

# EFFECTO DE LOS CHAQUEOS EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AEROSOL A 5380 msnm

Isabel Moreno<sup>1</sup>, M. Andrade<sup>1</sup>, L. Ticona<sup>1</sup>, F. Velarde<sup>1</sup>, L. Blacutt<sup>1</sup>, R. Forno<sup>1</sup>, R. Gutiérrez<sup>1</sup>, F. Ávila<sup>1</sup> y consorcio internacional GAW Chacaltaya<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Física de la Atmósfera, Instituto de Investigaciones Físicas, UMSA, Bolivia

<sup>2</sup> Institut de Géosciences de l'Environnement (IGE), Francia

<sup>3</sup> Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Francia

<sup>4</sup> Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA - CSIC), España

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los aerosoles (material particulado o PM) son pequeñas partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire. Actúan como importantes forzantes del clima y son considerados variables climáticas esenciales (WMO, 2022). Su impacto en el clima global está en el rango de  $-2.0$  a  $-0.6$  W  $m^{-2}$  (IPCC, 2021) y se caracteriza por una alta heterogeneidad espacial y temporal del forzamiento radiativo efectivo (IPCC, 2021).

La composición química de los aerosoles es indispensable, entre otras cosas, para identificar fuentes emisoras. En Sudamérica existen datos en zonas urbanas y rurales, pero muy pocos en estaciones de altura. La medición en sitios de gran altura permite capturar el transporte de largo alcance y así caracterizar el comportamiento regional de las fuentes.

En este estudio se caracterizó el aerosol troposférico en nuestra región tropical durante 9 años en la estación GAW de Chacaltaya con el fin de (1) Identificar fuentes de emisión y (2) Comprender la estacionalidad de las mismas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Entre diciembre 2011 y marzo 2020 se tomaron 223 muestras (de entre 3 y 10 días de muestreo continuo) y 67 blancos de material particulado ( $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ ) en filtros de cuarzo en la cumbre de la estación GAW de Chacaltaya (lat.  $-16.346950^\circ$ , lon.  $-68.128250^\circ$ , 5380 msnm). Se empleó un muestreador de alto volumen con una entrada de aire DIGITEL HVS DPM10/30/00 acoplado a una bomba de vacío regulada para trabajar a  $30 \pm 6$   $m^3 \cdot h^{-1}$  en condiciones ambiente (534 hPa).

Los filtros se analizaron en el Instituto de Geociencias del Medio Ambiente (IGE, Francia) para determinar material carbonáceo, y en la fracción soluble, iones y azúcares (fig.1). Las concentraciones obtenidas se transformaron a condiciones estándar (STP,  $0^\circ C$  y 1013 hPa) para el reporte.

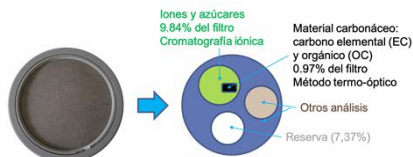


Figura 1. Esquema del análisis del material particulado

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En base a un excepcional juego de datos de varios años, se observó que la temporada de chaqueos en la región (quema de vegetación, acompañada de volatilización de agroquímicos) tiene un impacto muy marcado en la composición química del aerosol a gran altura (5380 m s.n.m.) entre los meses julio y septiembre.
- Nuestras observaciones contrastan con el estudio realizado hace cuatro décadas (en base a composición elemental del aerosol) en el mismo lugar cuando la quema de vegetación no afectaba significativamente la estacionalidad de los aerosoles (Van Espen & Adams, 1983)
- La estación GAW de Chacaltaya permite el monitoreo y documentación del aerosol a una escala no sólo local sino regional, y esto es importante dado el cambio acelerado en el uso de suelos (en región Amazónica y Chaqueña).
- Este estudio permite sentar las bases para tomas de decisiones nacionales en favor de la calidad de aire (la calidad se degrada por los chaqueos) y definir legislación internacional sobre contaminación transfronteriza del aire.

## BIBLIOGRAFÍA

Chauvigné A., Aliaga, D., Sellegri, K., Montoux, N., Krejci, R., Močnik, G., Moreno, I., Müller, T., Pandolfi, M., Velarde, F., Weinhold, K., Ginot, P., Wiedensohler, A., Andrade, M., and Laj, P.: Biomass burning and urban emission impacts in the Andes Cordillera region based on in situ measurements from the Chacaltaya observatory, Bolivia (5240 ma.s.l.), Atmos. Chem. Phys., 19, 14805–14824, <https://doi.org/10/gf5cdg>, 2019.

IPCC AR6 - Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Groups I and II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 817–922, 2021.

Van Espen, P. & Adams, F.: The application of principal component and factor analysis procedures to data for element concentrations in aerosols from a remote region, Analytica Chimica Acta, 150, 153–161, <https://doi.org/10/bsdrq2>, 1983.

Wiedensohler, A., Andrade, M., Weinhold, K., Müller, T., Birmili, W., Velarde, F., Moreno, I., Forno, R., Sanchez, M. F., Laj, P., Ginot, P., Whiteman, D. N., Krejci, R., Sellegri, K., and Reichler, T.: Black carbon emission and transport mechanisms to the free troposphere at the La Paz/El Alto (Bolivia) metropolitan area based on the Day of Census (2012), Atmospheric Environment, 194, 158–169, <https://doi.org/10/gfm363>, 2018.

WMO: The 2022 GCOS ECVs Requirements, World Meteorological Organization, 2022.

## RESULTADOS



Figura 2. Vista desde el Altiplano de Chacaltaya en época seca. La estrella marca el lugar de la toma de muestras.

Chacaltaya (fig. 2) recibe emisiones de fuentes naturales y antropogénicas durante todo el año tanto de corto (ej. de la zona urbana de La Paz y El Alto, Wiedensohler et. al 2018) como de largo alcance (ej. de los Yungas y la Amazonía, Chauvigné et al. 2019).

Fueron 11 las especies influenciadas claramente por los chaqueos (quema de biomasa y volatilización de agroquímicos): los azúcares anhidros levoglucosan, mannosan, galactosan; los iones nitrato, potasio, formiato, oxalato, flúor, cloro y bromo, y el material carbonáceo denominado carbono elemental y orgánico.

En la figura 3 presentamos la estacionalidad observada del levoglucosan, junto con sus estereoisómeros mannosan y galactosan, que son marcadores inequívocos de quema de vegetación. Las concentraciones agrupadas de levoglucosan, mannosan y galactosan septuplican ( $34.1$   $ng\ m^{-3}$  STP) su promedio anual ( $4.6$   $ng\ m^{-3}$ ) entre julio y septiembre (fondo rojo en fig.3), coincidentes con la época de chaqueos a nivel regional. Sin embargo, junio (sin tomar en cuenta San Juan), octubre y noviembre son meses en los que también se supera el promedio anual por las prácticas agrícolas de quema y deforestación.

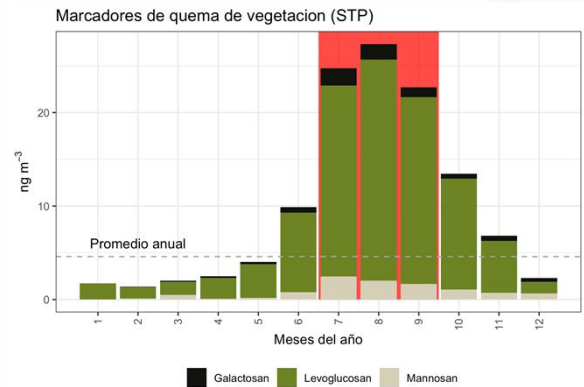


Figura 3. Distribución a lo largo de los meses de las concentraciones medias de levoglucosan y sus estereoisómeros (en STP), en el material particulado ( $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  agrupados) de Chacaltaya. Corresponde a siete años de datos: 2012 a 2019

Por otra parte, siguiendo la misma estacionalidad, la suma de las concentraciones de los iones anteriormente mencionados duplican su promedio anual ( $323$  vs.  $184$   $ng\ m^{-3}$  STP), al igual que el total de material carbonáceo ( $1.37$  vs  $0.68$   $\mu g\ m^{-3}$  STP). Esto se debe al transporte regional de humo ( $K^+$ ,  $Cl^-$ , oxalato, formiato,  $NO_3^-$ , EC, OC), emisiones relacionadas a la agroindustria (Br, F) y procesos secundarios de formación y envejecimiento de aerosoles (OC,  $NO_3^-$ , oxalato, formiato).

## AGRADECIMIENTOS

- A todo el personal del Instituto de Investigaciones Físicas de la Universidad Mayor de San Andrés que hace posible el funcionamiento de la estación GAW Chacaltaya
- A la representación en La Paz del Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) por el apoyo logístico a lo largo de los años

## REFERENCIAS Y CONTACTO

Laboratorio de Física de la Atmósfera, Instituto de Investigaciones Físicas, Campus de Cota Cota - UMSA, Tel. 2799155  
[www.atmosfera.umsa.bo](http://www.atmosfera.umsa.bo)  
[www.chacaltaya.edu.bo](http://www.chacaltaya.edu.bo)