methodology, to establish for the system of estimation of emanations of pollutants to the atmosphere, for Cuba, for to determine the emanations, of carbon dioxide and particles to the atmosphere, from the methodology developed by the INPE.

INTRODUCCIÓN

El problema de los incendios forestales y las emanaciones de contaminantes es muy serio en el mundo, y en nuestra región más aun, a partir de la gran cantidad y por la quema de otras fuentes de biomasa, y aun resulta difícil, poder determinar con exactitud la cantidad de contaminantes emitidos producto a las emanaciones, varios investigadores han desarrollado metodologías que permiten estimar las emanaciones a escala global y regional. Uno de los principales impactos son las emanaciones de contaminantes y partículas a la atmósfera, provocando un número importante de enfermedades respiratorias y otras debido a la agresividad de estos contaminantes y al material particulado que se emite.

Asociado a pérdida de los bosques y los impactos en la flora y fauna, los principales contaminantes emitidos a la atmósfera, como el CO₂, CH₄ y N₂O, CO, NO_x, SO₂, HCN y aerosoles producen numerosas alteraciones en balance de la radiación de nuestro planeta. La disminución del contenido de ozono en la estratosfera (O₃), produce que disminuya la capacidad de absorción de la radiación ultravioleta, trayendo como consecuencias, fundamentales el aumento del calentamiento global, el incremento de enfermedades de la piel e importantes afectaciones a la flora y la fauna.

Junto con las partículas de aerosoles, la quema de biomasa produce vapor de agua y dióxido de carbono, y es una fuente importante de otros compuestos como el monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos halogenados Andreae y Merlet, (2001). Se ha estado trabajando en las estimaciones de consumo de biomasa por combustión, Hao y Liu (1994) construyeron una base de datos con la distribución espacial y la distribución temporal de la cantidad de biomasa quemada en América tropical, África, y Asia. Recientemente, desarrollaron modelos regionales y totalmente acoplados "on line" de transporte, basados en modelos atmosféricos, que se hacen más comunes; como el Sistema de Modelado Regional Atmosférico (Freitas et al., 2005a; Wang et al., 2006). Más recientemente, Giglio et al., (2006) y Van der Werf et al., (2006), utilizando zonas quemadas, estimadas por la teleobservación, un modelo biogeoquímico y los factores de emisión a partir de la literatura, estimaron emisiones de incendios entre 1997 y 2004.

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de estimación de emanaciones de contaminantes a la atmósfera, con el apoyo de información satelital.

OBJETIVO ESPECIFICO

Establecer en Internet, un sitio donde se muestren las emanaciones de los principales contaminantes y partículas a la atmósfera.

Crear condiciones para disponibilizar mapas con las emanaciones de gases y material particulado producto de incendios forestales y para determinar a partir de información satelital, las tasas de emisiones por incendios forestales, para: Monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), y partículas (PM_{2.5}), y "Tasa de emisión total de CO".

MATERIALES Y METODOS

Materiales utilizados

Computadora "Pentium 4, Hard Disk-80 GB, sistema operativo Windows XP, para la realización de la monografía.

Datos utilizados

Base de datos de GEOCUBA, con límites políticos, ciudades importantes, núcleos poblacionales, red vial, ríos, embalses y otros datos, georeferenciados. Base de datos sobre áreas protegidas, adquiridas directamente del Centro Nacional de Áreas Protegidas, Características generales de los datos: Coordenadas: "geográficas" (latitud, longitud). Mapa de vegetación actualizado, para toda la nación y para las áreas protegidas.

Imágenes de satélite utilizadas

GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite): Satélite de órbita geostacionaria. Consigue obtener datos de la misma parte de la superficie de la tierra cada 15 minutos. El SENSOR I-M Imager: diseñado para detectar la energía radiante y solar reflejada de las áreas muestreadas en la superficie terrestre.

Satélite TERRA / AQUA/ Sensor MODIS:

Los satélites AQUA y TERRA forman parte de la Earth Science Enterprise de la NASA. Tienen órbita con ciclo diario sincronizado.

El satélite TERRA pasa por el Ecuador a las 10.30 am., permite observar en la mañana. El satélite AQUA pasa por el Ecuador a las 1:30 pm, permite observar en la tarde. El SENSOR MODIS: (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) en el satélite AQUA y TERRA, cada uno tiene un sensor MODIS, multiespectral de mediana resolución. Posee 36 bandas que miden radiaciones en longitudes de onda desde el visible al infrarrojo termal y cuenta con canales diseñados específicamente para la detección de fuego.

Descripción del modelo metodológico de INPE.

El modelo utilizado para la materialización, del trabajo fue CATT-BRAMS, desarrollado por investigadores de CPTEC-INPE para estimar emanaciones de contaminantes de Sudamérica, y a continuación se describe el modelo empleado.

El CATT-BRAMS es un modelo que se basa en la Regional Atmospheric Modeling System - RAMS, versión 6, con nuevas funcionalidades y parametrizaciones, Walko et al., (2000).

RAMS es un modelo numérico diseñado para simular circulaciones atmosféricas en muchas escalas. RAMS resuelve las ecuaciones descrito por Trípoli y Cotton (1982), y está dotado de una red múltiple de animación que permite a los modelos de ecuaciones resolver simultáneamente en cualquier número la interacción de dos vías de cálculo, aumentando la resolución espacial. Tiene un conjunto de estados físicos y parametrajes apropiados para simular los procesos, tales como la superficie de intercambio de aire, las turbulencias, la convección, la radiación y la microfísica de nubes. BRAMS características incluyen, entre otros, una versión profunda y superficial de cúmulos, esquema basado en el enfoque de flujo de masa, Grell y Devenyi, (2002) y Gevaerd y Freitas, (2006).

CATT es un sistema numérico diseñado para simular y estudiar el transporte y los procesos asociados a las emisiones de la quema de biomasa. Se trata de un modelo de transporte junto a BRAMS. El trazador de transporte de simulación se hace simultáneamente, "on line", con la evolución del estado atmosférico, parámetros dinámicos y físicos. La ecuación de continuidad general de la masa de marcadores, resuelto en el CATT - BRAMS modelo es:

$$\frac{\partial \bar{s}}{\partial t} = \underbrace{\left(\frac{\partial \bar{s}}{\partial t}\right)_{adv}}_I + \underbrace{\left(\frac{\partial \bar{s}}{\partial t}\right)_{PBL}}_{diff} + \underbrace{\left(\frac{\partial \bar{s}}{\partial t}\right)_{deep}}_{conv} + \underbrace{\left(\frac{\partial \bar{s}}{\partial t}\right)_{shallow}}_{conv} + \underbrace{W_{PM2.5}}_V + \underbrace{R}_{VI} + \underbrace{Q_{pr}}_{VII} \quad (1)$$

Considerando que el, plazo (I) representa el 3-d resuelto, de transporte (por advección de la media de viento), el término (II) es la escala subregional de la red de difusión en el PBL, términos (III) y (IV) son de la red de transporte por convección profunda y superficial, respectivamente. Término (V) son las partículas húmedas de aerosoles, plazo (VI) es un término genérico sumidero y se refiere a la deposición seca, que se aplica a los gases y partículas de los aerosoles, así como a la transformación química de CO y por último, el plazo (VII) es la fuente, que incluye el penacho asociado con los incendios en la vegetación (Freitas et al., 2006b).

La Figura 1, muestra los principales componentes calculados por el modelo a escala de procesos involucrados en la traza de gas y el transporte de aerosoles simulado. Además, CATT-BRAMS incluye un esquema de la radiación que tiene en cuenta la interacción entre las partículas de aerosoles y la radiación de onda corta y larga (Longo et al., 2006).

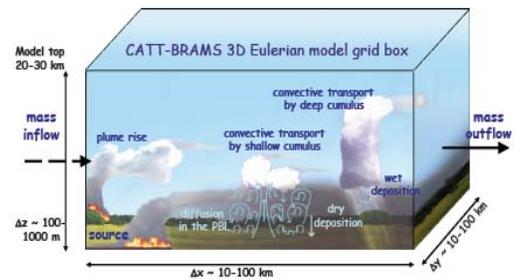


Figura 1. Procesos de gases y aerosoles de transporte, simulados por CATT-BRAMS sistema. Fuente: Longo et al., (2006).

BRAMS es software de código abierto, disponible gratuitamente en <http://www.cptec.inpe.br/brams>.

Modelo para cálculo de PM2.5 y CO.

RESULTADOS

Resultados de selección de satélites

A partir del trabajo desarrollado se determinó la utilización de diferentes satélites a emplear, mostrando las informaciones de Cuba para el monitoreo de las emanaciones, y los mapas de focos de calor de Cuba, que se utilizan para cálculo de las emanaciones de los diferentes compuestos emitidos.

Imágenes de Satélites utilizadas por el sistema para Cuba, y generadas a partir de las bases de datos actualizadas.

1- Sensor Modis

Se determinan focos de calor y sirven como base para determinar la cuantía de las emanaciones producidas.

2- Satélites GOES

Se determinan focos de calor y sirven como base para determinar la cuantía de las emanaciones producidas, y la superficie afectada por incendios.

3- Imagen Landsat /TM

Se utiliza, para la generación de mapas de vegetación, y también puede ser utilizado para determinar focos de calor y sirven como base para determinar la cuantía de las emanaciones producidas.

4- Satélite NOAA.

Satélite que aporta información meteorológica.



Figura 2. Mapa de riesgos de incendios.

El mapa de riesgo de incendios, que se encuentra disponible en la página de INPE: <http://paraguay.cptec.inpe.br/produto/queimadas/>. (Figura 2).



Figura 3. Riesgo de incendios calculado.

El mapa de riesgo de incendio, disponible gratuitamente para todos los usuarios del sistema en: <http://paraguay.cptec.inpe.br/produto/queimadas/>. (Figura 3).



Figura 4. Mapa de focos con vegetación.

Mapa integrado de focos de calor y Vegetación, utilizado en el sistema (Figura 4), disponible en: <http://paraguay.cptec.inpe.br/produto/queimadas/>.



Figura 5. Focos de de calor acumulados, Enero- Octubre de 2007.

La figura 5, muestra los focos de calor detectados seleccionados para el monitorear las emanaciones de contaminantes, (Enero–Octubre 2007). Disponible en: <http://paraguay.cptec.inpe.br/produto/queimadas/>.

Resultados de adaptación de la metodología para Cuba

En relación con las emanaciones el principal resultado es la creación de condiciones para poder realizar los mapas con las emisiones de gases y partículas a la atmósfera, a partir de la adaptación de la metodología del modelo CATT-BRAMS, desarrollada por el INPE, y adecuada para las condiciones de Cuba.

Creadas las condiciones para determinar la tasa de emisiones por incendios forestales, para: Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), partículas (PM 25).

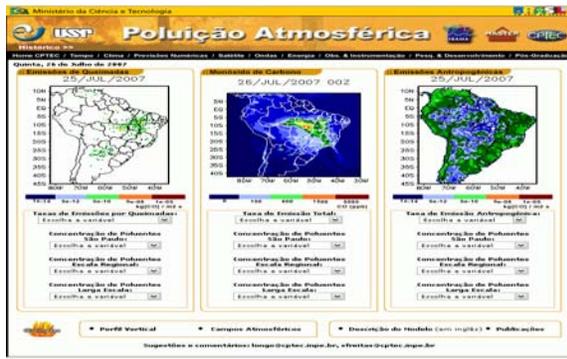


Figura 6. Pagina de emanación de contaminantes, antes de la incorporación de Cuba al sistema, Julio de 2007.

La pagina anterior de contaminación atmosférica, desarrollada por el INPE, no incluía las emanaciones de Cuba, sino solo las procedentes de América del Sur (Figura 6), y se trabajo, para poder incorporar el país en el sistema desarrollado por INPE, dando la posibilidad también de incluir otras naciones de Centro América.



Figura 7. Mapa de emisiones por incendios, para monóxido de Carbono.

Las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO), producto de incendios forestales, son calculadas y mostradas en la página de incendios, dentro de la sección de contaminación, mostrando los niveles de concertación del mismo (Figura 7), y fueron creadas las condiciones para los cálculos de estas en el país, pero aun no se encuentra operacional el sistema por cuestiones técnicas, aunque ya esta incluida la información para su funcionamiento.

Los mapas de Concentración de contaminantes se encuentran disponibles en la dirección: <http://paraguay.cptec.inpe.br/produto/queimadas/>

Mapas de tasas de emisión de principales contaminantes para el modelo CATT-BRAMS.

Los mapas que se encuentran en: <http://meioambiente.cptec.inpe.br/>, muestran las tasas de emisión de:

- 1- Monóxido de Carbono (CO₂)
- 2- Dióxido de Carbono (CO₂)
- 3- Emisión de Metano (CH₄)
- 4- Material particulado (PM2.5)

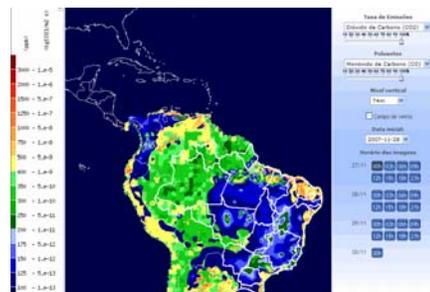


Figura 8. Tasa de emisión de Dióxido de Carbono (CO₂).

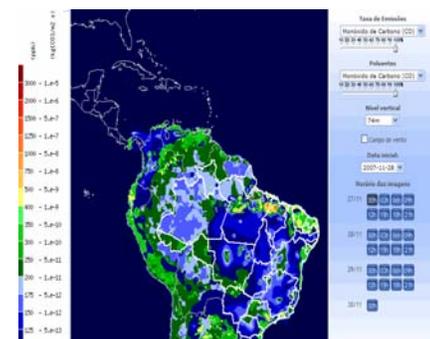


Figura 9. Tasa de emisión de Monóxido de Carbono (CO).

BIBLIOGRAFIAS



Figura 10. Tasa de emisión de Metano (CH₄)



Figura 11. Tasa de emisión de Material particulado (PM_{2.5})

Las Figuras 8, 9, 10 y 11, presentan las tasas de emanaciones de los principales contaminantes, para América del Sur y Cuba incluida, pero aun no operacional.

CONCLUSIONES

Se desarrollo el sistema y se crearon las condiciones para incorporar a Cuba, en la página de INPE, done se mostraran las emanaciones de contaminantes y partículas a la atmósfera.

Resulta especialmente importante la materialización de este trabajo, por la oportunidad que reporta de poder tener información, más real sobre las emanaciones producto de los incendios forestales, a partir de que fueron creadas las condiciones para realizar los mapas con las emanaciones de gases y partículas a la atmósfera, pudiendo determinar las tasas de emisiones para: Monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), partículas (PM 25).

Se escogieron los satélites a utilizar para el cálculo de las emanaciones, a partir de la determinación de los focos de calor, y se dejaron establecidos en la página de incendios del INPE.

Freitas, S. R., Longo, K. M., Silva Dias, M., Silva Dias, P., Chatfield, R., Prins, E., Artaxo, P., Grell, G., Recuero, F.: Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America, *Environmental Fluid Mechanics*, 5(1–2), 135–167, doi:10.1007/s10652-005-0243-7, 2005a.

Freitas, S. R., Longo, K. M., Chatfield, R., Latham, D., Silva Dias, M. A. F., Andreae, M. O., Prins, E., Santos, J. C., Gielow R., Carvalho Jr., J. A.: Including the sub-grid scale plume rise of vegetation fires in low resolution atmospheric transport models, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 6, 11 521–11 559, 2006b.

Gevaerd, R., Freitas, S. R.: Estimativa operacional da umidade do solo para iniciação de modelos de previsão numérica da atmosfera. Parte I: Descrição da metodologia e validação, *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3), 1–15, 2006.

Giglio, L., van der Werf, G. R., Randerson, J. T., Collatz, G. J., Kasibhatla, P. S.: Global Estimation of Burned Area using MODIS Active Fire Observations, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 957–974, 2006, <http://www.atmos-chem-phys.net/6/957/2006/>, 2006.

Grell, G., Devenyi, D.: A generalized approach to parameterizing convection combining ensemble and data assimilation techniques, *Geophys. Res. Lett.*, 29(14), doi: 10.1029/2002GL015311, 2002.

Hao, W. M., Liu, M.-H.: Spatial and temporal distribution of tropical biomass burning, *Global Biogeochem. Cycles*, 8 (4). 495504. 1994.

Longo, K. M., Freitas, S. R., Ulke, A. G., Hierro, R. F.: Transport of biomass burning products in Southeastern South America and its relationship with the South American Low Level Jet East of the Andes. In: International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography (ICSHMO), 8, Foz do Iguacu. Proceedings. São José dos Campos, INPE, 121–129, **CD-ROM**. ISBN.85-17-00023-4, 2006.

Tripoli, G., Cotton, W.: The Colorado State University three-dimensional cloud-mesoscale model. Part I: General theoretical framework and sensitivity experiments, *J. Res. Atmos.*, 16, 185–219, 1982.

Van der Werf, G. R., Randerson, J. T., Giglio, L., Collatz, G. J., and Kasibhatla, P. S.: Interannual variability in global biomass burning emission from 1997 to 2004, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 3423–3441, 2006, <http://www.atmos-chem-phys.net/6/3423/2006/>.

Walko, R., Band, L., Baron, J., Kittel, F., Lammers, R., Lee, T., Ojima, D., Pielke, R., Taylor, C., Tague, C., Tremback, C., Vidale, P.: Coupled atmosphere-biophysics-hydrology models for environmental modeling, *J. Appl. Meteorol.*, 39(6), 931–944, 2000.

Wang J., Christopher, S., Nair, U., Reid, J., Prins, E., Szykman, J., Hand, J.: Mesoscale modeling of Central American smoke transport to the United States: 1. “Top-down” assessment of emission strength and diurnal variation impacts, *J. Geophys. Res.*, 111, D05S17, doi: 10.1029/2005JD006416, 2006.