



**Instituto de Investigaciones Atmosféricas  
Universidad San Francisco de Quito USFQ**

**IIA USFQ**

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

**CAMCA 2021**  
*- Edición Virtual -*

**17 de septiembre**  
Por Zoom

**Libro de Resúmenes**

Comité Organizador



**Editores:**

***María del Carmen Cazorla***

***Edgar Herrera***



## Contenido

Agenda.....	4
Conferencias especiales.....	7
Ponencias.....	18
Agradecimientos.....	33



# Agenda

HORA	EXPOSITOR	TEMA
08h10 – 08h30	<b>Ingreso y Bienvenida</b>	
	<b>Conferencias Especiales</b>	
08h30 – 09h15	Julieta Juncosa Colorado State University	State-of-the-art measurements of ammonia using a research aircraft in the Colorado Front Range
09h15 – 10h00	Néstor Rojas Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá	Vínculos entre calidad del aire y COVID-19
10h00 – 10h45	Elizabeth Asher NOAA Earth System Research Laboratory	POPSnet - a ground-based aerosol instrument network to study spatial variability across scales
10h45 – 11h00	<b>Receso</b>	
11h00 – 11h45	René Parra USFQ	Influencia en la calidad del aire de Cuenca por el cambio de buses que usan diésel por buses eléctricos
11h45 – 12h30	María del Carmen Cazorla USFQ	De la capa límite planetaria a la estratósfera: contribuciones a la columna total de ozono sobre los Andes ecuatoriales
12h30 – 14h00	<b>Receso</b>	
	<b>Ponencias</b>	
	<b>Sesión de Discusión I</b>	
14h00 – 14h10	Álvaro Bastidas Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín	Vigilancia remota de la baja atmósfera en una zona industrial de Antioquia, Colombia
14h10 – 14h20	Jenny Orbe Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH	Contaminación del aire interior por radón
14h20 – 14h30	Marcelo Cervantes Universidad Nacional Agraria La Molina Lima, Perú	Aplicación del pronóstico climático en la modelación agrícola de la papa ( <i>Solanum Tuberosum</i> ) cv. Única sometido a estrés hídrico
14h30 – 14h40	Devi Orozco USFQ	Niveles de dióxido de nitrógeno y ozono en Quito en el periodo 2011 - 2020: Influencia de restricción COVID-19
14h40 – 14h50	Edwin Durán Universidad Técnica de Manabí UTM	Validación de variables meteorológicas de una estación meteorológica portátil con la estación meteorológica del INAMHI “La Teodomira”, de la Parroquia Lodana, Cantón Santa Ana, Ecuador

14h50 – 15h00	Cristhian Ortiz USFQ	Caracterización de emisiones y flota del parque vehicular de Cuenca, en base a los registros de la Revisión Técnica Vehicular de los años 2017, 2018 y 2019
15h00 – 15h10	Franklin Beltrán IDD Consultores	Modelo de información de tormentas en Quito (MIT-Q)
15h10 – 15h30	<b>Receso</b>	
	<b>Ponencias</b>	
	<b>Sesión de Discusión II</b>	
15h30 – 15h40	Damariz Marín-Palma Universidad de Antioquia Colombia	Citotoxicidad e inflamación inducidos por el material particulado (PM10) presente en el Valle de Aburrá-Colombia
15h40 – 15h50	Bolívar Erazo Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento EPMAPS	¿Cómo reconstruir la variabilidad climática multi-decenal pasada en regiones poco monitoreadas? El caso del Ecuador continental
15h50 – 16h00	Doménica Andrade USFQ	Análisis clúster como método de estudio de la simulación numérica del sedimento de ceniza volcánica
16h00 – 16h10	Walter Pardavé Livia Universidad de Santander Colombia	Implementación de estrategias ambientales para reducir la huella de carbono mediante un aplicativo interactivo
16h10 – 16h20	Daniel Moran-Zuloaga Johannes Gutenberg University Mainz	Descripción general y caracterización estacional de partículas suspendidas en la ciudad Guayaquil
16h20 – 16h30	Daniela Muela Universidad Tecnológica Equinoccial UTE	Cuantificación de las emisiones de gases criterio según la cuenta económica-ambiental del Ecuador a partir de fuentes fijas, móviles y de área durante el período 2000-2018
16h30 – 16h40	Edgar Herrera USFQ	Mediciones de BTEX a nivel de calle en Quito: calibraciones, resultados preliminares y lecciones para una futura campaña de medición
16h40 – 17h00	<b>Entrega de Honor CAMCA</b> <b>Cierre</b>	

\* Durante las Sesiones de Discusión, los ponentes presentarán los hallazgos más significativos de sus investigaciones y contestarán preguntas del público. Videos pregrabados de las ponencias se encontrarán disponibles al público inscrito con una semana de anticipación.

\* Puede haber ligeras modificaciones a la agenda, previo el día del evento.



## Conferencias Especiales

## **Elizabeth Asher, PhD**

---

*NOAA Earth System Research Laboratory/Chemical Science Division*



Elizabeth (Lizzy) Asher is a Research Scientist II in the Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES) working at the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Earth System Research Laboratory in Boulder, Colorado. She completed her PhD in Oceanography at the University of British Columbia, Vancouver, in 2015. Prior to her position working at NOAA, she was an Advanced Study Program postdoctoral fellow in the Atmospheric Chemistry Observation and Modeling laboratory at the National Center for Atmospheric Research (NCAR). Her research focuses on developing and applying new methods in atmospheric science to provide comprehensive and accurate data to address outstanding scientific questions in climate and air quality.





## **POPSnet - a ground-based aerosol instrument network to study spatial variability across scales**

**Lizzy Asher\***, Troy Thornberry\*, Ru-Shan Gao\*, Dave Fahey\*, Ken Carslaw\*, Drew Gentner\*, Allison McComiskey\*, María del Carmen Cazorla\*\*

\*NOAA Earth System Research Laboratory – Chemical Science Division

\*\*Instituto de Investigaciones Atmosféricas IIA, Universidad San Francisco de Quito USFQ  
elizabeth.asher@noaa.gov

Our understanding of aerosol sources, transport, and radiative effects is in part limited by sparsely distributed measurements of particle number and size. For instance, despite years of research, the substantial uncertainty in aerosol radiative forcing has not been successfully reduced. A spatially dense network of relatively low-cost instruments that measure aerosol microphysical properties can target one important source of this uncertainty: the ‘representation error’ that results from relating sparse point measurements to the corresponding modeled values over grid cell areas  $> 10,000 \text{ km}^2$ . These microphysical measurements also provide size-resolved information on fine particulate matter (PM 2.5), which degrades air quality in many parts of the world.

The Portable Optical Particle Spectrometer network – Southern Great Plains (POPSnet-SGP) is a ground-based network of instruments, comprising 13 sites distributed across a  $150 \text{ km} \times 150 \text{ km}$  region, resulting in an instrument network that is spatially dense. Such networks enable us to determine how many measurements are needed to accurately characterize a regional aerosol population. This network is located at the Department of Energy Aerosol Radiation Measurement (ARM) Southern Great Plains (SGP) atmospheric observatory in Oklahoma, over relatively homogenous terrain, with satellite sites at Table Mountain in Boulder, CO and at the Universidad San Francisco de Quito in Ecuador. Here, we describe the POPSnet installations and characterize the measurement uncertainty in POPS size distributions based on the assumption of a uniform particle refractive index, instrument precision and instrument drift, and measured differences between ambient and instrument enclosure temperature. Initial observations are presented that show the relationship between ground-based measurements of aerosol at ARM-SGP in Oklahoma and those in Boulder, CO, as well as the first measurements collected in Quito, Ecuador. We discuss the utility of these measurements in understanding local and regional air quality, as well as in constraining global-scale climate models.

**Key words:** POPSnet, aerosols, PM<sub>2.5</sub>, NOAA.

## Néstor Rojas, PhD

---

*Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá*



Néstor Rojas is a Chemical Engineer from Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (1996). He received his PhD from the University of Leeds, UK in 2002, where he studied particulate matter concentration changes through diesel engine exhaust systems. He worked as an Assistant Professor at Universidad de Los Andes between 2002 and 2006, and has worked as an Associate Professor at Universidad Nacional de Colombia since 2006. His research focuses on air quality and includes the chemical characterization of particulate matter in the ambient air and in emissions from various sources; the determination of the contribution of pollution sources; the estimation of pollutant emissions inventories; exposure to particulate matter in microenvironments; and the estimate of impacts of air pollution on public health. He was a Fulbright visiting researcher at the University of Wisconsin - Madison in 2015, where he worked on source apportionment at Prof. James Schauer's lab. He is the director of the Air Quality Research Group and a member of the scientific committee of the IGAC - International Global Atmospheric Chemistry project.



## Vínculos entre calidad del aire y COVID-19

**Néstor Rojas**

Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

nyrojasr@unal.edu.co

The COVID-19 pandemic and the study of air quality are linked in several ways. Firstly, this disease is spread by SARS-CoV-2, an airborne coronavirus, mainly in poorly ventilated environments with low indoor air quality. Secondly, its effects on the respiratory system have been shown to be exacerbated by previous chronic exposure to high levels of ambient air pollutants. Thirdly, the lockdown measures imposed to try to slow the spread of the epidemic changed the patterns of economic activities and their associated emissions, altering atmospheric chemistry and air pollution levels. This talk explores the dynamics of these linkages and their characteristics in the Latin American context.

**Keywords:** COVID-19, air quality, Latin America.



## **Julieta Juncosa Calahorrano, MSc**

---

*Colorado State University - Department of Atmospheric Science - Fischer Group*



Julieta Juncosa Calahorrano is a PhD student at Colorado State University (CSU) where she studies the chemistry of reactive nitrogen in the atmosphere. In 2016, she graduated from Universidad San Francisco de Quito (USFQ) in Ecuador as an Environmental Engineer. In 2017 she was awarded a Fulbright scholarship to study Atmospheric Science in the United States. She received her Master's in Atmospheric Sciences from CSU. Juncosa Calahorrano was awarded the American Geophysical Union (AGU) Paros Scholarship in Geophysical Instrumentation and the Air and Waste Management Association Scholarship in Environmental Management or Policy Research and Study related to Air Quality. Her current research focuses on measuring ammonia ( $\text{NH}_3$ ) emissions from Concentrated Animal Feeding Operation (CAFO) in Colorado.  $\text{NH}_3$  is a precursor for particulate matter (PM) and contributes to damaging eutrophication and acidification of ecosystems worldwide. In her free time, she enjoys reading, swimming, hiking, and biking.



## **State-of-the-art measurements of ammonia using a research aircraft in the Colorado Front Range**

**Julieta Juncosa Calahorrano<sup>1\*</sup>**, Ilana B. Pollack<sup>1</sup>, Amy Sullivan<sup>1</sup>, J. Robert Roscioli<sup>2</sup>, Dana R. Caulton<sup>3</sup>, Megan E. McCabe<sup>3</sup>, Emily V. Fischer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado 80523, USA

<sup>2</sup>Aerodyne Research Inc., Billerica, Massachusetts 01821, USA

<sup>3</sup>Department of Atmospheric Science, Wyoming University, Laramie, Wyoming, 82071, WY

\*jjuncosa@rams.colostate.edu

The Transportation and Transformation of Ammonia (TRANS2AM) field campaign will sample emissions and evolution of ammonia ( $\text{NH}_3$ ) in plumes from Concentrated Animal Feeding Operations (CAFO) in the Northern Colorado Front Range. We use the University of Wyoming King Air research aircraft outfitted with instrumentation to measure trace gases and particles and a set of sampling strategies aimed at characterizing distinct plumes and their chemical evolution. We use two close-path quantum-cascade tunable infrared laser direct absorption spectrometers (QC-TILDAS) in series to measure  $\text{NH}_3$  and nitric acid ( $\text{HNO}_3$ ) and a third one in parallel to measure ethane ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ). A Picarro G2401-m provides simultaneous observations of methane ( $\text{CH}_4$ ) and a Particle-into-Liquid Sampler (PILS) provides information about the abundance of water-soluble aerosol components. During this talk, I will present preliminary findings regarding the emissions of  $\text{NH}_3$  from CAFOs as well as the evolution of  $\text{NH}_3$  within the first 10 km downwind.

**Keywords:** ammonia, nitric acid, methane, aircraft campaign, animal feeding.

## René Parra, PhD

---

*Universidad San Francisco de Quito USFQ*



Director de la carrera de Ingeniería Ambiental de la USFQ. Doctor en Ingeniería Ambiental por la Universitat Politècnica de Catalunya. Premio Extraordinario de Doctorado, en el ámbito de Ingeniería Ambiental y Sostenibilidad 2003-2004. Docente e Investigador de la USFQ. Miembro del Instituto de Simulación Computacional. Director del Grupo de Investigación sobre la Ceniza Volcánica en el Ecuador (GICVE). Líneas de investigación: contaminación del aire, inventarios de emisiones atmosféricas, dispersión de contaminantes y ceniza volcánica.



## **Influencia en la calidad del aire de Cuenca por el cambio de buses que usan diésel por buses eléctricos**

**René Parra**

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

En el Ecuador es generalizada la presencia de buses que usan diesel, vehículos con emisiones importantes de NO<sub>x</sub> y PM<sub>2.5</sub>. De acuerdo al inventario de emisiones atmosféricas del Cantón Cuenca (año base 2014), los buses emitieron 1861.2 t año<sup>-1</sup> y 87.2 t año<sup>-1</sup> de NO<sub>x</sub> y PM<sub>2.5</sub>, que representaron el 31.1% y 22.7% respectivamente, de las emisiones totales de cada contaminante. La Ley de Eficiencia Energética (Registro oficial 449, 19 de marzo de 2019) establece que a partir del año 2025, todos los vehículos que se incorporen al servicio de transporte público en el Ecuador continental, deberán ser únicamente de medio motriz eléctrico. En Cuenca inclusive ya se ha realizado al menos una prueba del funcionamiento de buses eléctricos. A fin de contar con una evaluación preliminar del efecto en la calidad del aire, por el cambio de buses que usan diesel, por buses eléctricos; simulamos la dispersión de contaminantes del aire durante septiembre de 2014, en dos escenarios: 1) con buses que usan diesel (BD), 2) con buses eléctricos (BE). Se aplicó el modelo euleriano Weather Research and Forecasting with Chemistry (WRFChem), para el territorio del Cantón Cuenca, con una resolución espacial de 1 km. Para el escenario BD se incluyeron todas las fuentes de emisión del inventario del año 2014. Para el escenario BE, se eliminaron las emisiones de combustión que corresponden a los buses. Las diferencias de los resultados entre los dos escenarios (BD-BE) indicaron que en el centro histórico se presentarían reducciones en las concentraciones de NO<sub>2</sub> (máxima horaria: entre 0.8 y 16.4 µg m<sup>-3</sup>, mediana 7.1 µg m<sup>-3</sup>) y PM<sub>2.5</sub> (promedio en 24 horas: entre 0.2 y 1.8 µg m<sup>-3</sup>, mediana 0.9 µg m<sup>-3</sup>); aunque habría incrementos en las concentraciones de O<sub>3</sub> (promedio máximo en 8 horas: entre 1.1 y 8.0 µg m<sup>-3</sup>, mediana 3.5 µg m<sup>-3</sup>). El incremento en las concentraciones de O<sub>3</sub> es coherente con un régimen limitado por compuestos orgánicos volátiles en la generación de O<sub>3</sub>, régimen que ha sido identificado previamente, en el centro histórico de Cuenca.

**Palabras clave:** WRFChem, Ley de Eficiencia Energética, efecto fin de semana.



## María del Carmen Cazorla, PhD

---

*Universidad San Francisco de Quito USFQ*



Dirige el Instituto de Investigaciones Atmosféricas de la Universidad San Francisco de Quito (IIA USFQ) en Ecuador, en donde es profesora e investigadora desde 2012. Entre 2010 y 2012 realizó un Postdoctorado en la NASA (Goddard Space Flight Center), luego de obtener su doctorado en Meteorología en Penn State University (2010). Obtuvo su Maestría en Control de la Contaminación Ambiental en la misma universidad, como becaria Fulbright del Ecuador. Sus intereses de investigación son las mediciones in situ de ozono a bordo de globos de gran altitud, los mecanismos físicos y químicos que influyen en el origen y transporte de los contaminantes atmosféricos, los procesos de capa límite planetaria y el monitoreo de la composición atmosférica con sensores remotos de tierra y satelitales. Actualmente es la Investigadora Principal de dos proyectos en colaboración con la NASA, con estaciones en los campus USFQ de Quito y Galápagos: AERONET (Aerosol Robotic Network) y SHADOZ (Southern Hemisphere Additional Ozonesondes).





## **De la capa límite planetaria a la estratósfera: contribuciones a la columna total de ozono sobre los Andes ecuatoriales**

**María del Carmen Cazorla<sup>1\*</sup>**

**René Parra<sup>2</sup>, Edgar Herrera<sup>1</sup>, Francisco Raimundo da Silva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías, Instituto de Investigaciones Atmosféricas

<sup>2</sup>USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías, Instituto de Simulación Computacional (ISC-USFQ)

<sup>3</sup>Laboratory of Environmental and Tropical Variables, INPE, Brazilian Institute of Space Research

\*mcazorla@usfq.edu.ec

La columna total de ozono (TCO, por sus siglas en Inglés) se encuentra conformada por el sumatorio de contribuciones de la tropósfera y la estratósfera, siendo esta última la mayor contribución y aquella que protege la vida en el planeta de los dañinos rayos ultravioleta. La cuantificación de las contribuciones a la TCO sobre los Andes ecuatoriales ha sido muy poco estudiada, parcialmente debido a una falta de información y de datos recolectados en el sitio a bordo de globos de gran altitud. Un aspecto que necesita especial énfasis es la interpretación de la magnitud de la TCO medido sobre esta región, pues es diferente de aquella en otros sitios del trópico, sobre todo en aquellos a nivel del mar, debido a la formidable altitud de la cadena montañosa de los Andes. Adicionalmente, el ozono a nivel de superficie en zonas urbanas de los Andes tropicales es más bien bajo, si se compara con valores observados en zonas urbanas del Hemisferio Norte. Así, la columna total de ozono se ve reducida, no solo por una tropósfera menos profunda, sino por el efecto de dilución vertical con aire de superficie que tiene, generalmente, un contenido de ozono bajo. En este trabajo se cuantifican las contribuciones a la TCO, desde la capa límite planetaria (PBL, por sus siglas en Inglés), la tropósfera libre y la estratósfera, utilizando datos entre 2014 y 2019. Para determinar la contribución de la PBL, se utilizaron observaciones de ozono de superficie (Quito y Cuenca, Ecuador) y un modelo de mezcla completa para realizar el cálculo de la columna de ozono en la capa límite. En lo referente a columna troposférica y estratosférica, se utilizaron datos de ozono sondeos ejecutados desde la Estación de Mediciones Atmosféricas (EMA) de la USFQ. Estos datos se compararon con ozono sondeos de Natal, Brasil, para determinar las similitudes y diferencias entre columna estratosférica y troposférica con una estación a nivel del mar, cercana en latitud. Los resultados demuestran que la contribución estratosférica a la TCO sobre los Andes ecuatoriales ( $225.2 \pm 8.9$  Dobson Units [DU]) es similar a la de Natal ( $223.3 \pm 8.6$  DU), pero la contribución troposférica es significativamente menor sobre los Andes ( $20.2 \pm 4.3$  DU vs.  $35.4 \pm 6.4$  DU). Adicionalmente, el ozono urbano de la capa límite planetaria contribuye con menos de 8 DU a la columna troposférica y total sobre el sitio de estudio. En este trabajo, también se presentarán comparaciones de la serie de tiempo de ozono sondeos de Quito con datos de sensores remotos.

**Palabras clave:** ozono, ozono sondeo, columna total de ozono, Andes, Quito, Ecuador.



## PONENCIAS



## **Vigilancia remota de la baja atmósfera en una zona industrial de Antioquia, Colombia**

Dr. Álvaro Bastidas

Grupo de investigación Láser y Espectroscopia Óptica, GLEO, Escuela de Física  
Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín  
ebastid@unal.edu.co

Emisiones contaminantes en una importante zona industrial próxima al municipio de Girardota del nororiente del departamento de Antioquia, (Latitud: 6.367, Longitud: -75.433), afectan la calidad del aire de la población urbana y rural. La Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín a través de su grupo de investigación Láser y Espectroscopia Óptica, GLEO, viene realizando un estudio de vigilancia remota de la columna de aire en la región usando dos equipos: Un fotómetro solar-AERONET, FS y sensores láser Purple Air, PA ubicados a nivel de superficie en algunas viviendas del municipio. Las mediciones simultáneas FS-PA se realizaron durante 90 días continuos entre el 27 de noviembre de 2020 y el 19 de marzo de 2021, encontrando resultados que muestran valores típicos de  $AOD_{Total} \approx 0.15$ ,  $PM_{2.5} \leq 25 \mu g/m^3$  y  $PM_{10} \leq 50 \mu g/m^3$  casi todo el tiempo de mediciones. Sólo dos eventos extraordinarios de alta densidad del aire fueron registrados por el FS, uno el 13 de febrero de 2021 y otro el 06 de marzo de 2021 con  $AOD_{Total} \approx 0.7$ , mientras que los PA reportaron valores altos de  $PM_{2.5} \leq 150 \mu g/m^3$  y  $PM_{10} \leq 225 \mu g/m^3$  únicamente el 13 de febrero de 2021. En este trabajo se discute y concluye respecto a la entrada de partículas externas a la región, la influencia de los vientos y demás condiciones meteorológicas en la mezcla de aerosol respecto a estos dos eventos extraordinarios.

**Palabras clave:** Espesor óptico AOD, Material particulado PM, Fotómetro solar, Sensores PA, Calidad del aire.



## Contaminación del aire interior por radón

J. Orbe<sup>1\*</sup>, G. Ureña<sup>1</sup>, M. Capua<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GIDAC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 060150, Ecuador

<sup>2</sup>Department of Physics and INFN, Università della Calabria, Cosenza, 87036, Italy

\* jorbe@espoch.edu.ec

El radón ( $^{222}\text{Rn}$ ) es un gas radioactivo, incoloro e inodoro de origen natural que se forma durante la desintegración de isótopos de uranio-238. En su proceso de desintegración, el radón produce descendientes radiactivos, que se adhieren al aire y cuya inhalación y posterior deposición y desintegración en las distintas regiones del sistema respiratorio pueden causar daño radiológico. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el radón es la segunda causa de cáncer de pulmón en la población general, después del tabaquismo, identificándose como un peligroso contaminante del aire.

Los materiales de construcción y el gas del suelo que contiene radón son las fuentes dominantes de radón en interiores. Estudios muestran una variación estacional y día/noche de la concentración de radón en casas y edificios. Las variaciones estacionales y el efecto día/noche se ven afectadas por muchos factores, que varían de un país a otro. Características de la casa, suelo y geología del edificio, prácticas de ventilación y condiciones climáticas son los factores más importantes. En países que tienen las cuatro estaciones del año, la concentración mínima de radón en verano es típicamente del 40 % al 50% de la concentración máxima en invierno.

Este estudio consistió en determinar las concentraciones de radón en el laboratorio de Técnicas Nucleares de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Riobamba, a fin de evaluar las variaciones estacionales y el efecto día/noche, en condiciones típicas de una vivienda de la Sierra Ecuatoriana, así como evaluar la concentración media anual.

Las mediciones se realizaron usando un detector de centelleo (Celda de Lucas) en interfaz con el monitor AB7, fabricados por Pylon Electronics Inc., en Canadá. El monitoreo de radón se realizó mensualmente en el año 2020, durante una semana, con intervalos de medida de una hora.

De los resultados obtenidos se puede observar que el efecto día/noche sobre las concentraciones de radón es claramente visible. Se evidenció un patrón estacional rotundamente diferente al visto en países de cuatro estaciones. La concentración mínima de radón en la época seca (verano) es el 74% de la concentración máxima en la época lluviosa (invierno). La concentración media anual fue de  $57 \pm 5 \text{ Bq m}^{-3}$ , valor inferior al nivel de referencia ( $300 \text{ Bq m}^{-3}$ ) recomendado por la Comunidad Europea en la Directiva EURATOM 2013/59 para viviendas y lugares de trabajo.

**Palabras clave:** Radón, contaminación del aire, cáncer de pulmón.



## **Aplicación del pronóstico climático en la modelación agrícola de la papa (*Solanum Tuberosum*) cv. Única sometido a estrés hídrico**

Marcelo Cervantes

Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, Lima. Perú.  
20091022@lamolina.edu.pe

Frente al déficit hídrico que experimentará el territorio peruano durante las próximas décadas, surge la necesidad de establecer metodologías que involucre a la meteorología agrícola como parte de una estrategia que favorezca en su gestión ante eventos adversos. Esta investigación propuso dos objetivos específicos. Primero, obtener las variables meteorológicas predictoras al rendimiento del tubérculo. Se utilizó el pronóstico climático sub-estacional a través de ejecuciones en el Modelo Regional Weather Research and Forecasting (WRF), utilizando datos de entrada del Modelo Global Climatic Forecast System (CFS) version2 y obteniendo un downscaling hasta 3000 m de resolución. Adicionalmente, se aplicó el método de corrección denominado Mapping Quantile para contrarrestar los sesgos sistemáticos. Posteriormente, pronosticar el rendimiento del tubérculo abarcando un mes; y un mes y medio de anterioridad a la cosecha. Se instaló un experimento con la variedad de papa Única en diseño bloques completamente al azar con tres tratamientos estimados por el Crop Water Stress Index (CWSI), en donde se realizaron evaluaciones del crecimiento y desarrollo. Los resultados del rendimiento del tubérculo pronosticados con un mes y medio de anterioridad a la cosecha fueron: 40.63, 39.59 y 39.3 e-3 kg/m<sup>2</sup> para peso fresco y 7.31, 7.13 y 7.03 e-3 kg/m<sup>2</sup> para el peso seco, respectivamente según el tratamiento. De igual manera, para un mes con anterioridad a la cosecha: 37.08, 37.78 y 37.5 e-3 kg/m<sup>2</sup> para peso fresco y 6.68, 6.8 y 6.75 e-3 kg/m<sup>2</sup> para peso seco. Así también, se evidenció la inexistencia de diferencias significativas entre los valores observados y pronosticados de los rendimientos de tubérculo al 95 por ciento de confianza.

**Palabras clave:** Pronóstico de rendimiento, modelo regional WRF, Modelo agrícola SOLANUM, Crop Stress Water Index (CSWI).



## Niveles de dióxido de nitrógeno y ozono en Quito en el periodo 2011 - 2020: Influencia de restricción COVID-19

Devi Orozco\*, Alejandra Balseca, Anahí Urquizo, Ana Velástegui, José Torres, René Parra

Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles y Vía Interoceánica, Quito – Ecuador  
\*dsorozco@estud.usfq.edu.ec

El monitoreo y análisis de la calidad del aire son relevantes a fin de conocer los niveles de contaminación y tomar medidas para proteger la salud pública. En el año 2020, la aparición de la pandemia del COVID-19 produjo un confinamiento global, que ocasionó una reducción notable de las actividades socioeconómicas, especialmente del tráfico, tanto de vehículos que usan diésel y gasolina; esto conllevó a variaciones en la calidad del aire. En Quito, el periodo de confinamiento se presentó entre el 17 de marzo y el 2 de junio de 2020. A fin de evaluar el impacto de esta restricción, analizamos los registros de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y de ozono ( $\text{O}_3$ ), del periodo 2011 - 2020. Descargamos las concentraciones horarias de 6 estaciones (Belisario, Carapungo, Centro, Guamaní, Los Chillos y Tumbaco) desde la página web de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ). Para cada día del periodo de confinamiento, generamos el promedio máximo horario para el  $\text{NO}_2$  y el promedio máximo durante 8 horas para el  $\text{O}_3$ , según lo que establece la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire (NECA). Se compararon las concentraciones del periodo de confinamiento en 2020 con las concentraciones de años 2011 - 2019. Los resultados indicaron un descenso significativo en la concentración media de  $\text{NO}_2$  en todas las estaciones (de  $41.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en años previos a  $19.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2020, NECA:  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mientras que la concentración media de  $\text{O}_3$  incrementó en Belisario (de  $33.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en años previos a  $45.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2020, NECA:  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Centro (de  $34.8$  a  $46.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en menor nivel en Guamaní (de  $41.3$  a  $45.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Los Chillos (de  $40.3$  a  $45.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y disminuyó en Carapungo (de  $40.5$  a  $35.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Tumbaco (de  $44.1$  a  $40.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Los mayores incrementos de  $\text{O}_3$  se registraron en las estaciones localizadas en el Centro Histórico y zona centro-norte de Quito. Los resultados son consistentes con estudios previos, que identificaron la presencia clara del efecto fin de semana en la zona de influencia de las estaciones Centro y Belisario, zona que presentaría un régimen de producción fotoquímico limitado por la presencia de compuestos orgánicos volátiles en la generación de  $\text{O}_3$ .

**Palabras Clave:** Calidad del aire, restricción vehicular, efecto fin de semana, pandemia,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ .



## **Validación de variables meteorológicas de una estación meteorológica portátil con la estación meteorológica del INAMHI “La Teodomira”, de la Parroquia Lodana, Cantón Santa Ana, Ecuador.**

Durán Macías Edwin Paúl<sup>1\*</sup>, Cedeño Manzaba Jinson Roberto<sup>1</sup>, Emilio José Jarre Castro<sup>1</sup>, Stephanie Marina Díaz López<sup>2</sup>, Ezequiel Zamora-Ledezma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Técnica de Manabí. Av. Urbina con Che Guevara. Portoviejo, 130105, Ecuador

<sup>2</sup>Centro de Ciencias Atmosféricas y Biogeoquímica, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Altos de Pipe 1020A, Venezuela

\*edurán5803@utm.edu.ec

La meteorología es la ciencia que se encarga del estudio de la localización y distribución espacial de las variables del clima y su relación con la vegetación, los cultivos o las actividades antrópicas. Los estudios meteorológicos/climáticos suelen apoyarse utilizando estaciones meteorológicas que permiten registrar y coleccionar información meteorológica de forma automática y en tiempo real. La medición de variables meteorológicas ha crecido en importancia para el monitoreo del cambio climático, las cuencas hidrográficas y el establecimiento de políticas relacionadas con el ambiente. En el presente estudio se contrastan datos meteorológicos (temperatura, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento) obtenidos con una microestación portátil y la estación meteorológica del INAMHI “La Teodomira”, aplicando a) análisis del comportamiento acumulado diario, b) relaciones 1:1 de cada variable y c) curvas de caja y bigote por hora para las variables estudiadas. El estudio se realizó en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana, provincia de Manabí, en los predios del Campus de la Universidad Técnica de Manabí. Se definió un sistema de recolección de datos meteorológicos dual para comparar datos provenientes de las 2 estaciones al mismo tiempo y en condiciones similares. Se realizaron mediciones durante 45 días continuos, con 13 recogidas de datos diarios, a intervalos de 1h, entre las 7h00 y 19h00. Las variables que evidenciaron los niveles de similitud más altos entre ambas estaciones fueron: temperatura ( $R^2 = 0,99$ ), presión atmosférica ( $R^2 = 0,93$ ) y humedad relativa ( $R^2 = 0,91$ ), lo que sugiere un alto grado de estabilidad y conservación entre datos. La precipitación y la velocidad del viento mostraron niveles intermedios de concordancia, mientras que, la variable con mayor variabilidad fue la dirección del viento. Con los resultados obtenidos, es posible establecer modelos matemáticos para inferir o predecir datos de estaciones permanentes a partir de datos obtenidos con estaciones portátiles, aplicando sencillos factores de corrección, lo cual resulta novedoso, económico y práctico en el contexto local y nacional; por otro lado, se demuestra la versatilidad de contar con equipos de bajo costo que puedan calibrarse para generar datos robustos, y luego, ser empleados en diferentes estudios y áreas geográficas.

**Palabras clave:** Observación, intercalibración, datos meteorológicos, predicción e inferencia, variabilidad.





## **Caracterización de emisiones y flota del parque vehicular de Cuenca, en base a los registros de la Revisión Técnica Vehicular de los años 2017, 2018 y 2019**

Cristhian Ortiz\*, René Parra

Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles y Vía Interoceánica, Quito – Ecuador

\*cdortiz@estud.usfq.edu.ec

La Revisión Técnica Vehicular (RTV) consiste en un conjunto de inspecciones que se realiza cada año a vehículos que circulan en el Cantón Cuenca, a fin para garantizar sus condiciones mecánicas y el cumplimiento del límite de emisiones del escape, que establece la legislación nacional. El presente trabajo caracteriza el parque vehicular de la ciudad de Cuenca y presenta un análisis del comportamiento de las emisiones de hidrocarburos no combustionados (HC) en ralentí y a 2500 rpm, monóxido de carbono en ralentí y 2500 rpm; para vehículos a gasolina, y opacidad para vehículos a diésel, por año de fabricación, según los registros de la RTV de los años 2017, 2018 y 2019. En el año 2019 se presentaron 78 248 vehículos a la RTV, de los cuales el 86.30 % pertenecen a vehículos a gasolina y 13.70% a vehículos a diésel. En la categoría de vehículos a gasolina y clasificados como “especiales”, se incluyen a los vehículos híbridos que representan 0.81% del total de vehículos revisados. Los vehículos más antiguos presentaron mayores emisiones. El promedio de las emisiones de HC a 2500 rpm de los automóviles, fabricados hasta el año 2000, fue de 219.5 ppm. Este promedio descendió a 97.4 ppm para vehículos fabricados entre 2001 y 2010, y a 40.8 ppm para vehículos fabricados entre 2011 y 2019. El promedio de las emisiones de CO a 2500 rpm de los automóviles, fabricados hasta el año 2000, fue de 2.4 %. Este promedio descendió a 0.5 % para vehículos fabricados entre 2001 y 2010, y a 0.2 % para vehículos fabricados entre 2011 y 2019. En los tres años se observó un descenso notorio de las emisiones de HC y CO, para vehículos fabricados a partir del año 2000. Posiblemente este descenso corresponda a la inclusión de catalizadores en los vehículos que se integraron al parque vehicular, a partir del año 2000. Para la opacidad, no se observó una tendencia definida en función de la antigüedad de los vehículos. Esta información puede ser utilizada para actualizar y reducir la incertidumbre del inventario de emisiones atmosféricas de Cuenca y de otras ciudades del país.

**Palabras clave:** RTV, HC 2500 rpm, HC ralentí, CO 2500 rpm, CO ralentí, opacidad, catalizador.





## Modelo de información de tormentas en Quito (MIT-Q)

Franklin A. Beltrán  
IDD. Consultores  
iddbeltran2@cablemodem.com.ec

El Modelo de Información de Tormentas (MIT-Q) es construido para simular la distribución espacial y temporal de la precipitación en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) sobre un área de 1600 km<sup>2</sup>. El modelo reproduce la lámina de lluvia anual conocida, sumando la lámina de precipitación de eventos estocásticos individuales distribuidos espacialmente y simulados mediante un sub-modelo de celda de tormenta.

Con base en 289 pluviogramas diarios de tormentas intensas de 73 años (1916 a 1992) en la estación meteorológica M-054 Quito-Observatorio (9976222N 777988E), la máxima precipitación PRE (mm) de un evento y su tiempo de vida DT (horas), se simulan mediante las distribuciones probabilísticas Weibull y Exponencial Truncada, respectivamente. Los patrones temporales de eventos individuales presentan una conducta exponencial truncada limitada en DT con parámetro  $\lambda = \alpha/DT$ , donde  $\alpha$  es la tasa de decaimiento adimensional, igual a 21 en la estación M-054. La DT mantiene relaciones empíricas con la velocidad media radial de expansión de tormenta (K), el exponente de decaimiento radial de lámina de lluvia (n) y la velocidad del movimiento dominante de tormenta (V). Los centros de celdas se distribuyen espacialmente en el área. En cada punto, la dirección de movimiento de los centros se hace coincidir con la dirección del vector gradiente de precipitación anual.

El modelo reporta, en el punto de cobertura espacial deseado, pluviogramas virtuales a intervalos tan cortos como 5 minutos. Para reproducir la lámina media anual de lluvia se requirió 974 eventos, de los cuales solamente 176 alcanzan la estación virtual M-054 (Precipitación  $\geq 0.1$  mm). La estación real M-054 registra históricamente 181 eventos/año en promedio.

Por significancia estadística, se modela 200 años, multiplicando la lámina anual por un factor estocástico de Weibul que simula la variación multianual conocida en la estación M-054. Se extrae las máximas intensidades (mm/hora) para duraciones entre 10 minutos a 6 horas y se compara, con un criterio de error, con las intensidades oficiales de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS) en la estación meteorológicas M-054, proceso que permite calibrar los parámetros del modelo. Seguido, se compara las intensidades en otras estaciones: M-003 Izobamba (9959896N 772547E), M-024 Ñaquito (9980311N 779641E) y M-002 Tola (9974245N 792888E) para validar el MIT-Q. Se reportan mapas temáticos de intensidades máximas (mm/hora) para diferentes periodos de retorno (años), mapas de cantidad de lluvia anual (mm) y número de eventos por año.

**Palabras clave:** Modelo de Tormenta, Distribución Exponencial Truncada, Lluvias DMQ.



## **Citotoxicidad e inflamación inducidos por el material particulado (PM10) presente en el Valle de Aburrá-Colombia.**

Damariz Marín-Palma<sup>1,2\*</sup>, Jorge H. Tabares-Guevara<sup>1</sup>, Maria T. Rugeles<sup>2</sup>, Natalia Taborda<sup>1,3</sup>, Juan C. Hernandez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Infettare, Facultad de Medicina, Universidad Cooperativa de Colombia. Medellín, Colombia.

<sup>2</sup>Grupo Inmunovirología, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia.

<sup>3</sup>Grupo de Investigaciones Biomédicas Uniremington, Programa de Medicina, Facultad de Ciencias de la Salud, Corporación Universitaria Remington, Medellín, Colombia

\* damariz.marin@udea.edu.co

**Introducción:** La disminución en la calidad del aire asociado a las actividades antropogénicas es un problema de salud pública. Entre los contaminantes, el material particulado (PM) se ha asociado con efectos adversos en la salud humana, y los cuales se han asociado con la capacidad del PM10 para inducir citotoxicidad celular, estrés oxidativo y respuesta inflamatoria.

**Objetivo:** Evaluar el efecto del PM10 presente en el Valle de Aburrá-Colombia sobre la citotoxicidad y la respuesta inflamatoria empleando modelos *in vitro* e *in vivo*.

**Metodología:** Para los ensayos *in vitro*, células mononucleares de sangre periférica (CMSP) de 5 donantes sanos, fueron expuestas a dosis crecientes de PM10 (1-600 µg/mL). La citotoxicidad del PM10 fue evaluada mediante los ensayos de MTT y LDH. La producción de especies reactivas del oxígeno (ROS) fue cuantificada por citometría de flujo. La expresión de componentes del inflammasoma y la producción de citoquinas pro-inflamatorias fueron cuantificadas por qPCR y ELISA, respectivamente. Para los ensayos *in vivo*, ratones C57BL6 (7-9 semanas de edad), fueron expuestos intranasalmente al PM10. A partir del lavado broncoalveolar (BAL) se realizaron recuentos celulares y cuantificación de citoquinas pro-inflamatorias por ELISA. A partir de tejido de pulmón se realizó extracción de RNA y se cuantificó la expresión de genes inflamatorios.

**Resultados:** El PM10 disminuye significativamente la viabilidad celular a partir de 50 µg/mL. Adicionalmente, el PM10 tiene la capacidad de inducir ROS, así como incrementar significativamente la expresión génica y la producción de citoquinas pro-inflamatorias en CMSP, como la IL-1β. In vivo, el PM10 el infiltrado celular inflamatorio en pulmón, con un aumento significativo de polimorfonucleares. Además, el PM10 induce la expresión génica de diferentes genes involucrados en la respuesta inflamatoria.

**Conclusión:** La exposición al PM10 presente en el Valle de Aburrá-Colombia, afecta la viabilidad en células primarias y favorece el estrés oxidativo, mediante la inducción de ROS, lo que a su vez podría estar contribuyendo a la activación del inflammasoma NLRP3 y la subsecuente producción de IL-1β. Asimismo, observamos en el modelo *in vivo* que el PM tiene la capacidad de inducir el reclutamiento de células hacia los pulmones y mayor expresión de factores inflamatorios, lo que podría contribuir a patologías respiratorias con un componente inflamatorio, incluyendo infecciones, asma y EPOC, entre otras.

**Palabras clave:** Material particulado, inflamación, inflammasoma NLRP3, citotoxicidad celular.



## **¿Cómo reconstruir la variabilidad climática multi-decenal pasada en regiones poco monitoreadas? El caso del Ecuador continental.**

Bolívar Erazo

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS)  
bolivar.erazo@gmail.com, bolivar.erazo@aguaquito.gob.ec

Esta investigación propone un protocolo metodológico completo para reconstruir la variabilidad climática pasada en zonas con limitada información meteorológica. La temática se aborda en tres etapas, una primera, muestra la importancia de seleccionar las estaciones climáticas con estabilidad de información en el tiempo. Una segunda etapa, muestra cómo aplicar métodos de interpolación considerando la selección de parámetros. En una última etapa, se validan las salidas de interpolación para seleccionar las representaciones más realistas. La metodología pone en evidencia la importancia de ensayar varios métodos de interpolación determinísticos y geo estadísticos que considera la altura, para finalmente seleccionar los métodos que representan de forma más realista el volumen de precipitación y la distribución de la temperatura con la altura. Como resultado asociado, se obtiene una base de datos espacio-temporal confiable de las variables precipitación y temperatura, a paso de tiempo diario, en formato de datos grillados de 5km x 5km de resolución espacial para un periodo de 30 años (1985–2015). Los datos generados permitieron estudiar la variabilidad climática histórica del territorio continental de Ecuador, describir su estacionalidad, señales de cambio y variabilidad climática. La metodología desarrollada se la considera totalmente reproducible y ha sido aplicada satisfactoriamente para toda la red de estaciones del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI). Los resultados grillados generados representan la primera base datos climática completa en alta resolución para el Ecuador, esto abre un amplio abanico de oportunidades para estudiar el clima pasado de un territorio de alta complejidad climática. También, se abre la posibilidad de aplicar la metodología propuesta con redes de estaciones meteorológicas locales, cuyos resultados permitirán estudiar procesos climáticos locales.

**Palabras clave:** protocolo metodológico, interpolación, datos climáticos, pasado, zonas poco monitoreadas, precipitación, temperatura, variabilidad climática, datos grillados, alta resolución.



## **Análisis clúster como método de estudio de la simulación numérica del sedimento de ceniza volcánica**

Doménica Andrade\*, René Parra

Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles y Vía Interoceánica, Quito – Ecuador

\* dandrade3@estud.usfq.edu.ec

La actividad volcánica genera preocupación en el Ecuador, al haber varios volcanes en actividad permanente. La ceniza volcánica afecta a la salud pública, infraestructuras, cosechas, actividades agrícolas, y puede generar el cierre de tráfico aéreo. Por ello, el desarrollo, uso y validación de modelos de dispersión son prioritarias en el Ecuador. Se puede conocer el desempeño de un modelo mediante la comparación de las cantidades de ceniza registradas en estaciones de monitoreo de sedimento, con los correspondientes valores simulados. No obstante, este enfoque es aplicable a pocos eventos históricos que cuentan con esta información. Adicionalmente, el estudio de la influencia de los parámetros de modelado requiere la evaluación en diferentes periodos de tiempo, para los que no necesariamente hay registros de sedimento. Presentamos un método de agrupación de resultados del modelado de sedimento de ceniza, empleando el enfoque de clúster jerárquico, que permite agrupar las simulaciones en base a su similitud. Como casos de aplicación, usamos este enfoque a tres erupciones históricas del volcán Tungurahua (16-dic-2012; 14-jul-2013, 01-feb-2014), cuyas simulaciones se generaron con distintos tiempos de inicialización meteorológica. Mediante el software R generamos dendogramas que clasifican las simulaciones en dos grupos. Al comparar estos resultados con el coeficiente  $R^2$ , de la interpolación lineal de los registros con los valores simulados del sedimento de ceniza, se observó que los clústeres formados para el año 2013 y 2014 correspondían con determinados rangos en los valores obtenidos para el coeficiente mencionado. Para las erupciones de 2013 y 2014, los valores de  $R^2$  menores a 0.61 y 0.45 respectivamente, marcaron la separación entre los dos grupos. Los tiempos de inicialización entre 24 y 70 horas fueron los que presentaron mayores valores de  $R^2$ , y sus resultados corresponden al mismo grupo. En el caso del año 2012, se observó que las simulaciones con 46 y 58 horas fueron casi idénticas. Este enfoque de clasificación identifica resultados similares, permitiendo estudiar el efecto de los parámetros de simulación en diferentes meses y años.

**Palabras Clave:** tiempo de inicialización, similitud, dendograma, Tungurahua, Ecuador.



## **Implementación de estrategias ambientales para reducir la huella de carbono mediante un aplicativo interactivo**

Walter Pardavé Livia\*, Jahir A. Saavedra García

Universidad de Santander, Facultad de Ingenierías, Grupo Ambiental de Investigación Aplicada,  
Campus Lagos del Cacique, Bucaramanga, Colombia

\* wal.pardave@mail.udes.edu.co

Este trabajo trata sobre el desarrollo de un aplicativo apps denominado 10R, que comprende un negocio de generar aire más limpio mediante un banco de proyectos forestales que se ofrece a las personas de manera individual y para las empresas o industrias a partir de sus planes de compensación forestal.

Las personas de manera individual se registran en el aplicativo y luego deben calcular su huella de carbono (Cantidad de CO<sub>2</sub> equivalentes en toneladas/año), este método de cálculo es una propuesta del grupo de trabajo.

A modo de ejemplo, si una persona tiene una huella de carbono de carbono de 5 toneladas/año de CO<sub>2</sub> equivalente, el app le indica la cantidad de árboles que se debe sembrar para compensar su huella de carbono. En el presente ejemplo es de 12 árboles, los cuales se les da diversas opciones a través del banco de proyectos forestales con que se cuenta, dependiendo de tipo de especie, tipo de clima, altitud, zona geográfica entre otros datos.

La innovación de este apps es que las personas y las empresas encuentran no sólo como compensar su huella de carbono, sino además tienen una serie de beneficios (Listado de productos por puntos) como estímulo a su aportación real a una conservación y mejora de la calidad de aire.

A modo de conclusión, en el futuro no será suficiente con normas o regulaciones para conservar o controlar la calidad de aire, sino se tiene que dar mayores pasos como el pago voluntario para compensar su acción que afecta a la calidad ambiental y este caso de la calidad de aire, pero a la vez se debe buscar estímulos económicos para dar aliciente a estas acciones.

En el momento esta apps tiene un desarrollo tecnológico nivel TLR<sub>3</sub>, se cuenta con una base de 10 proyectos forestales con 10,200 hectáreas de potencial de siembra y conservación de árboles, que podría dar la posibilidad de compensar la huella de carbono de 1000 personas en el primer año y así avanzar empresarialmente.

**Palabras clave:** Estrategias ambientales, Calidad de aire, aplicativo interactivo apps.



## Descripción general y caracterización estacional de partículas suspendidas en la ciudad Guayaquil

Daniel Moran-Zuloaga<sup>1,2\*</sup>, Wilson Merchan-Merchan<sup>3</sup>, Rodríguez-Caballero Emilio<sup>4,5</sup>, Philip Hernick<sup>6</sup>, Julio Cáceres<sup>2</sup>, Mauricio Cornejo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Chemistry, Pharmacy and Geoscience. Johannes Gutenberg University Mainz. Saarstrasse 21, 55122 Mainz, Germany.

<sup>2</sup> Centro de investigación y Desarrollo en Nanotecnología. (ESPOL) Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

<sup>3</sup> International School of Aerospace and Mechanical Engineering. University of Oklahoma, Norman, OK 73019 USA.

<sup>4</sup> Agronomy Department, University of Almeria, Almeria, Spain.

<sup>5</sup> Research Centre for Scientific Collections from the University of Almeria (CECOUAL), 04120 Almeria, Spain.

<sup>6</sup> School of Mathematics. University of Minnesota. Minneapolis MN 55455 USA.

\*dmoran@students.uni-mainz.de

El enfoque de este trabajo es el análisis descriptivo y analítico de diferentes estudios realizados desde el 2007 hasta el 2021 acerca de: partículas totales en suspensión (TSP) y material particulado (PM) con varios diámetros aerodinámicos suspendidos en el aire de la ciudad de Guayaquil, donde las concentraciones medias anuales urbanas de TSP, PM<sub>10</sub> (PM ≤ 10 μm), PM<sub>2.5</sub> (PM ≤ 2.5 μm) y PM<sub>1</sub> (PM ≤ 1 μm) son: 32.5 μg m<sup>-3</sup>, 21.6 μg m<sup>-3</sup>, 6.8 μg m<sup>-3</sup> y 1.2 μg m<sup>-3</sup>, respectivamente. Los análisis de las trayectorias históricas del aire revelaron que la ciudad recibe una limpia brisa proveniente del Océano Pacífico, el cual actuaría como un purificador natural al trasladar los contaminantes a la parte norte de la ciudad durante ciertos periodos. Por otra parte, aunque los valores medios de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> están por debajo de los niveles permisibles; un monitoreo continuo anual, muestra picos máximos que alcanzan los límites máximos permitidos por las normas ecuatorianas; influenciados por variables meteorológicas. La microscopía electrónica de barrido reveló distintas características morfológicas y químicas que varían según el lugar de muestreo. Una caracterización de partículas seleccionadas revela una alta incidencia de agregados minerales así también como de polvo urbano y algunos rastros presumibles de combustión urbana. También se encontraron partículas probables de origen biológico en menor grado. En resumen, se encontró que las partículas suspendidas en el aire de Guayaquil están por debajo de los prescritos como peligrosos según las leyes ecuatorianas; aunque, la alta concentración de partículas de polvo provenientes de carreteras y autopistas tiende a aumentar, es posible que esta tendencia cambie.

**Palabras clave:** Contaminación urbana, HYSPLIT, SEM-EDS, Guayaquil.





## **Cuantificación de las emisiones de gases criterio según la cuenta económica-ambiental del Ecuador a partir de fuentes fijas, móviles y de área durante el período 2000-2018.**

Daniela Muela<sup>1</sup>, Gabriel Yépez<sup>1</sup>, David Morejón<sup>1</sup>, Fausto Viteri<sup>\*, 1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidad UTE, Quito, Ecuador

<sup>2</sup>Grupo de Protección Ambiental, Quito, Ecuador.

\*faustor.viteri@ute.edu.ec

La contaminación proveniente de las emisiones de gases tipo criterio, forman parte de los flujos de residuos generados por actividades económicas de diferentes sectores de la economía (hogares, gobierno e industrias), vinculándose a fuentes fijas, móviles y de área. Así, es importante la identificación de los sectores económicos y su contabilización, para ello se utiliza la Cuenta Económica Ambiental de Emisiones al Aire, que permite identificar el aporte de las emisiones atmosféricas provenientes de los actores económicos. Los gases cuantificados fueron: CO, NO<sub>x</sub>, COV's, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, COT, y NH<sub>3</sub> en el período 2000-2018 en disolventes y 2008-2018 en las demás fuentes. Se utilizaron factores de emisión nacionales como del Distrito Federal de México ya que las condiciones geográficas se asemejan a Ecuador y la autoridad ambiental nacional aprobó su uso. Para las fuentes fijas, se utilizó la fórmula:  $E = \sum (C_{ij} \times FE)$  para obtener las emisiones contaminantes. Con respecto a las fuentes móviles, se ha clasificado el parque automotor según el Instituto Nacional de Estadística y Censos y se utilizó la ecuación  $KRP = \sum (PAM \times KRPA)$  para el kilometraje recorrido, y  $EC = \sum (KRP \times FC)$  para las emisiones de contaminantes. Dentro de las fuentes de área, se consideraron los disolventes y el tráfico aéreo. Para disolventes, se utilizó la fórmula:  $E = \sum \text{Población} * (FE) / 1000$ . Para el tráfico aéreo se utilizó el ciclo de despegues y aterrizajes (LTO) con sus factores de emisión. Se aplicó la fórmula:  $E = \sum \text{Aircraft Types} \times FE$  (contaminante, tipo de aeronave).

En las fuentes fijas, las industrias ocuparon 99% del total de las emisiones de contaminante, seguido por el sector hogar. El gas con mayor emisión es SO<sub>2</sub> ocupando un 78% con 1.088.462 toneladas. Dentro del sector industrial, las centrales eléctricas aportaron un 60%. A partir del año 2014 las emisiones de fuentes fijas empezaron a disminuir con el tiempo. En las fuentes móviles, los vehículos particulares (hogares) aportan con más del 80% de las emisiones. El gas con mayor emisión fue el CO ocupando 77% del total con 6.010.325 toneladas. Las emisiones presentan disminución a lo largo del período contabilizado. En las fuentes de área, las mayores emisiones provienen del tráfico aéreo con un 90,53%. Los NO<sub>x</sub> son los gases de mayor emisión con un 54.52%, con 10.286.021 toneladas. Se evidencia que las emisiones de los disolventes incrementan junto con el crecimiento poblacional. Los resultados obtenidos proporcionan una referencia para la toma de decisiones en cuanto a la contaminación del aire.

**Palabras Clave:** Gases criterio, emisiones, automotor, aéreo, industrias, gobierno, hogares, cuenta económica.



## **Mediciones de BTEX a nivel de calle en Quito: calibraciones, resultados preliminares y lecciones para una futura campaña de medición**

Edgar Herrera\*, Diego Sandoval, María del Carmen Cazorla  
Universidad San Francisco de Quito, Instituto de Investigaciones Atmosféricas  
\*eherrera@usfq.edu.ec

Las campañas de medición son esenciales para monitorear los niveles de contaminantes que afectan la calidad del aire, así como para comprender los mecanismos que influyen en la formación y transporte de los contaminantes atmosféricos. En el presente caso, nuestra meta es obtener concentraciones de BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) en tiempo cuasi real a nivel de calle en Quito en un mes de verano (agosto o septiembre) y bajo condiciones reales de tráfico y de exposición de contaminantes. Para esto, el instrumento seleccionado por su portabilidad y fácil manejo es el cromatógrafo de gases Frog 5000 de Defiant Technologies, el mismo que fue adquirido con dicho propósito por la Estación de Mediciones Atmosféricas (EMA) de la USFQ. En este trabajo se expondrán la metodología de calibración del instrumento y resultados preliminares de mediciones realizadas a nivel de la calle en julio de 2021. En primer lugar, se procedió con la calibración del instrumento realizando mezclas estándar con un cilindro de BTEX de concentración certificada y aire sintético comprimido. La banca de flujo para la producción controlada y continua de las mezclas estándar fue desarrollada en la EMA USFQ, utilizando controladores de flujo másicos actuados, fitting y tubería apropiadas. El software fue desarrollado en la EMA con una tarjeta de adquisición de datos National Instruments y el programa LabVIEW. La mezcla certificada de BTEX fue adquirida a la compañía Linde y contiene 1.3 ppm de benceno y 1 ppm del resto de compuestos. Con la banca de flujo se realizaron diluciones utilizando aire sintético entre 0 y 104 ppbv de benceno y hasta 80 ppbv del resto de compuestos. Para encerrar el instrumento, se utilizó aire sintético, comprobando que el cromatógrafo no produjera picos. Las mezclas estándar se produjeron realizando un cálculo de balance de masa. Se produjo la curva de calibración correlacionando la concentración de cada mezcla estándar con el área del pico correspondiente en el cromatograma del instrumento Frog 5000, obteniendo una ecuación lineal para cada componente BTEX. La prueba de campo se realizó el día martes 6 de julio en los exteriores de la entrada principal de la USFQ, en la calle Diego de Robles (0.197° S, 78.437° O), a 5 m del borde de la acera y a 2 m del nivel del suelo, desde las 7:15 hasta las 15:00. Se realizaron medidas aproximadamente cada diez minutos y se detectó tolueno, etilbenceno, p/m-xileno y o-xileno con máximos a medio día de 17.9, 2.6, 9.3 y 14.8 ppbv, respectivamente. En esta presentación, se explicará el funcionamiento del instrumento y los procedimientos realizados para asegurar la calidad de los datos. Asimismo, se discutirán los resultados observados durante la prueba de campo y se presentarán las lecciones aprendidas, a fin de ejecutar correctamente una campaña de mediciones continua próximamente. Esta campaña arrojaría datos cuantitativos actualizados de los niveles de BTEX urbanos, que además son relevantes para posteriores simulaciones de calidad del aire y son de interés para la salud pública puesto que, según la clasificación del IARC, el benceno (Grupo 1) es cancerígeno para el ser humano mientras que etilbenceno (Grupo 2B) es posiblemente cancerígeno.

**Palabras clave:** BTEX, cromatografía de gases, Frog 5000, Quito, USFQ.





## **AGRADECIMIENTOS**

El CAMCA 2021 ha sido posible gracias a:

### **Conferencistas Invitados**

Elizabeth Asher  
Néstor Rojas  
Julieta Juncosa Calahorrano

### **USFQ**

#### **Cancillería y Rectorado**

Diego Quiroga  
Andrea Encalada  
Santiago Gangotena  
Carlos Montúfar

#### **Decanato de Investigación**

César Zambrano

#### **IIA USFQ**

#### **Comité Organizador**

María del Carmen Cazorla  
René Parra  
Edgar Herrera

#### **Colegio de Ingeniería y Departamento de Ing. Ambiental**

Eduardo Alba  
Valeria Ochoa  
Gisela Sánchez  
Carolina Proaño

#### **Colegio de Ciencias de la Salud**

Michelle Grunauer

#### **Página web CAMCA 2021**

Gabriela Vaca  
Jaime Páez

#### **Además**

Andrés Anrrango (Diseño)  
Marjorie Acosta (Finanzas)  
Johanna Guano (TI)  
Pablo Morales (TI)  
Ricardo Suntaxi (TI)  
Diego Sandoval (IEE)