

INTEGRACIÓN DE MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL IMPACTO EN LA CALIDAD DE AIRE DE LA QUEMA DE BIOMASA EN EL NORTE ARGENTINO.

Pablo Cremades¹, David Allende², Enrique Puliafito³
Grupo de Estudios Atmosféricos y Ambientales (GEAA)- Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza
Rodríguez 273 (M5502AJE) Mendoza, Argentina
Tel. 0261-5243003 –e-mail: pablocremades@gmail.com

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

RESUMEN: Este trabajo pretende evaluar el impacto sobre la calidad de aire de las emisiones por quema de biomasa, en el Norte argentino. La información de ubicación de los focos de incendios se obtuvo del instrumento MODIS, abordo de las plataformas Terra y Aqua, con una disponibilidad temporal de hasta 4 imágenes por día. Se utilizó la base de datos de uso de suelo de GLOBCOVER 2009 para la estimación de la cantidad de biomasa disponible para la quema. Las estimaciones de consumo de combustible y factores de emisión surgieron de la literatura. La evaluación del transporte e impacto de las emisiones resultantes, se hizo utilizando el modelo de calidad de aire CALPUFF, al cual se le incorporaron pronósticos meteorológicos obtenidos con el modelo regional WRF. Finalmente, se compararon los resultados obtenidos con valores reportados por mediciones satelitales obtenidas con el instrumento TES.

Palabras clave: quema de biomasa, MODIS, calidad de aire, modelo CALPUFF, modelo WRF, TES.

INTRODUCCIÓN

La quema de biomasa afecta grandes áreas de diferentes zonas vegetadas alrededor del globo, alterando significativamente varios ecosistemas terrestres (Crutzen y Andreae, 1990; Ryu et al., 2007; Deng et al., 2008). Los fuegos producidos en media y gran escala consumen vorazmente grandes cantidades de biomasa, generan una intensa cantidad de energía calórica y emiten espesas plumas de humo en la atmósfera, provocando efectos adversos para la vida, el ambiente, la propiedad, el tiempo atmosférico y el clima, tanto directa, como indirectamente (Marshall et al., 1996; Radojevic y Tan, 2000; Diehl et al., 2007).

La quema de biomasa en la Argentina ha generado gran preocupación principalmente por sus efectos en el clima global, debido a la emisión de material particulado y gases de efecto invernadero (Mielnicki et al., 2005a, 2005b; Defosse et al., 2011). La quema de pastizales y bosques nativos son los principales tipos de quema de biomasa, reportados en varios de estos trabajos. Sin embargo, las quemas relacionadas con prácticas agrícolas son muy relevantes local y regionalmente. En el Norte argentino varios incendios están asociados al avance de la frontera agrícola y a las prácticas de quemas de residuos agrícolas (Morello y Matteucci, 2000). Particularmente en la Provincia de Tucumán, una práctica agrícola generalizada es la quema de lotes en pie, de caña preparada para cosecha manual o semi mecanizada, con el objeto de la eliminación de residuos vegetales, malezas y alimañas que interfieren en la cosecha de tallos, aumentando la eficiencia de la labor de recolección, al suprimir el deshoje manual.

Las grandes cantidades de hollín y humo emitido contienen varios compuestos tóxicos. De particular preocupación es el material particulado fino (PM_{2.5}) y compuestos gaseosos como óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y una serie de compuestos volátiles y semivolátiles conocidos por sus efectos adversos sobre la salud. Varios estudios han encontrado claras correlaciones entre emisiones de material particulado fino y efectos en la salud, incluyendo adultos y niños sufriendo de síntomas y episodios asmáticos más frecuentes y severos durante eventos de quema (Torígoe et al., 2000; Mar et al., 2004).

¹ Becario Doctoral CONICET

² Becario Postdoctoral CONICET

³ Investigador Independiente CONICET

Una adecuada determinación del impacto de la quema de biomasa requiere de la documentación precisa del punto de quema, el tamaño e intensidad del fuego, la cantidad de biomasa quemada y la cantidad de material particulado y materia gaseosa emitida en el humo. Este trabajo tiene por objeto evaluar el efecto de la quema de biomasa en la calidad de aire de las localidades cercanas a las zonas aledañas a las áreas de quema. Para ello, se realizó un inventario de emisiones durante el mes de agosto y setiembre de 2009, en una zona del Norte Argentino en el cual se registró un gran número de fuegos. Los focos de incendio se obtuvieron de la información captada por MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). El modelo de dispersión urbana CALPUFF, configurado para incorporar estas fuentes de emisión, fue utilizado para la estimación de la trayectoria y concentración final de los contaminantes emitidos.

METODOLOGÍA

Dominio de modelado

La región en estudio está ubicada en el noroeste argentino, abarcando la Provincia de Tucumán y parte de las Provincias de Santiago del Estero, Salta y Catamarca. El dominio de modelado cubre un área de 250 x 200 km² centrado en 26° 44'S y 71° 12'W (ver

Figura 1), con una resolución de grilla de 1 km. En esta región, las elevaciones del terreno oscilan entre 140 y 5200 m s.n.m incrementándose hacia el noroeste. Para el análisis de calidad de aire se eligieron los meses de agosto y setiembre de 2009, donde se registraron gran cantidad de focos de incendio en el área de estudio, principalmente debido a la quema de caña en la Provincia de Tucumán.

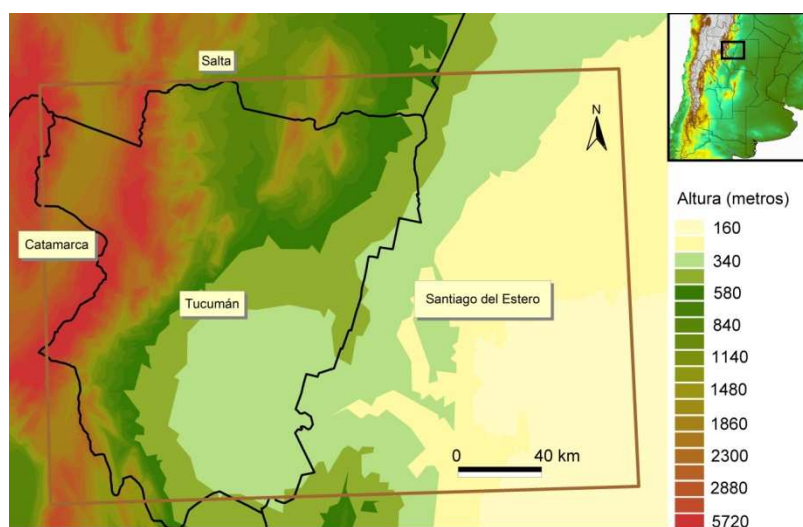


Figura 1: Ubicación del dominio de modelado, contornos provinciales y elevaciones del terreno en el noroeste de la República Argentina.

Meteorología.

Coexisten en la región dos tipos distintos de clima: el árido de alta montaña con bioma de semidesierto y el clima subtropical de las sierras, con bosque subtropical. Para la incorporación de los campos meteorológicos que influyen en la dispersión de gases y partículas contaminantes, se utilizó el sistema WRF/CALMET/CALPUFF. Éste se corrió en base de tiempo horaria, utilizando en primer lugar, el modelo Weather Research and Forecasting (WRF; Michalakes et al., 2005) para generar campos de vientos de gran escala como aproximación inicial usados en el modelo CALMET (Scire et al., 2000), que ajusta dichos campos meteorológicos al terreno y uso/cobertura del suelo incluidos del dominio de modelado, con alta resolución. Los campos meteorológicos de WRF/CALMET se usaron finalmente para conducir las simulaciones con el modelo de dispersión CALPUFF (Scire et al., 2000).

El modelo WRF fue configurado con dos dominios anidados: un dominio exterior de 70 x 55 celdas con una resolución espacial de 27 km y 27 niveles verticales de presión hasta 50 hPa, y un dominio interior de 91 x 67 celdas con resolución espacial de 9 km centrado en 27,8°S y 64,2°W. WRF se configuró para adaptarse al dominio local introduciendo datos estáticos en una resolución mucho más adecuada que la incluida por defecto en el modelo. En tal sentido, los más recientes datos de uso de suelo en resolución de 250 m provenientes de GLOBCOVER 2009 (Arino et al., 2010) fueron incluidos para mejorar la caracterización de ambos dominios. El modelo fue corrido con condiciones iniciales y de contorno del modelo de circulación global GFS (Global Forecast System) del National Center for Environmental Prediction (NCEP) con resolución de 1° x 1° en intervalos 6 horas. Para ambos dominios se utilizó el esquema de microfísica de Lin et al., el esquema de superficie NOAH con 4 capas, el modelo Rapid Radiative Transfer Model (RRTM) para considerar radiación de onda larga y el esquema de Dudhia para radiación de onda corta. Asimismo, para la consideración de nubes convectivas, se utilizó la parametrización de cúmulos de Kain-Fritsch. Mayores detalles de la parametrizaciones físicas de WRF pueden encontrarse en Michalakes et al. (2005).

CALMET fue configurado para el dominio de la

Figura 1 con resolución horizontal de 1000 m y 10 niveles verticales que corresponden a alturas físicas de 20, 40, 80, 160, 300, 600, 1000, 1500, 2200 y 3000 metros. Los campos meteorológicos generados por WRF fueron interpolados horizontal y

verticalmente para CALMET con el procesador offline CALWRF, e introducidos al modelo como campos iniciales. Se introdujeron también mediciones (en forma de datos horarios de superficie) obtenidas por el Servicio Meteorológico Nacional del Aeropuerto de Tucumán (26,8 ° S; 65.1 ° W; 456 m s.n.m.) y del Aeropuerto de Santiago del Estero (27,76°S; 64,33°W; 199 m s.n.m.). El análisis objetivo en CALMET se realizó usando un radio de influencia de 1 km. Finalmente, campos meteorológicos en tres y dos dimensiones fueron generados para todo el período de modelado con resolución horaria.

DetECCIÓN Y PROCESADO DE FOCOS DE INCENDIO.

Debido a que la naturaleza de las quemaduras es casi siempre errática, sus parámetros no pueden medirse directamente. Por esta razón, son necesarios métodos alternativos para la caracterización e identificación de los fuegos como la medición de la energía radiativa, que puede determinarse por medio de sensor remoto. Mediciones de anomalías térmicas son provistas regularmente por sensores remotos específicos como el MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo de las plataformas Terra y Aqua como parte del Sistema de Observación Terrestre (EOS) (Kaufman et al., 1998). Para este estudio se utilizó el producto MOD14 (MODIS Thermal Anomalies) en nivel 2, que suministra información de ocurrencia fuegos activos y otras anomalías térmicas (durante día y noche), localización del foco, criterios lógicos utilizados para la selección de fuegos y energía liberada para cada foco, en resolución espacial de 1 km (Giglio, 2007a). La información fue procesada e integrada en un entorno de Sistema de Información Geográfica (SIG), en conjunto con la coberturas de suelo GLOBCOVER 2009 (Arino et al., 2010). Esto permitió clasificar los focos de calor de acuerdo a la cobertura sobre la cual se ubicaron. La localización de las áreas quemadas de mayor tamaño se verificó posteriormente a través del producto MCD45A1 (Roy et al., 2005) de MODIS que contiene una descripción mensual de zonas quemadas en una resolución de 500 m.

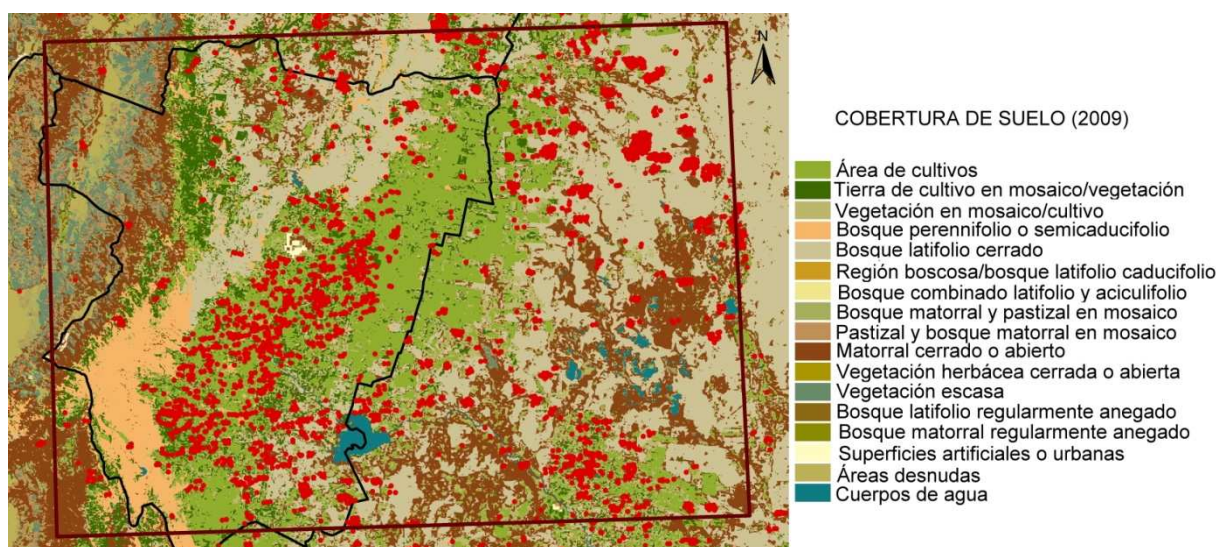


Figura 2: Localización de focos de fuego (en rojo) para el período de modelado sobre el mapa de cobertura de suelos.

Inventario de emisiones

La estimación de las emisiones está dada por la Ecuación (1), en la cual, para un dado pixel donde MODIS detecta fuego, se cruza la localización geográfica con datos de densidad de biomasa y las características fisiológicas de la vegetación.

$$ET_i = \alpha_{veg} \times \beta_{veg} \times ET_{i,veg} \times A_{fuego} \quad (1)$$

donde ET_i representa la emisión total en gramos para el compuesto i , α_{veg} , es la cantidad de biomasa sobre el suelo, en kg de C/m^2 , β_{veg} es un factor de combustión que caracteriza la eficiencia de la misma, $ET_{i,veg}$ es el factor de emisión correspondiente para cada compuesto en g/kg y A_{fuego} es el área quemada en m^2 . La cantidad de biomasa sobre el suelo para cada tipo de cobertura vegetal afectada por quema y la eficiencia de combustión se tomaron de de Ward et al., (1992), Gibbs, et al., (2007) y Graham, (2002). Para el caso de caña de azúcar en la Provincia de Tucumán se tomaron los valores de $\alpha_{veg} = 9,44$ kg de C/m^2 y $\beta_{veg} = 0,9$ para todas las parcelas quemadas, de acuerdo con estimaciones del INTA Famaillá (Valeiro, 2010). Los factores de emisión utilizados fueron tomados fundamentalmente de Andreae y Merlet, (2001). Estos valores se verificaron con los mencionados en la literatura (IPCC, 2006; EMEP/EEA, 2009). Se estimó un área quemada de $0,20$ km^2 para cada episodio de fuego detectado con MODIS, de acuerdo con lo establecido en Freitas et al., (2011). El perfil temporal de las emisiones fue tomado de Giglio, (2007b).

Modelado con CALPUFF

CALPUFF (Scire et al., 2000) es un avanzado modelo de dispersión por soplos de estado no estacionario adoptado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA) como modelo preferido para evaluar el transporte, dispersión, transformación y deposición de contaminantes gaseosos y partículas en escalas urbanas. CALPUFF es un modelo de soplos lagrangiano y está programado para simular cantidades discretas de material contaminante emitidas por una fuente en el flujo de aire, así, mientras la circulación cambia de hora a hora, el camino que cada soplo sigue, cambia con la nueva dirección del viento. Se modelaron 3 especies: CO, PM_{10} y $PM_{2.5}$. Las fuentes de emisión se consideraron como áreas y los

parámetros de emisión, tales como altura efectiva de emisión y velocidad de elevación de la pluma se tomaron de Cetegen et al., (1982) y Sandberg y Peterson, (1984).

Debido a la presencia de grandes zonas urbanas en el dominio de modelado se incluyeron en forma separada las emisiones provenientes de actividades humanas (emisiones industriales, residenciales, transporte, producción de energía y fugitivas) para el cálculo de las concentraciones de fondo de los tres contaminantes modelados. En tal sentido, se utilizó el inventario de emisiones globales Emission Database for Global Atmospheric Research, EDGAR v4.0 (Olivier y Berdowski, 2001) con resolución de 0,1 grados de latitud y longitud (aproximadamente 10 km).

Los archivos de concentración se obtuvieron finalmente con el procesador CALPOST, generando promedios temporales para cada especie modelada.

RESULTADOS

Emisiones computadas para el período modelado

Las emisiones totales computadas para todo el período de modelado y para todos los focos de fuego fueron de 185.480 toneladas de CO, 12.800 toneladas de PM₁₀ y 8.650 toneladas de PM_{2.5}. La contribución por cada tipo de cobertura de suelo se muestra en la

Figura 3. Puede notarse que la mayoría de las emisiones en este período están asociadas a la quema durante prácticas agrícolas. Precisamente, en este momento del año, se registra en Tucumán un máximo en la actividad de quema de caña en verde para cosecha y la quema de rastrojos o residuos luego de la cosecha.

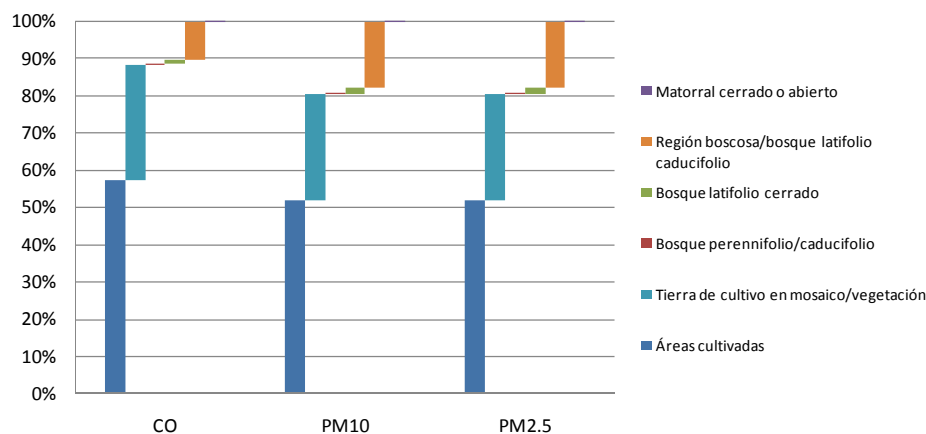


Figura 3. Contribución de cada tipo de cobertura de suelo al total de emisiones de los compuestos modelados por quema.

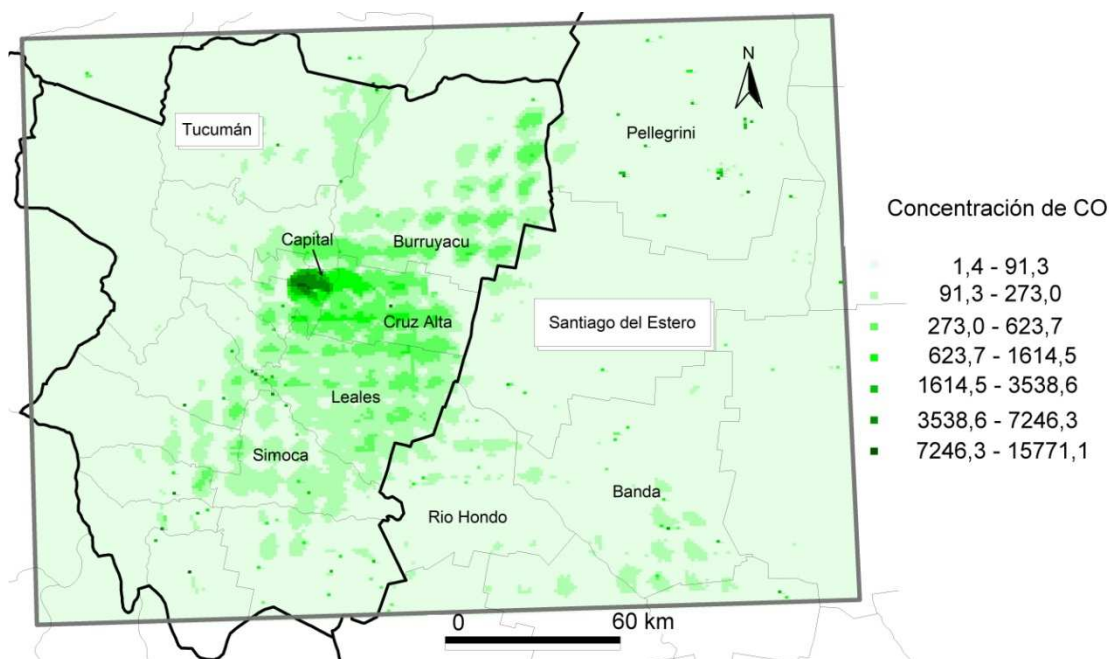


Figura 4. Concentraciones promedio diarias estimadas con el modelo de dispersión para CO para todo el período de modelado, en µg/m³.

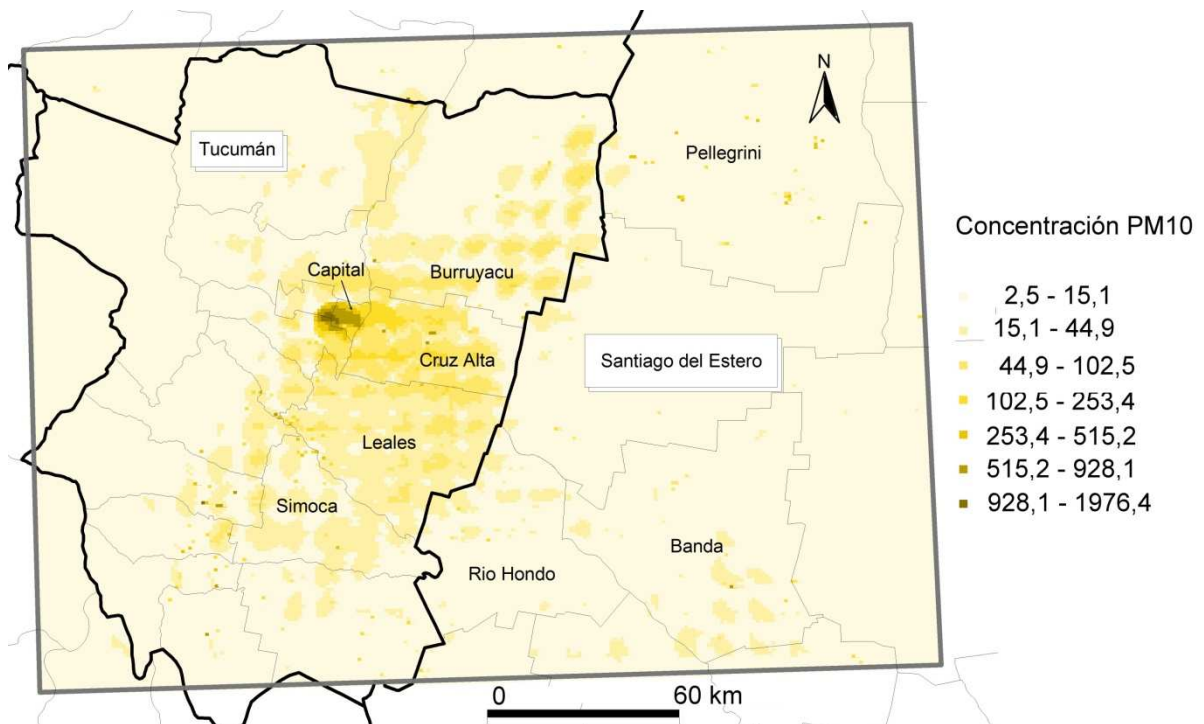


Figura 5. Concentraciones promedio diarias estimadas con el modelo de dispersión para PM_{10} para todo el período de modelado, en $\mu g/m^3$.

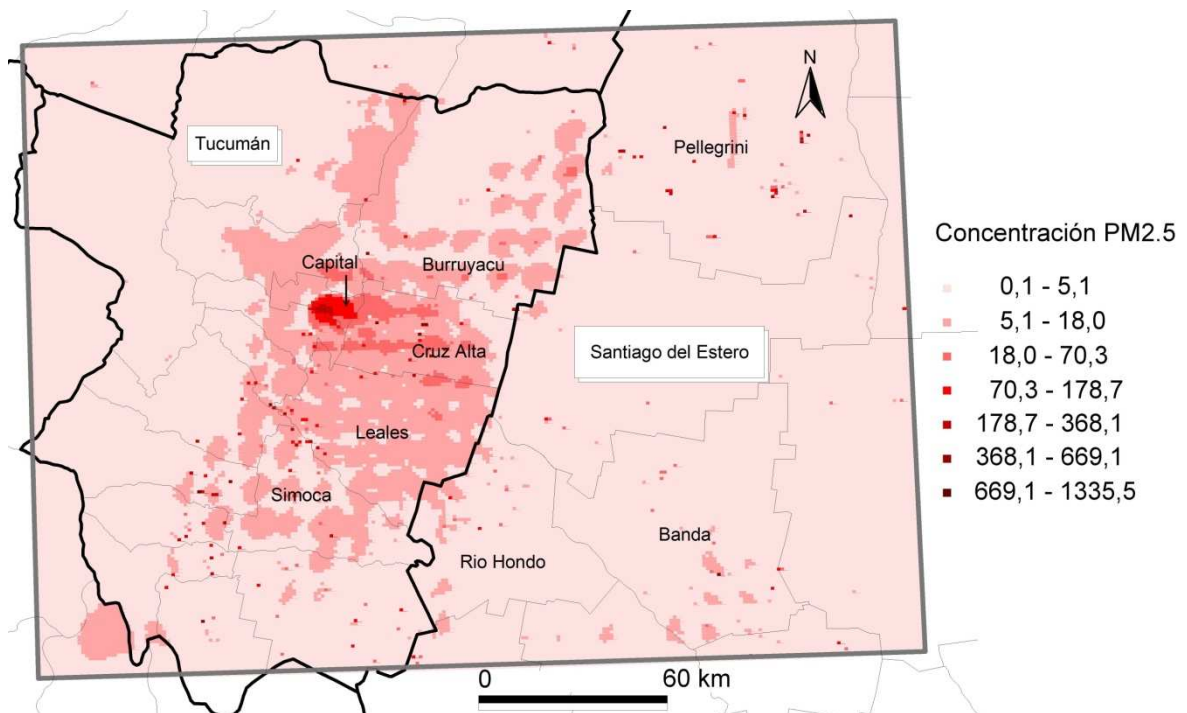


Figura 6. Concentraciones promedio diarias estimadas con el modelo de dispersión para $PM_{2.5}$ para todo el período de modelado en $\mu g/m^3$.

Concentraciones modeladas a nivel del suelo

Las concentraciones estimadas con CALPUFF se muestran en la Figura 4, Figura 5 y Figura 6. Aquí se detallan los promedios diarios para concentraciones de CO, PM_{10} y $PM_{2.5}$. La distribución espacial de los contaminantes presenta valores elevados en los departamentos de Capital, Cruz Alta, Leales, Simoca y Burruyacu de la Provincia de Tucumán.

Los valores de referencia de acuerdo a la OMS (OMS, 2005) para CO ($10,3 \text{ mg}/m^3$) se superan solamente en puntos muy cercanos a las zonas de quema. Para material particulado PM_{10} , durante el período de quema se supera la norma de la OMS (referencia: $150 \mu g/m^3$) en más sectores, incluidos, los departamentos en los que se realiza la quema de caña y una parte del

área urbana del departamento Capital. La contribución de las fuentes a la concentración total es variable, de acuerdo al día considerado. En la

Figura 7 se muestra la contribución promedio para todo el dominio y para todo el período de modelado, de cada fuente simulada, incluyendo las concentraciones de fondo, calculadas de acuerdo descrito en el apartado *Modelado con CALPUFF*. Puede verse en dicha figura que la quema de biomasa contribuye en promedio hasta un 50% en la concentración de CO, un 30% en la de PM₁₀ y un 60% en la de PM_{2.5}.

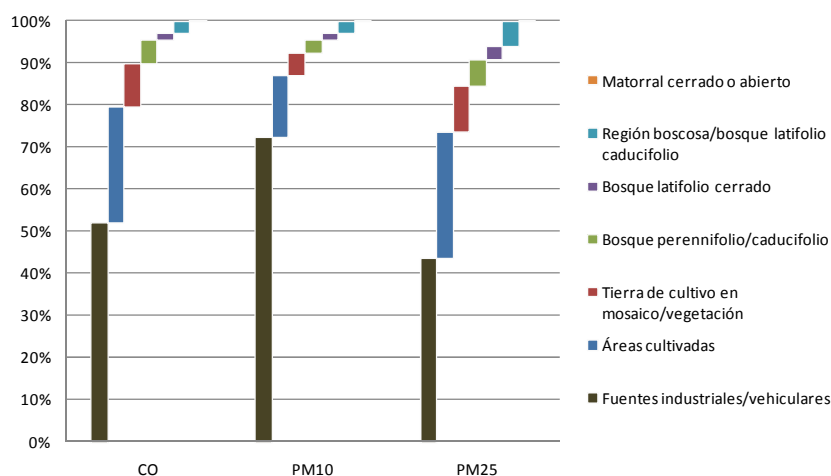


Figura 7. Contribución promedio de cada tipo de fuente a la concentración total para cada compuesto.

Validación de los resultados del modelo

El Tropospheric Emission Spectrometer (TES) es un espectrómetro de radiación infrarroja con una resolución espectral de 0,1 cm⁻¹ y cobertura sobre un amplio rango espectral (650-3050 cm⁻¹) a bordo del satélite Aura, que suministra entre otros productos estándar, perfiles troposféricos de concentración de CO y ozono (Rinsland et al., 2006). Se usaron los productos TES Aura L2 Carbon Monoxide (CO) Nadir para evaluar las concentraciones estimadas con el modelo (Luo et al., 2007). Debido a que la resolución de estos datos de sensado remoto es mucho mayor que la resolución de la grilla de modelado, se utilizó un promedio para todo el dominio por cada pasada del instrumento para la realización de la comparación. Los resultados de la validación se muestran en la

Figura 8. Puede verse que el modelo subestima las concentraciones observadas por TES en promedio por 10 µg/m³. Esto se debe posiblemente, a que las observaciones de MODIS para la detección de fuegos representan un piso de lo que realmente ocurre, debido a que cubren la superficie estudiada en determinadas horas del día, por lo que es muy probable que se subestime la cantidad de incendios.

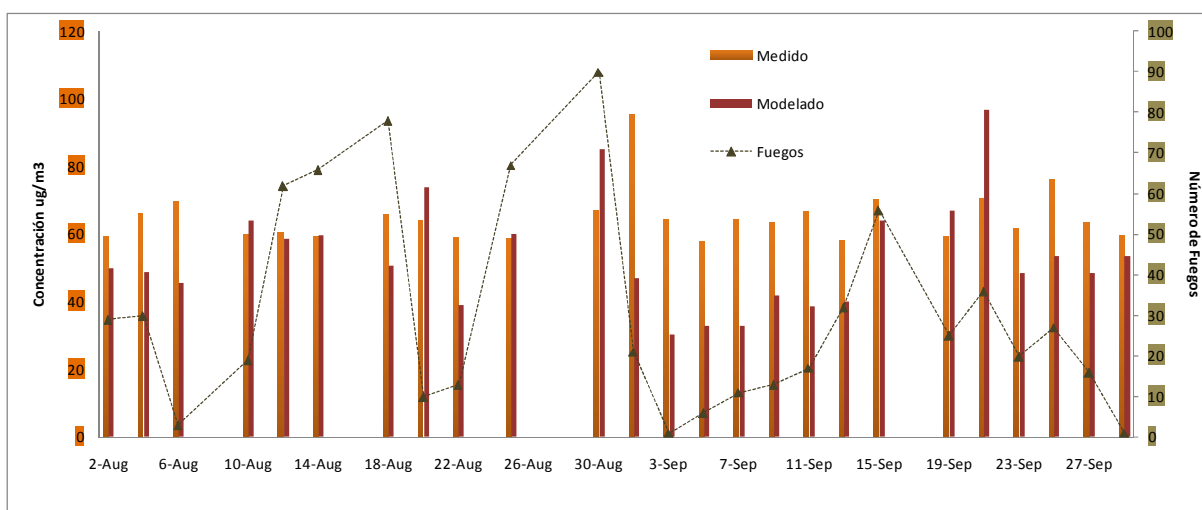


Figura 8. Comparación entre los valores simulados y medidos con TES. Adicionalmente se grafica en el eje secundario el número de fuegos detectados con MODIS en el dominio de modelado.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

En este estudio se ha pretendido evaluar la cantidad de gases y partículas contaminantes que impactaría en las zonas cercanas a los puntos de quema de biomasa, a través de los resultados de simulaciones que incorporan meteorología, física y ecología de fuego, física y química atmosférica. Por medio de la integración de modelos se ha tratado de generar un panorama del

impacto en forma cualitativa y cuantitativa, de los posibles riesgos generados por quema de biomasa, particularmente en las poblaciones cercanas, en un caso de estudio en el Norte argentino.

Estas simulaciones demuestran que el acoplamiento de pronósticos meteorológicos regionales con mediciones satelitales y modelos de dispersión urbanos pueden ser una poderosa herramienta para la determinación de la distribución de concentraciones debido a la quema, para aplicaciones de calidad de aire. El presente estudio no ha incluido impactos regionales ni procesos de generación de aerosoles secundarios, problemas que necesitan investigación más detallada. Asimismo, el uso de factores de emisión más precisos, incluyendo la dependencia de diferentes fases de quema y tipos de vegetación y una variación del ciclo diurno de quema más refinada, basada en observaciones, mejoraría las emisiones, y por lo tanto, las concentraciones modeladas.

Los resultados de las simulaciones sugieren que las zonas más vulnerables, además de los puntos cercanos a la quema, son las áreas urbanas en las que las concentraciones de fondo ya son de por sí elevadas. En contraste con los grandes centros urbanos, donde las fuentes principales de partículas está relacionada a la quema de combustibles fósiles, principalmente debido a la actividad vehicular, la contribución de quema de biomasa en el norte argentino puede ser igual o mayor que ésta. En este estudio, se ha estimado un aumento en la concentración de CO de 92% sobre los valores urbanos y hasta de 130% en el caso de partículas finas producto de las quemadas. Este resultado es particularmente relevante debido a los efectos nocivos asociados a las partículas respirables. La población residente en estas áreas está expuesta a la quema de biomasa, particularmente asociada al cultivo de caña de azúcar, durante varios meses por año, durante todos los años. Los efectos en la salud no solamente están determinados por la exposición a altos niveles de contaminación sino también, y en forma más relevante, por el tiempo que las personas respiran aire contaminado crónicamente. Debido a que los resultados de las simulaciones sugieren que la quema de caña de azúcar es responsable de grandes concentraciones de partículas en sectores cercanos a zonas de quema, posiblemente, se lograría una disminución de la exposición de población por medio de la adopción de diferentes prácticas agrícolas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Ing. Alejandro Valeiro de la Estación Experimental Agropecuaria Famaillá del INTA por su constante colaboración en la suministración de información detallada para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- Andreae, M.O. y Merlet, E. (2001). Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochem. Cycles*, AGU 15 (4), pp. 955-966.
- Arino, O., Ramos, J., Kalogirou, V., Defoumy, P., & Achard, F. (2010). *GlobCover 2009*. ESA Living Planet Symposium. Bergen, Norway p. 686.
- Cetegen, B. M. Zukoski E.E.; Kubota, T. (1982). *Entrainment and flame geometry of fire plumes*. Pasadena, California.
- Crutzen, Paul J; Andreae, Meinrat O (1990). Biomass Burning in the Tropics: Impact on Atmospheric Chemistry and Biogeochemical Cycles. *Science*. 250 (4988), pp. 1669-1678.
- Defosse, G. E., Loguercio, G., Oddi, F. J., Molina, J. C., & Kraus, P. D. (2011). Potential CO₂ emissions mitigation through forest prescribed burning: A case study in Patagonia, Argentina. *Forest Ecology and Management*. 261 (12), pp. 2243-2254.
- Deng, X., Tie, X., Zhou, X., Wu, D., Zhong, L., Tan, H., Li, F., et al. (2008). Effects of Southeast Asia biomass burning on aerosols and ozone concentrations over the Pearl River Delta (PRD) region. *Atmospheric Environment*, 42 (36), pp. 8493-8501.
- Diehl, K; Simmel, M; Wurzler, S (2007). Effects of drop freezing on microphysics of an ascending cloud parcel under biomass burning conditions. *Atmospheric Environment*. 41 (2), pp. 303-314.
- EMEP/EEA. (2009). *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook — 2009*. Technical guidance to prepare national emission inventories. Copenhagen.
- Freitas, S. R., Longo, K. M., Alonso, M. F., Pirre, M., Marecal, V., Grell, G., Stockler, R., et al. (2011). PREP-CHEM-SRC – 1.0: a preprocessor of trace gas and aerosol emission fields for regional and global atmospheric chemistry models. *Geoscientific Model Development*, 4 (2), pp. 419-433.
- Gibbs, H. K., Brown, S., Niles, J. O., & Foley, J. A. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2 (4), p. 045023.
- Giglio, Louis (2007a): MODIS Collection 4 Active Fire Product User's Guide Version 2.3.
- Giglio, Louis (2007b). Characterization of the tropical diurnal fire cycle using VIRS and MODIS observations. *Remote Sensing of Environment*, 108 (4), pp. 407-421.
- Graham, M (2002). Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Soil Biology and Biochemistry*, 34 (1), pp. 93-102.
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama, Kanagawa JAPAN.
- Kaufman, Y. J., Justice, C., Flynn, L. P., Prins, E. M., Giglio, L., Ward, D. E., Menzel, W. P., et al. (1998). Potential global fire monitoring from EOS-MODIS. *Journal of Geophysical Research*, 103 , p. 32215–32238.
- Luo, M., Rinsland, C. P., Rodgers, C. D., Logan, J. A., Worden, H., Kulawik, S., Eldering, A., et al. (2007). Comparison of carbon monoxide measurements by TES and MOPITT: Influence of a priori data and instrument characteristics on nadir atmospheric species retrievals. *J. Geophys. Res.* AGU 112 (D9), p. D09303.
- Mar, T. F., Larson, T. V., Stier, R. A., Claiborn, C., & Koenig, J. Q. (2004). An analysis of the association between respiratory symptoms in subjects with asthma and daily air pollution in Spokane, Washington. *Inhalation toxicology, Informa Healthcare* 16 (13), pp. 809-815.

- Marshall, S., Taylor, J. A., Oglesby, R. J., Larson, J. W., & Erickson, D. J. (1996). Climatic effects of biomass burning. *Environmental Software*, 11 (1-3), pp. 53-58.
- Michalakes, J., Dudhia, J., Gill, D., Henderson, T., Klemp, J., Skamarock, W., & Wang, W. (2005). The Weather Research and Forecast Model: Software Architecture and Performance. Use of High Performance Computing in Meteorology - Proceedings of the Eleventh ECMWF Workshop. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. (June), pp. 156-168.
- Mielnicki, Diana M; Canziani, Pablo O; Drummond, James (2005a): La quema de biomasa en Sudamérica vista desde el espacio. In: *Anales IX Congreso Argentino de Meteorología*.
- Mielnicki, Diana M; Canziani, Pablo O; Drummond, James (2005b): La quema de biomasa en el Centro-Sur de Sudamérica: Incendios locales, impactos regionales. In: *Anales IX Congreso Argentino de Meteorología*.
- Morello, Jorge; Matteucci, Silvia; Matteucci, Silvia et al. (eds.) (2000): Biodiversidad y fragmentación de los bosques en la Argentina. In: *Biodiversidad y uso de la tierra. Conceptos y ejemplos de Latinoamérica*. Buenos Aires, Argentina pp. 41-54.
- Olivier, J.G.J. y Berdowski, J.J.M. (2001): Global emissions sources and sinks. In: Berdowski, J., Guicherit, R. and B.J. Heij (eds.) *The Climate System*. Lisse, The Netherlands.: A.A. Balkema Publishers/Swets & Zeitlinger Publishers pp. 33-78.
- OMS. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno - Actualización mundial 2005 Resumen de evaluación de los riesgos y el dióxido de azufre Ginebra, Suiza, p. 20.
- Radojevic, M y Tan, K S (2000). Impacts of biomass burning and regional haze on the pH of rainwater in Brunei Darussalam. In: *Atmospheric Environment*. 34 (17), pp.2739-2744.
- Rinsland, C. P., Luo, M., Logan, J. A., Beer, R., Worden, H., Kulawik, S. S., Rider, D., et al. (2006). Nadir measurements of carbon monoxide distributions by the Tropospheric Emission Spectrometer instrument onboard the Aura Spacecraft: Overview of analysis approach and examples of initial results. In: *Geophys. Res. Lett.* AGU 33 (22), p. L22806.
- Roy, D., Jin, Y., Lewis, P., & Justice, C. (2005). Prototyping a global algorithm for systematic fire-affected area mapping using MODIS time series data. In: *Remote Sensing of Environment*, Elsevier Science 97 (2), pp. 137-162.
- Ryu, S. Y., Kwon, B. G., Kim, Y. J., Kim, H. H., & Chun, K. J. (2007). Characteristics of biomass burning aerosol and its impact on regional air quality in the summer of 2003 at Gwangju, Korea. *Atmospheric Research*, 84 (4), pp. 362-373.
- Sandberg, D.V. y Peterson, J. (1984). A source strength model for prescribed fires in coniferous logging slash. 1984 Annual Meeting, Air Pollution Control Association, Northwest Section. p. 14.
- Scire, Joseph S; Strimaitis, David G; Yamartino, Robert J (2000). *A User ' s Guide for the CALPUFF Dispersion Model*. Control, pp 41-538.
- Torigoe, K., Hasegawa, S., Numata, O., Yazaki, S., Matsunaga, M., Boku, N., Hiura, M., et al. (2000). Influence of emission from rice straw burning on bronchial asthma in children. *Pediatrics International*, Blackwell Science Pty 42 (2), pp. 143-150.
- Valeiro, Alejandro (2010). Comunicación personal.
- Ward, D. E., Susott, R. A., Kauffman, J. B., Babbitt, R. E., Cummings, D. L., Dias, B., Holben, B. N., et al. (1992). Smoke and Fire Characteristics for Cerrado and Deforestation Burns in Brazil: BASE-B Experiment. *J. Geophys. Res.* AGU 97 (D13), pp. 14601-14619.

ABSTRACT

This work aims at evaluating the impact that biomass burning has over air quality, in northern Argentina. We used MODIS fire product to get fires location. MODIS, on board Terra and Aqua satellites, offers up to 4 images a day. We used GLOBCOVER 2009 land-use information for estimating the biomass available for burning. We took fuel parameters and emission factors from literature. We used CALPUFF air quality model for modeling emissions impact over the area under study. The model was setup with WRF meteorological prognostics. Finally, results were compared with satellite measurements from TES instrument.

Keywords: biomass burning, MODIS, air quality, CALPUFF model, WRF model, TES.