



Instituto de Investigaciones Atmosféricas
Universidad San Francisco de Quito

IIA USFQ

**Congreso Anual de
Meteorología y Calidad del Aire**

CAMCA 2018

Edición de Quinquenio

Libro de Resúmenes

Comité Organizador

Abril 2018



Editores:

María del Carmen Cazorla

Julieta Juncosa

Conferencias Especiales

Gaëlle Uzu

IRD / Université Grenoble Alpes, Francia /

Universidad San Andrés Mayor, Bolivia

Email: gaelle.uzu@ird.fr



Es Encargada de Investigación de 1ª clase del IRD en el IGE de Grenoble.

Es Designada al Laboratorio de Física de la Atmósfera (LFA), Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Cota Cota, La Paz, Bolivia.

Su área de investigación concierne la biogeoquímica atmosférica. Está centrada en la contaminación atmosférica y sus repercusiones sanitarias en zona urbana. El eje de su programa de investigación es el desarrollo de pruebas acelulares “indicadoras” del impacto sanitario para predecir la nocividad de los aerosoles, y su transferencia en el hemisferio sur en el contexto de las regiones andinas (altiplano de Bolivia y el Ecuador). Estos “proxy” sanitarios, agrupados con el nombre genérico de “potencial oxidante de los aerosoles”, caracterizan la capacidad intrínseca de las

partículas de oxidar el sistema pulmonar y generar un estrés oxidante originando numerosas patologías. Es una métrica prometedora de alerta de la población sobre los riesgos derivados de los episodios de contaminación de partículas. Por último, es especialista en la transferencia y la especiación de los elementos metálicos en la atmósfera desde sus fuentes hasta sus objetivos (humanos, plantas, suelos). Estas medidas permiten caracterizar la exposición de las poblaciones y los riesgos sanitarios inherentes.

Conferencia:

[Air quality in South America: new insights for PM exposure in Ecuador and Bolivia](#)

Subtópicos:

- **[Chemical composition of PM10 and ROS generation in Ecuadorian sites surrounded by oil activities \(extraction and refinery\)](#)**
- **[La Paz Experiment: Calidad del aire y sus impactos en la salud.](#)**



Chemical composition of PM₁₀ and ROS generation in Ecuadorian sites surrounded by oil activities (extraction and refinery)

Uzu, G.^{1,2*}, Barraza, F.³, Jaffrezo, J-L.¹, Schreck, E.³, Budzinski H.⁴, Le Menach K.⁴, Devier M-H.⁴, Guyard, H.¹, Calas A.¹, Perez, M-I⁵, Villacreces L. A.⁵, Maurice, L.^{3,6}

¹Université Grenoble Alpes, IRD, CNRS; ²Universidad Mayor San Andres, La Paz, Bolivia; ³Géosciences Environnement Toulouse (GET), Observatoire Midi Pyrénées, Université de Toulouse, CNRS, IRD; ⁴Université Bordeaux 1, Laboratory of Physico- and Toxicology of the Environment (LPTC), Molecular Sciences Institute (ISM), UMR 5255 CNRS, Talence, France; ⁵Empresa Pública de Hidrocarburos Del Ecuador EP PETROECUADOR. ⁶Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador.

*gaelle.uzu@ird.fr

Crude oil reserves in Ecuador are essentially located in the Northeast Amazon region (NAR) whereas oil refining activities are developed along the Northern Pacific Coast (NPC). During production, oil is extracted with formation water and gas and then separated in a central plant. On each drilling platform, waste gas is continuously burned in open flares, with basic emissions controls (San Sebastian and Hurtig, 2004). These practices have damaged the ecosystem and also represent a potential risk to inhabitants' health, who are exposed, by particles inhalation, to a cocktail of metals and hydrocarbons.

No studies about aerosols chemical composition were available in Ecuador oil-producing areas. For that reason, low-rate air samplers, collecting particulate matter (PM₁₀), were installed in two locations of the Amazon region close to oil facilities and along the Pacific coast, close to Esmeralda's National Refinery, for 2 years (2015-2016). Aerosol speciation was addressed by analyzing trace metals (ICP-MS), elementary and organic carbon (thermal/optical analyzer), speciation of soluble species (IC) and organic speciation (polyols and monosaccharides by HPLC-PAD and PAHs, oxy-PAHs, nitro-PAHs by GC-MS under CI and EI modes). Oxidative potential of PM was assessed by two acellular assays (DTT and AA assays) in order to determinate their ability to generate reactive oxygen species which are key parameters to explain many of their biological effects.

Results show that PM₁₀ mass and toxic compounds concentrations were significantly higher in the NPC than in the NAR. Considering such higher concentrations for barium (Ba) and molybdenum (Mo) in both areas, in comparison to Quito levels, Ba and Mo can be used as oil activities tracers (they are usually employed as weighting agents or catalyzers). By contrast, OC/EC (organic carbon/elemental carbon) ratios were higher in the NAR than in the NPC, as well as polyols concentrations, suggesting larger biogenic contribution to the PM mass in this forest region. Concentrations of PAHs, oxy- and nitro-PAHs remained low at the three sampling sites but they could have been underestimated due to their volatility during sampling.

Chemical compounds related to ROS generation were specific to each sampling site and each one correlated to different sources. In the NAR, the main sources associated to ROS burden were



biogenic emissions and gas flares. By contrast, in the NPC, ROS generation by PM was associated with tracers of oil refining and industrial activities.

Keywords: *PM10, oxidative potential, chemical characterization, oil activities tracers.*

La Paz Experiment: Calidad del aire y sus impactos en la salud.

G. Uzu, I. Moreno, F. Velarde, P. Laj, JL. Jaffrezo, S. Weber, JL. Besombes, A. Alastuey, N. Perez, M. Pandolfi, J. Gardon, P. Ginot y M. Andrade.

La calidad del aire en La Paz está muy deteriorada. Esto se debe a tráfico intenso de vehículos, topografía complicada y condiciones de circulación de aire a gran altitud. La UGA (Universidad Grenoble Alpes) en asociación con otras instituciones europeas, bajo la responsabilidad de LFA-UMSA, ha comprometido medios para equipar 2 estaciones de medición en La Paz y El Alto (con financiamiento IRD, AGIR y fondos propios de los laboratorios involucrados). Estas estaciones, complementarias al sistema regulatorio de la ciudad, brindan:

- 1- información sobre la naturaleza de las partículas y sus fuentes
- 2- información sobre su impacto directo en la salud

La información sobre la salud consiste en medir el potencial oxidativo de los aerosoles. Esta medición permite predecir la capacidad oxidativa de las partículas en los pulmones responsable del estrés oxidativo que maneja los efectos dañinos en la salud. Esos resultados se confrontan con los datos de ingresos en los centros de salud de la ciudad.

En conexión con la ciudad de La Paz, la UGA contribuye a implementar una política de reducción de emisiones compatible con el desarrollo. El objetivo final es permitir a las autoridades contar con una herramienta confiable de pronóstico de la calidad del aire, similar a la de la ciudad de Grenoble, y capacitarlos en temas de salud relacionados con la contaminación del aire.

Juan Carlos De los Reyes, Ph.D.

*Director del Centro de Modelización Matemática (MODEMAT),
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
Email: juan.delosreyes@epn.edu.ec*



El Dr. De los Reyes obtuvo su Ph.D. en Matemática por la Universidad de Graz, Austria (2003) y realizó un postdoctorado en la Universidad Técnica de Berlín, Alemania (2006). Es autor de más de 35 artículos científicos en journals especializados y un libro publicado por la renombrada editorial Springer-Verlag. En el año 2009 fue premiado con una prestigiosa beca Alexander von Humboldt para desarrollar sus investigaciones en la Universidad Técnica de Berlín y, posteriormente en el año 2010, le fue ofrecido y otorgado un puesto de Profesor Visitante en la Universidad Humboldt de Berlín. Ha

sido adicionalmente galardonado con una beca J.T. Oden Faculty Fellowship para realizar investigaciones en la Universidad de Texas en Austin y una beca para visitar el Isaac Newton Institute of Mathematical Sciences en la Universidad de Cambridge. Sus estadias de investigación y ponencias dictadas incluyen universidades y centros de investigación en Alemania, Austria, Chile, España, Estados Unidos, Inglaterra y Suiza. En febrero del 2015 fue investido como Miembro Activo de la Academia de Ciencias del Ecuador (ACE) y en noviembre del 2016 fue elegido miembro de la Academia Mundial de Ciencias (TWAS).

Conferencia:

Some theoretical and practical aspects of variational data assimilation in numerical weather prediction



Algunos aspectos teóricos y prácticos de los métodos variacionales de asimilación de datos en la predicción meteorológica

Juan Carlos De los Reyes
Escuela Politécnica Nacional
juan.delosreyes@epn.edu.ec

Las diferentes técnicas de asimilación de datos son ampliamente utilizadas en los modelos numéricos para la predicción meteorológica, con el objetivo de reconstruir la condición inicial de la atmósfera y obtener así mejores pronósticos a corto plazo. Existen varios métodos de asimilación, entre los cuales destacan los filtros de Kalman tradicionales y extendidos, las técnicas ensemble y los métodos variacionales. Estos últimos son muy estudiados y aplicados en la actualidad, tanto en su variante estática (3DVAR) como en su variante dinámica (4DVAR). En esta charla presentaremos una síntesis de los principales de estos métodos y sus características más importantes. Más aún, discutiremos el uso práctico de este tipo de técnicas en la construcción del sistema de pronóstico METEO, actualmente desarrollado por el Centro de Modelización Matemática (MODEMAT).

En la segunda parte de la charla, y partiendo de los métodos variacionales de asimilación de datos, plantaremos matemáticamente el problema de dónde localizar óptimamente futuras estaciones de observación, con el objetivo de tener pronósticos más fiables. Sobre la base de los métodos de aprendizaje supervisado (machine learning), plantaremos un problema de optimización a dos niveles donde el nivel inferior consiste en la reconstrucción de la condición inicial del estado del sistema, y el nivel superior resuelve la ubicación óptima. El conjunto de entrenamiento está constituido por simulaciones de la condición inicial y el estado del sistema. Se presentarán algunos resultados preliminares en un problema simplificado.

Palabras clave: modelos numéricos, asimilación de datos, EPN, MODEMAT

María del Carmen Cazorla, Ph. D.

Directora del Instituto de Investigaciones Atmosféricas (IIA) de la USFQ

Email: mcazorla@usfq.edu.ec



Realizó un Postdoctorado en la NASA (Goddard Space Flight Center, Maryland, USA) enfocado en el desarrollo de un sensor de fluorescencia inducida para detectar formaldehído en la alta tropósfera y baja estratósfera a bordo de aviones de gran altitud (2010-2012). Obtuvo su PhD en Meteorología en Penn State University, USA (2010). Su trabajo académico fue acreedor al premio Peter B. Wagner Memorial Award for Women in Atmospheric Sciences (2010) otorgado por el Desert Research Institute (DRI). Tiene un MSc en Control de la Contaminación Ambiental realizado en Penn State University, USA como becaria Fulbright de Ecuador (2003-2005). En 2013, TWAS (The World Academy of Sciences) otorgó a su propuesta de investigación enviada desde la USFQ un Research Grant in Basic Sciences (Individuals). Profesora e investigadora de la USFQ desde 2012, es fundadora y directora del Instituto de Investigaciones Atmosféricas (IIA) y de la Estación de Mediciones Atmosféricas (EMA) de la USFQ. Sus intereses de investigación son la física atmosférica, la química de la contaminación y el desarrollo de instrumentos.

Conferencia:

Descripción del crecimiento de la capa límite planetaria en el valle oriental de Quito utilizando datos aéreos y de estación terrena



Descripción del crecimiento de la capa límite planetaria en el valle oriental de Quito utilizando datos aéreos y de estación terrena

María del Carmen Cazorla
Instituto de Investigaciones Atmosféricas (IIA USFQ)
mcazorla@usfq.edu.ec

La capa límite planetaria (PBL) define el volumen de mezcla de los contaminantes en el aire ambiente. Asimismo, los movimientos convectivos y advectivos de las masas de aire dentro de la PBL determinan la capacidad de dispersión vertical y horizontal de gases y partículas. Así, la variable física que controla – instantáneamente – la capacidad de concentración (o dilución) de los contaminantes, es la profundidad de la capa límite planetaria (PBLh). La evolución diurna de la PBL depende de factores locales de micro escala y de factores topográficos, que tornan muy difícil la predicción teórica del crecimiento de la PBL en un determinado sitio. Predominantemente, la formación de fluxes térmicos boyantes, que inicia en la mañana y se intensifica al medio día, induce el crecimiento de la PBL. La medición de dichos fluxes en la vertical es sumamente compleja y costosa. Por otro lado, el modelado matemático del crecimiento de la PBL, aun con la incorporación de múltiples esfuerzos de esquemas físicos que siguen siendo mejorados por la comunidad científica, es limitado a la hora de reproducir la realidad. En este trabajo se ha adoptado una aproximación experimental que relaciona datos de plataforma aérea y de estación terrena a fin de describir el crecimiento de la PBL sobre el valle oriental de Quito, sector de la Estación de Mediciones Atmosféricas EMA USFQ. Se presentan medidas in-situ de PBLh a diferentes horas, entre temprano en la mañana y el medio día, y su respectiva correlación con datos de estación terrena combinados en la variable temperatura virtual (T_v). Los datos aéreos corresponden a una serie de tiempo de sondeos atmosféricos a bordo de globos, realizada entre Junio de 2014 y Junio de 2017. Las medidas incluyen una progresión en plataforma anclada. La correlación de datos ha permitido encontrar un esquema simple que describe la evolución de la PBL sobre el área de estudio. Con este esquema se presenta una interpretación física de los regímenes de crecimiento de PBL observados en el valle oriental de Quito con datos del año 2015.

Palabras clave: PBL, Quito, EMA USFQ, sondeos atmosféricos.

René Parra, Ph.D.

*Instituto de Simulación Computacional – Colegio de Ciencias e Ingenierías
Universidad San Francisco de Quito*
Email: rrparra@usfq.edu.ec



Doctor en Ingeniería Ambiental por la Universitat Politècnica de Catalunya. Es docente e Investigador de la USFQ. Es miembro del Grupo de Investigación sobre la Ceniza volcánica en el Ecuador.

Líneas de investigación: contaminación del aire, inventarios de emisiones atmosféricas, dispersión de contaminantes y ceniza volcánica.

Conferencia:

Influencia de la interacción entre aerosoles y meteorología: El caso de la simulación de la calidad del aire de Cuenca



Influencia de la interacción entre aerosoles y meteorología: El caso de la simulación de la calidad del aire de Cuenca

René Parra

Instituto de Simulación Computacional. Colegio de Ciencias e Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito – Ecuador
rrparra@usfq.edu.ec

La calidad del aire es el resultado de una compleja red de interacciones entre las emisiones atmosféricas y la meteorología. Un enfoque para entender estas interacciones, se basa en el uso de modelos numéricos 3D eulerianos de última generación. Para ello se requiere disponer previamente de las emisiones atmosféricas con alta resolución espacial y temporal, de los campos de viento y de otras variables meteorológicas, y de un modelo de dispersión, que finalmente se encarga de simular la dispersión y reacciones químicas que experimentan los contaminantes del aire. Tradicionalmente se ha venido aplicando el enfoque off-line, en el cual la meteorología se genera como un producto previo e independiente, sin interacción con los aerosoles. A diferencia, el enfoque on-line considera interacciones y simula al mismo tiempo la meteorología y la dispersión de contaminantes del aire. Los efectos de los aerosoles en la meteorología pueden clasificarse en dos categorías: 1) directos (scattering – absorción de radiación solar), 2) indirectos (rol como núcleos de condensación e influencia en microfísica de nubes). Reciente investigación indica que es relevante considerar los efectos de los aerosoles en la simulación de la meteorología y calidad del aire. Simulamos la meteorología y el transporte químico de contaminantes del aire en la zona urbana del Cantón Cuenca (2400 masl) durante septiembre de 2014, por medio de los mecanismos Carbon Bond Mechanism Z (CBMZ) para especies gaseosas y Model for Simulation Aerosols Interactions and Chemistry (MOSAIC) para aerosoles. Estos módulos están codificados en el modelo Weather Research & Forecasting with Chemistry (WRF-Chem). Se desarrollaron dos escenarios de simulación, el primero, sin considerar ninguna interacción; y el segundo, activando los efectos directos entre aerosoles y la meteorología. La inclusión de efectos directos mejoró el desempeño en la simulación de la calidad del aire a corto y largo plazo, en 5 % y 13% respectivamente. Particularmente, mejoró el desempeño en la simulación de las concentraciones a corto plazo de NO₂ (22 %) y de O₃ (11 %). Sin embargo, el beneficio en la simulación de las variables meteorológicas (temperatura, velocidad y dirección del viento en superficie) fue pequeño (1 %). En promedio, la inclusión de efectos directos redujo en 60 W/m² la radiación solar e incrementó la temperatura entre 0.1 °C y 0.2 °C hacia el mediodía. A futuro es necesario explorar la inclusión de efectos indirectos, la influencia de otras parametrizaciones y mecanismos químicos; así como la asimilación de datos.

Palabras clave: enfoque off-line, enfoque on-line, efectos directos, efectos indirectos



EXPOSITORES

PRESENTACIONES ORALES



Análisis de la calidad ambiental urbana (Cuenca) – 2016

Lorena Orellana, Julia Martínez*, Chester Sellers
Universidad del Azuay
*jumartinez@uazuay.edu.ec

El crecimiento poblacional urbano, constituye la tendencia del modelo de desarrollo actual, el área rural es abandonada y los centros urbanos crecen desordenadamente; trayendo problemas sociales, económicos y ambientales como: contaminación, escasas de áreas verdes, alta densidad de edificaciones urbanas, vivienda dispersa en zonas periurbanas, disminución de cobertura de agua, alcantarillado, congestión vehicular, que derivan en contaminación del aire y problemas en salud. La ciudad de Cuenca constituye un polo de desarrollo, el 66% de la población del Cantón vive en la ciudad de Cuenca, la misma que representa el 2% del área del Cantón. Existen esfuerzos en desarrollar sistemas para evaluar la calidad ambiental, que sirvan para generar políticas ambientales del territorio, un paso importante es construir “Índices ambientales” que representen el estado ambiental del territorio.

La Universidad del Azuay trabaja en la generación del Índice de calidad ambiental del área urbana de Cuenca -ICAU- a nivel parroquial, utilizando el método: Análisis de Componentes Principales (PCA), que transforma y reduce variables intercorrelacionadas de una matriz de datos, a nuevas variables denominadas componentes. Cada componente es visto como un aspecto en la calidad ambiental urbana, y su suma; el índice (ICAU). Las variables utilizadas fueron: i) temperatura superficial (LST), ii) índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), iii) índice de edificación de diferencia normalizada (NDBI), iv) dióxido de nitrógeno (NO₂), v) ruido diurno y vi) densidad poblacional. Del análisis de la matriz de intercorrelación entre variables se obtuvo la factibilidad del análisis factorial; las comunalidades presentaron valores muy próximos a 1 que demostraron que las variables se ajustan correctamente. Se extrajeron los componentes 1 y 2, que poseen autovalores mayores a 1. Los dos componentes explican el 92,737 % de la varianza y son:

Primer componente: Las parroquias que cuentan con áreas extensas de edificaciones tienen mayor densidad poblacional pero carecen de áreas verdes y la temperatura superficial es más alta. Segundo componente: Las variables ruido y NO₂, por efecto del parque automotor urbano.

El índice de calidad ambiental urbana de Cuenca es:

$$ICAU = \frac{(-74,265 * Componente1 - 18,473 * Componente2)}{100}$$

Se calcularon las puntuaciones para cada componente y se determinó el ICAU por parroquia. El índice fue clasificado en 5 categorías: muy baja (< -0,59), baja (-0,58 hasta -0,103), regular (-0,09 hasta 0,38), alta (0,29 hasta 0,87) y muy alta (> 0,88). Las parroquias que se encuentran en la zona céntrica de la ciudad poseen valores bajos, y las parroquias de las periferias valores altos, ya que las áreas periurbanas cuentan con mayores áreas verdes, menor tráfico vehicular y urbanismo disperso.

Palabras clave: Índice, calidad, ICAU, urbana



Evaluación de esquemas de PBL del modelo WRF aplicado a Cumbayá (Ecuador) usando categorías de suelo USGS y productos MODIS: post-procesamiento y análisis preliminar

Julieta Juncosa*, María del Carmen Cazorla y René Parra
Instituto de Investigaciones Atmosféricas (IIA USFQ)
*jujuncosa@hotmail.com

En este trabajo se evalúa la profundidad de la Capa Límite Planetaria (PBL, por sus siglas en inglés) obtenida sobre Cumbayá con el modelo Weather Research and Forecasting WRF v3.7 (corridas por R. Parra). La evaluación se realizó mediante comparaciones de los resultados del modelo contra 12 mediciones in-situ de profundidad de PBL tomadas entre Junio de 2014 y Septiembre de 2015 (M.Cazorla) en la Estación de Mediciones Atmosféricas (EMA USFQ). Adicionalmente, se realizó la evaluación de las condiciones termodinámicas (temperatura y razón de mezcla de vapor de agua) obtenidas por el modelo, en superficie y en la vertical (hasta 450 hPa), versus observaciones aéreas y de estación terrena. Los resultados del modelo tienen un dominio maestro y tres subdominios anidados. El último de estos, abarca el área del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), y conforma una malla de 120 filas y 120 columnas (celdas de 1km), y 34 capas de altura hasta una presión de 5 hPa. Las simulaciones del modelo WRF (R. Parra) se efectuaron utilizando independientemente 7 esquemas físicos de PBL y dos bases de datos de uso de suelo: USGS (United States Geological Survey) y MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). En este trabajo se presentan resultados preliminares de una primera comparación entre los resultados del modelo y las observaciones experimentales. Por ejemplo, la malla topográfica del modelo WRF evidencia un suavizamiento irreal de la topografía de la zona. Dicho suavizamiento es necesario para los cálculos del modelo que, de esta manera, evita indeterminaciones en los límites de celdas con pendientes muy pronunciadas. Además, el uso de suelo de la base de datos del USGS se encuentra desactualizada (última actualización año 2010) e influye directamente en el cálculo de la altura de la PBL. Por otro lado, la base de datos de MODIS provee una actualización más real del uso de suelo del DMQ, que debería mejorar los resultados de la simulación de las condiciones en superficie y de la profundidad de la PBL. Preliminarmente se concluye que los resultados de las simulaciones utilizando la base de datos de MODIS, tienen mejores resultados que aquellos de la base de datos de USGS. Sin embargo, se requieren hacer análisis estadísticos para determinar si las diferencias entre los resultados de ambas simulaciones son significativas. Adicionalmente, se concluye que las configuraciones que simulan de mejor manera la PBL en la zona son: Yonsei University Scheme (YSU), Bougeault-Lacarrere Scheme (BL).

Palabras Clave: PBL, WRF, Quito, EMA USFQ



Estudio de los niveles de concentración de PM_{2.5} en Guayaquil, Ecuador

Gladys Rincón*, Noemi Espín

Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Maestría de Cambio Climático, Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales (FIMCBOR)

*grinconespol@gmail.com

Se realizó campaña de recolección de muestreo de material particulado (PM) en cuatro sectores de la ciudad de Guayaquil, Ecuador, para establecer los niveles de concentración de PM_{2.5} (con diámetro equivalente de partícula ≤ 2.5 mm) en dicha ciudad durante la época de lluvia y sequía: la campaña se llevó a cabo entre septiembre 2016 y febrero de 2017 para abarcar ambas épocas. Los niveles de concentración de PM_{2.5} se midieron haciendo uso de un equipo gravimétrico en tiempo real marca Haz Dust EPAM 5000, que reportó niveles de concentración horario de PM_{2.5}, el cual operó en conjunto con un pluviómetro plástico marca TFA 47.1001 y una estación meteorológico portátil marca Kestrel que recolectó datos horarios de velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, presión atmosférica presión barométrica. La campaña de muestreo se llevó a cabo en los siguientes lugares: i) sector centro de la ciudad, con importante tráfico vehicular durante las horas picos; ii) sector industrial, donde opera un conjunto importante de industrias medianas y pequeñas, en conjunto con zonas residenciales; iii) sector de cementeras, sector hacia la vía de la costa donde funcionan cementeras a los lados de vía principal de salida vehicular hacia la costa, junto con una serie de urbanizaciones privadas; y iv) sector residencial típico con poco tráfico, representativo de las zonas residenciales privadas que proliferan por la ciudad. Al analizar el comportamiento horario de la concentración de PM_{2.5} se encontraron para los cuatro sectores, patrones horarios que mostraban concentraciones más elevadas en horas diurnas que nocturnas, lo cual es cónsono con la mayor actividad antrópica de la ciudad en horas del día. Al comparar la concentración de PM_{2.5-24h} de cada sector con la norma ecuatoriana ($\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y con los valores propuestos por la Organización Mundial de la Salud ($\leq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se encontró que los niveles de concentración de PM_{2.5} en los cuatro sectores de la ciudad de Guayaquil, se encontraron por debajo de ambos umbrales, salvo por un día atípico en el sector industrial sin registro de ocurrencia de evento, por lo cual, se puede considerar a Guayaquil como una ciudad con buena calidad del aire en términos de PM_{2.5}.

Palabras clave: material particulado, Guayaquil, época de lluvia, época de sequía, OMS



Análisis de datos geospaciales y sensores remotos para la determinación de contaminantes de aire para la ciudad de Quito entre los años 2013 a 2016.

Cesar I. Alvarez-Mendoza*, José Elías Cuasquer, Bélgica Estefanía Paredes
Grupo de Investigación Ambiental para el Desarrollo Sustentable - GIADES, Universidad Politécnica Salesiana
Campus Sur

*calvarezm@ups.edu.ec

Uno de los limitantes dentro de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) ha sido la distribución espacial de las estaciones a lo largo de la ciudad. En este trabajo se busca mediante la utilización de los modelos Land Use Regression (LUR) predecir la distribución de los contaminantes: monóxido de Carbono (CO), dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Ozono (O₃) a lo largo de la ciudad de Quito. Aunque existen algunos otros estudios en la misma ciudad con aproximaciones en base a modelos de regresión lineal múltiple (MLR) con datos de sensores remotos. A diferencia de un MLR, un modelo de LUR es más robusto por la cantidad de variables, ya que ingresan variables espaciales, sensores remotos y datos de calidad de aire de campo predecir con precisión la distribución de contaminantes del aire. La ecuación LUR permite obtener datos de concentraciones en lugares no medidos y proporcionar información sobre los efectos de los predictores espaciales en una variable de respuesta.

Se realizaron a partir de modelos LUR mapas de concentración de contaminantes con promedios anuales de CO, NO₂ y O₃ comprendido entre los años 2013 a 2016 con datos espaciales de diferentes instituciones y secretarías del Distrito Metropolitano de Quito. Los datos de Sensores Remotos fueron obtenidos directamente bajo el sensor Landsat 8 con sus índices ambientales a través de la plataforma Google Earth Engine y los datos de campo a través de la REMMAQ. Los modelamientos fueron realizados en el software ArcGIS y MATLAB.

Se llegó a la conclusión de que a partir de datos geospaciales e imágenes satelitales se puede obtener valores de contaminantes del aire en ciudades como Quito, donde la cantidad de estaciones de monitoreo de calidad de aire es limitada, prediciendo la calidad de aire de una manera más precisa, colocando así esto disponible para la gestión ambiental en la calidad de aire de la ciudad.

Palabras clave: REMMAQ, Calidad de Aire, Quito, Landsat, LUR



EXPOSITORES

PÓSTERS



Mapa estratégico de contaminación como herramienta para el trazado de alternativas de ciclo vías con menor exposición

Adrian Buenaño López*, Alejandro González, Rasa Zalakeviciute
Universidad de las Américas
*arbuenano@udlanet.ec

La contaminación atmosférica a nivel mundial representa uno de los mayores riesgos hacia la salud humana. En Quito se monitorea la calidad del aire desde 2004. De todos los contaminantes criterio, el PM_{2.5} (partículas con diámetro <2.5 µm) excede no solo los límites recomendables por la Organización Mundial de la Salud, ya que también los impuestos para el promedio anual de la Normativa Nacional (15µg/m³) están fuera de rango. En la ciudad de Quito y los valles alrededor se tienen nueve estaciones de monitoreo, sin embargo, no demuestran la concentración a nivel de calle. Por esta razón el objetivo del presente trabajo es monitorear la contaminación de PM_{2.5} en las calles de la parroquia La Mariscal para la elaboración de un mapa de contaminación mediante el geoprocesamiento de los datos. El área de estudio fue recorrida con el equipo Microdust Pro vinculado con un GPS. El Microdust Pro puede medir partículas totales, gruesas (PM₁₀) y finas (PM_{2.5}) con el uso de diferentes filtros. El monitoreo de PM_{2.5} se lo realizó en un día soleado y un día nublado para determinar la influencia del clima en la contaminación por material particulado. Los resultados fueron validados correlacionándolos con los tomados por el Thermo Scientific/ FH62C14 de la estación de monitoreo más cercana a la parroquia. Además, se realizó un conteo de tránsito vehicular para determinar la influencia del tráfico en la concentración de PM_{2.5}. Al final se concateno los datos del equipo con los del GPS para elaborar el mapa en Qgis. Los resultados demuestran que existe una fuerte correlación ($R^2 = 0.82$) entre la presencia de vehículos pesados y la concentración de PM_{2.5}. En un día nublado la concentración de contaminante incrementa en más de 44% en comparación a un día soleado. Las concentraciones a nivel de calle son un 150% más altas que las tomadas a la altura de la estación de monitoreo. Una selección apropiada de rutas con bajo tránsito vehicular reduce más del doble la exposición en comparación a rutas de alto tráfico vehicular. En conclusión, conocer los niveles de contaminación de las calles es sumamente importante para evitar rutas críticas de exposición además sirve como referencia para implementar medidas de control al transporte público y para la planificación de rutas estratégicas e implementación de infraestructura para transportes activos.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, PM_{2.5}, movilidad no motorizada, ciclovías.



Caracterización espacio-temporal de las sequías en la cuenca del río Paute

Pacheco Jheimy*¹, Avilés Alex², Emanuel Martínez¹

¹ Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE)/Universidad del Azuay, ² Carrera de Ingeniería Ambiental/Facultad de Ciencias Químicas /Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales /Universidad de Cuenca

*jlpacheco@uazuay.edu.ec

La sequía es una condición de humedad insuficiente causada por el déficit de precipitaciones durante un período de tiempo. Esta condición puede categorizarse en 6 tipos: meteorológica, climatológica, atmosférica, agrícola, hidrológica y de gestión hídrica. La detección y monitoreo de sequía constituyen un componente fundamental en la gestión del recurso hídrico. Para el efecto se han definido varios índices entre ellos el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) ampliamente utilizado debido a su simplicidad y flexibilidad temporal ya que puede determinar la escasez de precipitación en periodos cortos: SPI3 (3 meses) y SPI6 (6 meses) para caracterizar posibles efectos sobre la vegetación natural y cultivos; y en períodos largos SPI12 (12 meses) y SPI24 (24 meses) para la gestión de recursos hídricos. Si bien se han realizado varios estudios sobre humedad y sequía a nivel mundial, pocos son los realizados en cuencas andinas que incluyen el enfoque de una caracterización espacio-temporal de las sequías, por lo que en la presente investigación, a partir de 17 estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Paute, con datos de precipitación mensual sobre una serie de 30 años, analizada en períodos de 5 años, se determinó mediante el índice SPI para períodos cortos y largos, los meses de mayor sequía y humedad. De los índices SPI calculados los valores medios obtenidos para la serie de datos por períodos de 5 años fueron: SPI3 en abril de 1985 registró sequía extrema y octubre de 1990 humedad extrema; SPI6 en mayo de 1985 sequía severa y julio de 1999 humedad moderada; con SPI12 el mes más seco fue mayo de 1985 con categoría de sequía moderada y el mes más húmedo fue enero de 2009 clasificado como muy húmedo, por último, SPI24 registró a diciembre de 1992 con sequía moderada y el mes más húmedo fue febrero de 2009. La caracterización espacial se obtuvo mediante la interpolación de los meses promedio más secos y húmedos aplicando el método geoestadístico Kriging Ordinario y validación cruzada para estimar la bondad de ajuste del modelo. La media del error y el error medio cuadrático estandarizado calculados para todos los SPI está dentro de los parámetros aceptables (cercano a 0 y 1 respectivamente) para todos los mapas generados. Los resultados mostraron que la cuenca del Paute se vio afectada por fuertes eventos de sequía principalmente en el año 1985 en los meses abril y mayo en los períodos de 3, 6 y 12 meses, siendo estos meses atípicos para que se produzca la presencia de este fenómeno en la zona de estudio. En tanto que la sequía para 24 meses mostró que el mes más seco fue diciembre de 1992, lo que constituye un valor esperado en la zona.

Palabras clave: Caracterización de Sequías, SPI, Kriging, cuenca del Paute



Observaciones de la columna total de ozono en el Ecuador en base a mediciones satelitales durante el primer trimestre del año 2018.

Guillermo Flores

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Quito, Ecuador
jflores@inamhi.gob.ec

Dos motivos fundamentales incentivaron la realización del monitoreo de la columna total de ozono en el Ecuador: el primero fue la escasez de este tipo de observaciones debido a la falta de instrumentos e insumos para medir la capa de ozono en el Ecuador; el segundo, la ubicación geográfica del país, que lo hace vulnerable a la radiación solar y su relación directa con la columna total de ozono.

El monitoreo se empezó a realizar durante el primer trimestre del año 2018 con información del sensor OMI (Ozone Monitoring Instrument) del satélite AURA que mide, entre otros parámetros químicos de la atmósfera, la cantidad de ozono total en el planeta. Para la obtención de la información se usó la aplicación web Giovanni desarrollada por GES DISC que nos proporciona de forma simple e intuitiva el análisis y visualización de los datos de los diferentes sensores satelitales.

El sensor OMI emplea imágenes hiperespectrales con calibraciones radiométricas y de longitud de onda que mejoran la exactitud y precisión de las cantidad total de ozono; así mismo, el OMI puede identificar algunos tipos de aerosoles como polvo y sulfatos, además de medir la presión de la cobertura nubosa, que son insumos para derivar el ozono troposférico.

Se obtuvo información de las concentraciones diarias y mensuales, en unidades Dobson (DU), de la cantidad de ozono en la atmósfera sobre las diferentes regiones del Ecuador, visualizadas en mapas temáticos para los meses de enero, febrero y marzo. También, se obtuvieron los valores mínimos y máximos de los tres primeros meses del año 2018.

Los valores monitoreados para el trimestre variaron con mínimos focalizados en la región Interandina, con estimaciones aproximados de hasta 227 UD y los máximos en la región Litoral, con estimaciones aproximados de hasta 252 UD.

Esta información es una evidencia de que la columna total de ozono en el Ecuador debe ser continuamente monitoreada y el análisis de esta variable, desde el archivo histórico del sensor OMI que envía datos desde el año 2004, nos permitirá conocer su dinámica a través del tiempo. Estos datos se utilizarán para generar la climatología de la columna total de ozono, y realizar un atlas de la columna total de ozono en el Ecuador.

Palabras clave: columna total de ozono, Unidades Dobson (UD).



Evaluación de desempeño de los pronósticos de precipitación del modelo Weather Research and Forecasting en Ecuador

Iza Wong, A.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Quito, Ecuador
aiza@inamhi.gob.ec

Las condiciones meteorológicas pueden ser simuladas mediante los modelos de predicción numérica del tiempo. En Ecuador, la alta variabilidad tanto espacial como temporal de la precipitación hace compleja la predicción numérica de la misma, por tanto, es importante conocer el porcentaje de acierto de los modelos numéricos en cuanto a predecir parámetros meteorológicos.

El modelo numérico WRF permite estimar, entre otras variables, la cantidad de precipitación que se esperará en una cierta localidad. El objetivo es evaluar el desempeño del modelo WRF para predecir precipitaciones ligeras, moderadas y fuertes en el país, utilizando los datos simulados de los años 2015 - 2016, extraídos de un dominio de malla de 12 y 4 km, y comparadas frente al registro de 47 estaciones meteorológicas.

Se utiliza las estadísticas categóricas para evaluar eventos binarios, de donde es posible conocer el número de aciertos, falsas alarmas, errores y rechazos correctos para cada categoría de precipitación, obteniéndose métricas como probabilidad de detección (POD), proporción correcta de eventos (PC), falsas alarmas (FAR), índice de amenaza (TS), entre otras.

Los resultados muestran que para Ecuador Continental el modelo numérico presenta una mayor probabilidad de detectar eventos de precipitaciones ligeras, siendo la región interandina quien presenta mejor porcentaje con 89% para pronósticos del primer día, 86% y 85% para pronóstico del segundo y tercer día respectivamente. La probabilidad de detectar eventos de precipitaciones moderadas es ligeramente inferior, con un porcentaje de 65% para la región costa y 75% en la región amazónica. Los eventos de precipitaciones fuertes tienen alta probabilidad de detección en localidades puntuales de la región costa (95%), en la amazonía ecuatoriana (90%) y en la zona sur de la región interandina (90%).

La capacidad del modelo meteorológico de predecir las precipitaciones en el Ecuador depende de la región analizada. El modelo es sensible a predecir eventos de precipitaciones fuertes en la zona interior de la costa y en la amazonía, siendo menos sensible a los eventos de precipitaciones moderadas. El modelo meteorológico sobre estima la cantidad de precipitaciones en la mayoría de las estaciones estudiadas, lo que hace que se presenten un porcentaje alto de falsas alarmas (60%). El desempeño que muestra el modelo, en cuanto a predecir precipitaciones en las distintas regiones naturales, indica que el modelo físico dinámico configurado para este fin presenta condiciones aceptables para conocer el estado del tiempo futuro. Los resultados de la evaluación del modelo numérico presentan resultados positivos, siendo necesarios estudios posteriores considerando registros de periodos más cortos del estudiado.

Palabras claves: Predicción numérica, precipitación en Ecuador, WRF.



Effects of Sugarcane Pre-Harvest Burning on Aerosol Optical Properties by Sun Photometry Measurements in the Cauca Valley, Colombia

A. Vargas*, J. Marin**, L. Mateus, N. Rojas., G. Rueda, R. Jimenez
Universidad Nacional de Colombia – Palmira
*acvargasb@unal.edu.co, **jmarino@unal.edu.co

Open biomass burning increases the concentration of gaseous pollutants such as CH₄, CO, SO₂, NO_x, VOCs, and Particulate Matter (PM), which contains trace metals, organic compounds, elemental carbon and ions. Pre-harvest burning in extensive sugarcane plantations is a significant source of elemental carbon and organic compounds, including highly carcinogenic and mutagenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), which can be transported to urban centers.

Palmira, a city with 350,000 inhabitants in the Cauca river Valley, is surrounded by 238,204 Ha of sugarcane plantations and is the center of sugarcane-related agroindustrial activity. Health data show that its population suffers different diseases commonly related with air pollution, such as ischemic heart diseases (17%), cerebrovascular diseases (8%), chronic respiratory diseases (7%) and acute respiratory diseases (5%). Furthermore, the impact of pre-harvest burning emissions on local air pollution in Palmira has not been determined.

This work focuses on the analysis of physical and optical properties of aerosols in Palmira with the aim to estimate the impact of sugarcane pre-harvest burning on air quality. The sampling site is located at the National University of Colombia (3°30'44.2620" N, 76°18'27.3960" W) on a building rooftop. A sun photometer CE-318 of AERONET network was used to measure long term the Aerosol Optical Depth (AOD) and Angstrom Exponent.

AOD values oscillated between 0.01 and 0.42, higher than AOD measured at large cities in Colombia. The Angstrom Exponent was 1.54, associated with fine particles. The aerosol size distribution shows two size modes, a fine mode around 100nm and a coarse mode around 3µm. The relationship between AOD and Angstrom Exponent indicates that, although the particle concentration is not high, most of these tend to be mode fine.

Palabras claves: AERONET network, AOD, Particulate Matter



Predicción de lluvias extremas del fenómeno de El Niño basados en transiciones de fase continuas y vapor de agua troposférico

Sheila Serrano Vincenti^{1,4}, Thomas Condom², Leonardo Basile³, Lenin Campozano^{*3}, y Marcos Villacís⁵.

¹ Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana, CIMA-UPS, GRICAM, Quito, Ecuador, ² Institut de Recherche Pour Le Développement (IRD), Grenoble, France, ³ Departamento de Física, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, ⁴ Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales iDRHICA, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, ⁵ Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

*lenin.campozano@ucuenca.edu.ec

La lluvia, y especialmente la lluvia intensa, es uno de los fenómenos naturales más difíciles de predecir. La principal limitación son las ecuaciones de dinámica de fluidos utilizadas por los modelos climáticos para describir los eventos extremos de manera satisfactoria. Sin embargo, investigaciones recientes, proponen nuevas relaciones, desde la teoría de los sistemas complejos y la física de las transiciones de fase continuas, que sugieren la ocurrencia de precipitaciones intensas cuando el sistema atmosférico obtiene un valor crítico de vapor de agua troposférico. En consecuencia, se propone una transición de fase continua desde un estado de lluvia estratiforme ligera a un estado de intensa lluvia convectiva, que puede describirse mediante un comportamiento de ley de potencia, con correlaciones de cientos de kilómetros. Sin embargo, este modelo no ha sido probado en condiciones de lluvia extrema, como el presentado durante algunas fases cálidas del Fenómeno de El Niño, ENSO. De este modo, el objetivo de esta investigación es evaluar la efectividad de esta teoría en eventos ENSO opuestos. Para este propósito, se estudió la zona central del Océano Pacífico: El Niño 2-3 (4.8 x 10⁶ km²), durante la ocurrencia de El Niño (2009-2010) y La Niña (2009-2010 / 2011-2012), utilizando datos de satélite TRMM de superficie lluvia y vapor de agua troposférico; con una resolución de 5 km y cada 1.6 segundos. Aunque los coeficientes del modelo dependen de las características climáticas del evento, se encontró un exponente único de la ley de potencia. Esto muestra la capacidad de esta teoría para describir los eventos extremos de lluvia, incluso en condiciones climáticas opuestas.

Palabras clave: lluvia intensa, ENSO, transiciones de fase continua, leyes de potencia, exponentes críticos.



A bilevel approach for learning optimal observation placement in variational data assimilation

Paula Castro*, Juan Carlos De los Reyes

Centro de Modelización Matemática (ModeMat) – Escuela Politécnica Nacional

*paula.castro@epn.edu.ec

Data assimilation problems have been widely studied in numerical weather prediction as a technique for reconstruction of the atmosphere initial condition. Taking this problem as motivation, our goal consists in finding the solution to an optimal placement problem such that the initial condition will be optimally reconstructed. We consider a bilevel optimization problem where the lower level task is the reconstruction of the initial condition of the systems state, and the upper level solves the optimal placement. To get a robust placement vector we supervised learning. The training set is constituted by simulations of the initial condition and the state of the system. To solve the data assimilation problem we use the variational approach (4D-VAR). A penalty function is also considered for enhancing sparsity of the location weights.

Key Words: Data Assimilation, 4D-Var, Optimal placement



Diseño de la red de monitoreo de la calidad del aire en el Cantón Mejía.

Luis Antonio Guayasamín Pilco* y Richard Jachson Vilches Moreno
Universidad Politécnica Salesiana – Quito.
*luis_anton_y@hotmail.com

En este estudio se presenta una metodología para el diseño de un sistema de vigilancia de la calidad de aire, compuesta por una red de monitoreo en las zonas urbanas afectadas por la emisión de fuentes móviles y fijas en el cantón Mejía. Como resultados se obtuvo una guía para seleccionar los sitios donde se implementarán los muestreadores.

Este trabajo se desarrolló en las siguientes etapas: primero se preseleccionó los sitios de monitoreo, a continuación se formularon criterios para determinar su ubicación final, los criterios empleados fueron: flujo vehicular, seguridad, influencia de otras fuentes, accesibilidad, distancia a obstáculos y registro histórico de datos.

En base a los resultados obtenidos se propuso la implementación de 10 estaciones de monitoreo, de los cuales, 9 serán puntos pasivos y una estación automática para conformar la red de monitoreo de la calidad del aire.

Con la implementación de la red de monitoreo las autoridades podrán contar con información sobre el deterioro de la calidad del aire y planificar acciones necesarias para prevenir o disminuir las consecuencias de dicho deterioro.

Se pretende que este trabajo se convierta en una propuesta de implementación de la red de monitoreo de calidad del aire en el cantón Mejía e incita a que diversos GAD's Municipales lo adopten como medida en la toma de decisiones sobre la gestión del recurso aire. Además es el primer aporte para futuros estudios de investigación sobre la puesta en marcha de sistemas de monitoreo atmosférico con el objetivo de reducir la contaminación del aire.

Palabras claves: Calidad del aire, red de monitoreo, contaminación del aire, fuentes fijas, fuentes móviles.



Monitoreo de Calidad del Aire mediante la instalación de una red de sensores inalámbricos en un Drone

Ing. Hugo Solórzano*, Ing Karen Angulo**, PhD. Elizabeth Canchingre.

Universidad Técnica Luis Vargas Torres

*Ing.Hugo.Solorzano@hotmail.com, **karenanguloa.7@gmail.com

El sector industrial, vehicular y minero del Ecuador usan como fuente de energía, los combustibles de origen fósil durante el desempeño de sus actividades diarias las cuales traen consigo un conflicto ambiental y energético traduciéndose en múltiples enfermedades en los trabajadores, población y ecosistema en general. A pesar de existir normativa vigente que regule la emisión de gases no se ha podido reducir en gran medida la contaminación producida por este tipo de industrias. Uno de estos casos es la refinería de Esmeraldas en la que a pesar de mejorar sus procedimientos por la repotenciación, todavía se perciben los malos olores lejos de la planta. En consecuencia se propone realizar una investigación que consiste en mejorar el procedimiento de monitoreo de emisiones e inmisiones gaseosas al exterior de las industrias conociendo que uno de los puntos más importantes del plan del buen vivir que impulsa el gobierno nacional a través del ministerio del ramo es la innovación tecnológica y una excelente calidad de vida para los trabajadores y pueblo en general y por eso el objetivo principal de diseñar una red de sensores inalámbricos con tecnología GSM/GPRS_GPS para observar y monitorear la calidad del aire desde un dron _cuadróptero(vehículo aéreo no tripulado a control remoto) que servirá para las tomas de muestras de los gases emitidos. Este vehículo estará equipado con 4 motores de corriente continua, un bloque para el control de motores, un bloque para el control de vuelo y un bloque de la estación base, todos estos bloques realizan el funcionamiento y control del dron más la toma de muestras , procesa , almacena y transmite vía GPRS_INTERNET al centro de control quien recibirá con tecnología TCP/IP las muestras de dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, ácido sulfúrico y particular de polvo cabe indicar , el costo del diseño incluido mantenimiento , operación , capacitación y bibliografía esta en los 10000 dólares.

Palabras claves: Drone, Monitoreo, Emisiones de gases, inspección.



Evaluación de los efectos de ozono troposférico en las características morfológicas de la *Lactuca sativa*

Oscar Ramiro Andrade Durán* y Alejandro González
Universidad de las Américas
*oandradedurán@gmail.com

La contaminación atmosférica es un fenómeno que se ha incrementado a través de los años principalmente por el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Estos contaminantes en la atmósfera terrestre interactúan produciendo contaminantes secundarios. Uno de ellos el ozono (O_3) que si bien ubicado en la estratósfera forma una capa que provee protección para el planeta, cuando se ubica en la tropósfera terrestre puede ser perjudicial para los seres vivos. Las concentraciones de ozono no son constantes durante el día sino que alcanzan una concentración elevada cerca del mediodía. En Ecuador las concentraciones en los meses de septiembre y octubre se encuentran entre los 60 y 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que en los meses de abril y mayo rondan los 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mostrando una variación significativa entre los meses de verano e invierno. El ozono ha sido estudiado principalmente por sus repercusiones en humanos pero en los últimos años por el incremento en sus concentraciones a nivel troposférico se ha investigado su influencia en la vegetación, mostrando que el ozono genera afecciones a una amplia gama de cultivos. La lechuga con su nombre científico *Lactuca sativa* es uno de los cultivos vegetales de mayor demanda y que cada vez se incrementa su aplicación en agricultura urbana. Este estudio se plantea como objetivo evaluar los efectos del ozono troposférico en ésta especie vegetal diseñando y construyendo un sistema experimental para la exposición de la especie a niveles conocidos de ozono. Para esta experimentación se utilizó la variedad *Lactuca sativa* L. conocida por su nombre común “lechuga romana”, la cual fue sometida a 2 tratamientos con diferentes concentraciones de ozono siendo éstas de 40 y 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente y realizando una observación e identificación de los cambios presentados en el desarrollo de la misma. Los resultados obtenidos sugieren que las hojas de la lechuga son sensibles a la concentración de ozono, y dicha sensibilidad se presenta visiblemente en la aparición de manchas en las hojas inferiores de la planta, teniendo una relación directa entre la formación de manchas y la concentración del contaminante.

Palabras clave: Ozono (O_3), efectos, lechuga, contaminación, cultivo, agricultura urbana.



Mapa de ruido de las calles de la ciudad de Cuenca a partir de características viales

Christian Tacuri, Felipe Calderón, Julia Martínez, Chester Sellers*, Omar Delgado
Universidad del Azuay
*csellers@uazuay.edu.ec

La contaminación acústica en las zonas urbanas constituye un problema ambiental que ha despertado el interés de investigadores, organismos de control ambiental y de los ciudadanos, debido a que el ruido ambiental es considerado como uno de los factores que influye en el deterioro de la calidad de vida, consecuencia de la falta de estrategias y políticas de control. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) existe una relación directa y exponencial entre el nivel de desarrollo de un país y el grado de contaminación acústica que impacta a su población; para el caso de la ciudad de Cuenca, se evidencia la sobresaturación del tráfico en las vías urbanas, las cuales colapsan en horas pico, ocasionando elevados niveles de ruido.

En este marco la Universidad del Azuay trabaja en proyectos relacionados con las emisiones de ruido, además que de acuerdo al Anexo 5 del Texto Unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA-2015), los centros poblados que cuenten con una población mayor a 250.000 habitantes, deben contar con un mapa de ruido. El proyecto en el cual se trabajó es la modelación del ruido generado por el tráfico vehicular en las principales calles de la ciudad, utilizando el modelo de predicción de ruido NMPB-Routes-96 en el software especializado de ruido “Datakustik CadnaA versión 3.5.11”. Se procedió a levantar información requerida por el software como son: material de calzada, tipo de vía, distancia entre las líneas centrales de los carriles exteriores, velocidad máxima de circulación, tipo de flujo de circulación y los datos de la Intensidad de tráfico media diaria (IMD), los cuales fueron facilitados por la Dirección de Manejo de Tránsito del GAD Municipal de Cuenca.

Para la utilización del Software se configuró los parámetros de acuerdo a lo establecido en el modelo de cálculo denominado UE Interim en el cual se aplican las normas establecidas para carreteras del modelo francés NMPB-Routes-96; se estableció el radio de búsqueda de objetos de 1000 m, de fuentes 100 m, distancia máxima entre fuente y receptor de 1000 m. Con la aplicación del software se obtuvo dos mapas de ruido, correspondientes al día y a la noche, en los cuales se puede diferenciar claramente aquellas zonas afectadas por las emisiones a través de una escala de colores. De acuerdo al TULSMA 2015, las máximas emisiones se dan en las zonas: comercial, seguida de la residencial y la de equipamientos urbanos, en tanto que en la zona industrial presenta valores inferiores.

En las vías de mayor aforo vehicular los niveles de presión sonora son mayores y estas van disminuyendo a medida que se alejan de la fuente de ruido. Las mayores emisiones se dan en las calles con mayor aforo vehicular en donde se llega hasta los 85 dB, y se observa en el Centro Histórico que durante el día en las zonas aledañas a las vías las emisiones llegan hasta los 50 dB. Durante la noche las emisiones disminuyen en la ciudad con excepción en la vía rápida, en donde las emisiones sonoras se mantienen en los 80 dB. El mapa de ruido permitió evidenciar los lugares de la ciudad con mayor afectación sonora, así mismo se observa que en los sitios en donde existen edificaciones los niveles disminuyen, debido a la reflectividad de las fachadas.

Los resultados obtenidos sirven para que los tomadores de decisiones puedan construir políticas públicas para mejorar el sistema de movilidad, así como también para incentivar en la población el uso de sistemas públicos de transportación o sistemas alternativos como es la bicicleta.

Palabras clave: ruido, Cuenca, UE Interim, TULSMA 2015, OMS



Estabilidad vertical de la atmósfera en la provincia de Loja, Ecuador

Orlando Álvarez*¹, Jorge Maldonado², Thuesman Montaña²

¹Investigador independiente, ²Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, Universidad Nacional de Loja

*orlando21alvarez@gmail.com

En el presente trabajo, se presentan los resultados preliminares obtenidos a partir de la información meteorológica en las cinco estaciones automáticas administradas por el Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Se utilizan los datos de radiación solar global y de la velocidad máxima del viento, en lugar de valores de temperatura y velocidad y dirección del viento a diferentes alturas, debido a no contar con los mismos, por lo cual se utiliza, de forma alternativa el modelo de estabilidad estática propuesto por Pasquill con modificaciones debido a la ausencia de datos de nubosidad en el horario nocturno. Se presenta la metodología utilizada así como los resultados obtenidos en cada una de las estaciones para los meses desde marzo a diciembre de 2013. Se correlacionaron los valores sumarios de precipitación por meses con la clase de estabilidad Inestable y la dirección promedios mensuales, obteniéndose resultados consistentes desde el punto de vista físico.

Palabras Clave: Estabilidad atmosférica estática, Modelo de Pasquill, Correlación múltiple.



Evaluación de Radón (Rn^{222}) en una Cueva de Archidona a través de Métodos Activos

Felipe Alejandro García Paz* y Alejandro González
Universidad de las Américas
*felipe.garcia@udla.edu.ec

El trabajo de que a continuación se presenta consiste en la detección y cuantificación de los niveles de concentración del gas radiactivo de origen natural radón²²², así como la determinación de puntos críticos y estimación de dosis efectiva absorbida por guías dentro de la caverna Jumandy perteneciente a la comunidad Kichwa Ruku Jumandy Kawsay ubicada en el cantón de Archidona, provincia de Napo en Ecuador. Esta zona se encuentra ubicada según el mapa de factibilidad uranífera del Ecuador, en una de las áreas de primera prioridad para la obtención de Uranio. La metodología de medición fue realizada durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre del año 2017, en tres diferentes puntos de monitoreo dentro de la caverna. Los equipos de medición que se utilizaron fueron de tipo activo y continuo en donde a través de una cámara de difusión, el gas radón²²² fue detectado y cuantificado. Se realizó una caracterización mineralógica de 4 muestras obtenidas de la caverna con la finalidad de corroborar la información obtenida de la geología del lugar con la concentración de radón²²². Los niveles promedio de concentración obtenidos en los tres puntos durante los 4 meses dentro de la caverna de Jumandy sobrepasan el límite máximo permisible de 4 pCi/L ~ 148 Bq/m³ recomendado en normas internacionales, así como la estimación de dosis efectiva absorbida por los guías que cumplen su jornada de trabajo dentro de las cavernas que de igual manera sobrepasa los niveles máximos permisibles de 1 mSv/año para el público dentro de las recomendaciones de la OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica). Como parte final del trabajo de titulación, se elaboró una propuesta de mitigación que consistió en modificar las horas laborales en las que los guías se encuentren expuestos a elevadas concentraciones de radón²²² para así poder reducir la dosis efectiva absorbida estimada.

Palabras clave: Jumandy, Uranio, cámara de difusión, OIEA



Modelo de energía solar usando Álgebras de Clifford

Antonio Di Teodoro
Universidad San Francisco de Quito
nditeodoro@usfq.edu.ec

En el presente trabajo exhibiremos como mediante el uso de álgebras de Clifford radiales que pueden ser entendidas como extensión de los complejos en muchas dimensiones, podemos construir y garantizar la existencia de la solución de un modelo basado en multi-funciones por capas, sobre la evolución de la intensidad solar en nuestra atmósfera hasta llegar a la superficie terrestre. Adicionalmente discutiremos el papel de las variables en cada capa y su representación matricial, y la influencia e importancia del cálculo computacional en la corroboración del modelo contrastando con data experimental.

Palabras clave: Clifford Algebras, Dirac Operadores, Multi-monogenic functions, solar model, Severals vector variables.



Emisiones atmosféricas por incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito durante el 14 de septiembre de 2015

Karla Espinosa*, René Parra

Colegio de Ciencias e Ingeniería, Ingeniería Ambiental, Universidad San Francisco de Quito – Ecuador

*kgespinosa@estud.usfq.edu.ec

El 14 de septiembre de 2015 se generaron incendios forestales de magnitud en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). En este día se superó la concentración límite de O_3 de la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire, en todas las estaciones de la red de monitoreo. Para este evento de contaminación; uno de los más importantes en Quito durante los últimos 15 años, a más de las emisiones de otras fuentes regulares, fue decisivo el aporte de las emisiones por incendios forestales. Presentamos una estimación de las emisiones atmosféricas asociadas a los incendios forestales durante este día. Para ello utilizamos un dominio cuadrado de 120×120 celdas de 1 km^2 cada una, que cubre al territorio del DMQ. La estimación de las áreas quemadas se realizó en base de tres fuentes de información: 1) imágenes de los satelitales Terra y Aqua, equipados con el sensor MODIS; 2) información proporcionada por el Cuerpo de Bomberos del DMQ; y 3) notas de prensa que reportan información sobre los incendios forestales durante el 14 de septiembre. En base a los incendios identificados en las imágenes satelitales, éstos se asignaron a las correspondientes celdas de la malla de emisiones. Los factores de emisión se tomaron de la literatura, en función del tipo de suelo afectado. Los resultados indican que los contaminantes con mayores emisiones fueron el CO , PM_{10} , $PM_{2.5}$, $NMVOCs$ y NO_x , con magnitudes de 39.7 kt/d, 7.1 kt/d, 5.1 kt/d, 2.2 kt/d y 0.8 kt/d respectivamente. Estimamos que las emisiones de PM_{10} , $PM_{2.5}$, CO , $NMVOCs$ y NO_x ; fueron 288, 177, 50, 5 y 3 veces más altas respectivamente, con respecto a las emisiones durante un día laborable. Se prevé que estos resultados presenten un alto nivel de incertidumbre, entre otros motivos, por las asunciones en el cálculo de las emisiones, el uso de factores de emisión de la literatura, la posibilidad de incendios pequeños no detectados por los sensores remotos. A futuro, probaremos la calidad de estas emisiones, mediante la simulación numérica del evento de contaminación en Quito del 14 de septiembre de 2015.

Palabras clave: DMQ, contaminación por O_3 , Terra, Aqua, simulación numérica



Niveles de Radiación Ultravioleta en Quito durante el periodo 2010 – 2017

Eliana Cadena*, Camila Flores** y René Parra

Colegio de Ciencias e Ingeniería, Ingeniería Ambiental, Universidad San Francisco de Quito – Ecuador

*ecadenas@estud.usfq.edu.ec, **cfloresr@estud.usfq.edu.ec

Es de gran interés conocer la magnitud de la Radiación Ultravioleta (UV) en superficie, ya que una exposición excesiva a la radiación solar puede causar cáncer de piel y cataratas; entre otras afectaciones a la salud. Para catalogar los niveles de UV, la Organización Mundial de Salud (OMS) utiliza el Índice de Radiación Ultravioleta (IUV) mediante una escala que varía entre 0 y 11, siendo 11 o mayor, valores considerados extremos. La red de monitoreo de calidad del aire de Quito registra el IUV desde el año 2010, por medio de un sensor marca Biospherical Instruments INC (modelo GUV-2511) actualmente ubicado en la zona norte de la ciudad. Para la difusión de los valores del IUV, usa una escala que considera extremos a valores del IUV iguales o mayores a 16. Esta escala es recomendada por la Fundación Ecuatoriana de la Psoriasis (FEPSO) y el Instituto de Física de Rosario (IFIR), que proponen una modificación al criterio de la OMS, en función de los niveles de UV y del tipo de piel predominante en Sudamérica, aspectos no considerados cuando se estructuró la escala de la OMS. Con los registros de IUV por minuto del periodo 2010 – 2017, se obtuvo el promedio en 30 min. A cada día se asignó el respectivo valor máximo del promedio en 30 min. Desde el primer año de registro del IUV en Quito (2010), se detectaron niveles en el rango extremo (mayores o iguales a 16, según la escala FEPSO-IFIR). En el periodo 2010 – 2017, el porcentaje de días con valores extremos por mes, aplicando la escala de la OMS, varió entre 39.5 % y 68.5%. El porcentaje de días con valores extremos, aplicando la escala FEPSO-IFIR, se reduce notablemente, y varió entre 0.4 % y 17 %. Los meses con mayores porcentajes de niveles extremos de IUV (escala FEPSO – IFIR) fueron marzo (17 %), enero (11.5 %), febrero (10.6 %) y abril (8.5%).

Palabras clave: IUV, cáncer de piel, cataratas, FEPSO, IFIR



Aplicación del modelo F0AM (The Framework for 0-D Atmospheric Modeling) para estimar la tasa de producción de ozono en el aire ambiente de Cumbayá (este de Quito, Ecuador).

Rodrigo Pozo* y María del Carmen Cazorla
Instituto de Investigaciones Atmosféricas (IIA USFQ)
*rpozor@usfq.edu.ec

Se evaluó la aplicabilidad del modelo FOAM (The Framework for 0-D Atmospheric Modeling) para simular el mecanismo de producción química de ozono en Cumbayá, Ecuador. Para este propósito se utilizaron mediciones disponibles de variables meteorológicas (presión atmosférica, humedad relativa y temperatura), así como de ozono y óxidos de nitrógeno, medidos por la Estación de Mediciones Atmosféricas de la Universidad San Francisco de Quito (EMA USFQ). Debido a la falta de mediciones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) en la zona de estudio, estos fueron estimados. Esta estimación se realizó encontrando una correlación entre valores medidos de etano en Bogotá, Colombia (2009), y los valores medidos de CO en la misma ciudad y en la misma temporalidad. Una vez obtenida esta correlación, se la aplicó a valores de CO medidos en Quito, Ecuador y se obtuvo una estimación de etano en el aire ambiente. Posteriormente, se estimaron otros 5 COVs aplicando una hoja de cálculo recomendada por la Environmental Protection Agency (US EPA) que estima COVs basándose en composiciones típicas del aire ambiente de ciudades de Estados Unidos. El período escogido para la simulación fue el mes de septiembre de 2014, debido a que este es un mes que típicamente presenta valores altos de radiación solar que influyen directamente en la producción fotoquímica del ozono. Para realizar la simulación se eligió el mecanismo químico Carbon Bond 05 y se tomó en cuenta la cobertura de nubes de la zona para el cálculo de la constante de fotólisis del NO_2 . Se obtuvieron como resultados las concentraciones horarias de radicales HO_2 , RO_2 y OH , que son críticos en la producción del ozono. Con esta información se calculó la tasa de producción de ozono $\text{P}(\text{O}_3)$ mediante un cálculo cinético por fuera del modelo que involucra concentraciones de radicales, concentraciones de NO y constantes de reacción. Para la serie de tiempo simulada, se obtuvo picos de producción de ozono de alrededor de 8.5 ppb/h al medio día. Los valores simulados de radicales y los calculados de $\text{P}(\text{O}_3)$ resultan comparables con estudios realizados en ambientes de baja producción de ozono. Además se encontraron indicios de que la producción de ozono en la zona se encuentra en un régimen saturado por NO_x . Se concluyó que el modelo FOAM es aplicable para estudios de este tipo en la zona. Sin embargo, para realizar simulaciones que se aproximen de mejor manera a la realidad local, resulta de suma importancia obtener mediciones in-situ de COVs en el aire ambiente como también de constantes de fotólisis.

Palabras clave: Ozono, producción de ozono, fotoquímica, modelo FOAM, Quito, EMA USFQ.



Efecto en la calidad del aire de Quito debido al paro de buses del 25 de agosto de 2017

Wendy Vernaza*, Pierre Vélez**, René Parra

Colegio de Ciencias e Ingeniería, Ingeniería Ambiental, Universidad San Francisco de Quito – Ecuador
wvernaza@estud.usfq.edu.ec*, pierre.velez@estud.usfq.edu.ec**

De acuerdo al inventario de emisiones del Distrito Metropolitano de Quito del año 2012, los vehículos a diésel emiten un 60.6 % de NO_x y 82.5 % de $\text{PM}_{2.5}$ del total de emisiones de tráfico vehicular. De estos porcentajes, los buses emiten el 27.9 % de NO_x y el 21.6 % de $\text{PM}_{2.5}$. Según los registros de calidad del aire en Quito, los niveles de material particulado fino son superiores tanto en exposición crónica como aguda, a los valores guía propuestos por la Organización Mundial de la Salud. El 25 de agosto del 2017 en Quito, se suspendió el servicio de buses, aunque el resto de vehículos desempeñaron sus actividades normalmente. Este evento brinda una oportunidad única para analizar el impacto de la suspensión del servicio de buses en la calidad del aire. El presente estudio evalúa el efecto causado por el paro de buses, mediante el análisis de registros de calidad del aire y meteorología. Se analizaron las concentraciones horarias de los contaminantes NO_2 , $\text{PM}_{2.5}$ y CO de 5 estaciones de la red de monitoreo de la calidad del aire localizadas en la zona urbana de Quito. Se recopilieron los registros de calidad del aire y temperatura, del viernes 25 de agosto y de los 4 días viernes anteriores y los 4 viernes posteriores. Para cada parámetro se obtuvo el perfil medio de cada día, en base a los registros horarios de las estaciones seleccionadas. Durante la mañana del día del paro, la temperatura fue menor entre las 07h00 y 12h00 en comparación con los otros viernes. A las 08h00 del 25 de agosto, la temperatura media en la zona urbana de Quito fue de 7.6 °C. Para esta hora, en los otros días la temperatura media varió entre 11.6 °C y 14.1 °C. Estos valores sugieren que durante la mañana del día del paro, la estabilidad atmosférica fue más intensa en relación a los otros viernes. Entre las 10h00 y 11h00 del día del paro, las concentraciones horarias de $\text{PM}_{2.5}$ fueron del orden de 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En los otros días, a las mismas horas, las concentraciones variaron entre 11 y 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Entre las 10h00 y 11h00 del día del paro, las concentraciones horarias de NO_2 fueron del orden de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para los otros viernes, las concentraciones variaron entre 4 y 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estas concentraciones son coherentes con el comportamiento esperado de una reducción en los niveles de contaminantes, que son emitidos en porcentajes importantes por los buses. Se destaca que las reducciones se presentaron, a pesar de que la estabilidad atmosférica fue más intensa durante la mañana del paro, en relación a los otros viernes. A las 08h00 del día del paro, la concentración media de CO fue de 0.8 mg/m^3 , en tanto que para los otros viernes, los niveles variaron entre 0.5 mg/m^3 y 1 mg/m^3 . De igual manera, el comportamiento de las concentraciones de CO es coherente con el esperado, ya que no deberían haber descensos, en razón de que este contaminante es emitido principalmente por los vehículos a gasolina, los cuales desarrollaron su actividad normal durante el día del paro. La interacción entre emisiones, la meteorología y la calidad del aire durante el 25 de agosto de 2015, constituye un caso de particular interés para entender la contaminación del aire en Quito, y merece estudios de mayor alcance.

Palabras clave: Distrito Metropolitano de Quito, $\text{PM}_{2.5}$, estabilidad atmosférica, inventario de emisiones



Desarrollo de un programa en Matlab para generar diagramas Skew-T Log-P a partir de datos de sondeos atmosféricos

Edgar Herrera* y María del Carmen Cazorla
Instituto de Investigaciones Atmosféricas (IIA USFQ)
*edgar.herrera@estud.usfq.edu.ec

El diagrama Skew-T Log-P es una herramienta termodinámica indispensable en la meteorología operacional empleada en análisis de condiciones de inestabilidad atmosférica. En este diagrama, se grafican los datos de temperatura y punto de rocío obtenidos en los diferentes niveles de presión durante sondeos atmosféricos de rutina. Tradicionalmente, los gráficos de cada sondeo se trazaban a mano sobre papel Skew-T Log-P previamente impreso. Con el tiempo esta práctica ha cambiado y estos gráficos se generan en forma automática. En este trabajo se explica la generación de un producto de software desarrollado en la Estación de Mediciones Atmosféricas EMA USFQ para la generación automática y personalizada de diagramas Skew-T Log-P con datos aéreos propios.

Para llevar a cabo este proyecto, se hizo uso de las herramientas computacionales disponibles en el software MATLAB. En primer lugar, se llevó a cabo la programación del diagrama base Skew-T Log-P, mediante algoritmos que ubican en el plano cada una de las líneas que conforman este diagrama (isobaras, isotermas, adiabatas secas y húmedas, iso-líneas de humedad absoluta). A continuación, el programa importa los datos de los sondeos, aplica un filtro de ruido y realiza cálculos termodinámicos para determinar el punto de rocío de los datos de temperatura y humedad a cada nivel de presión. Se grafican, entonces, los datos de temperatura y punto de rocío en el plano Skew-T Log-P. Luego de esto, se añaden al diagrama los datos de viento en forma de vector, también conocidas como barbas de viento, que nos indican la dirección y velocidad del mismo. Finalmente, se adicionan otros niveles de interés (como niveles de altitud correlacionados a presión). Para simplificar el manejo del programa para el usuario final, se vio la necesidad de crear una interfaz gráfica sencilla e intuitiva que contenga todas las funciones descritas anteriormente. Esta interfaz fue asimismo programada en MATLAB mediante el uso de la herramienta GUIDE.

En conclusión, se cumplió satisfactoriamente con el objetivo de crear un programa amigable con el usuario que sea capaz de generar automáticamente diagramas Skew-T Log-P a partir de los datos obtenidos a través de sondeos atmosféricos.

Palabras clave: Skew-T Log-P, Matlab, Guide, desarrollo de software, EMA USFQ



AGRADECIMIENTOS

El CAMCA 2018 ha sido posible gracias a:

Conferencistas Invitados

Gaëlle Uzu
Juan Carlos De los Reyes

USFQ

Cancillería y Rectorado

Santiago Gangotena
Carlos Montufar
Alexandra Polanco
Pablo Calderón Mosquera

IIA USFQ

Comité Organizador

María del Carmen Cazorla
Julieta Juncosa
Edgar Herrera
José Carlos Andrade

Colegio de Ingeniería y Departamento de Ing. Ambiental

César Zambrano
Valeria Ochoa
René Parra
Gisela Sánchez
Carolina Proaño
Gabriela Morales
Rodrigo Pozo
Aracely Zambrano

Difusión en Medios

María Dolores Brito
Karla Aguirre
Jaime Páez
Rommel Vargas

Además

Andrés Anrrango
Pablo Riera
Equipo Xerox
Planta Física