

EGU2020 – session AS3.23

Combining air quality network data and chemistry-transport modeling for the attribution of extreme pollution events: a case study of Santiago, Chile

Rémy Lapere, Laurent Menut, Sylvain Mailler, Nicolás Huneus*

*remy.lapere@lmd.polytechnique.fr



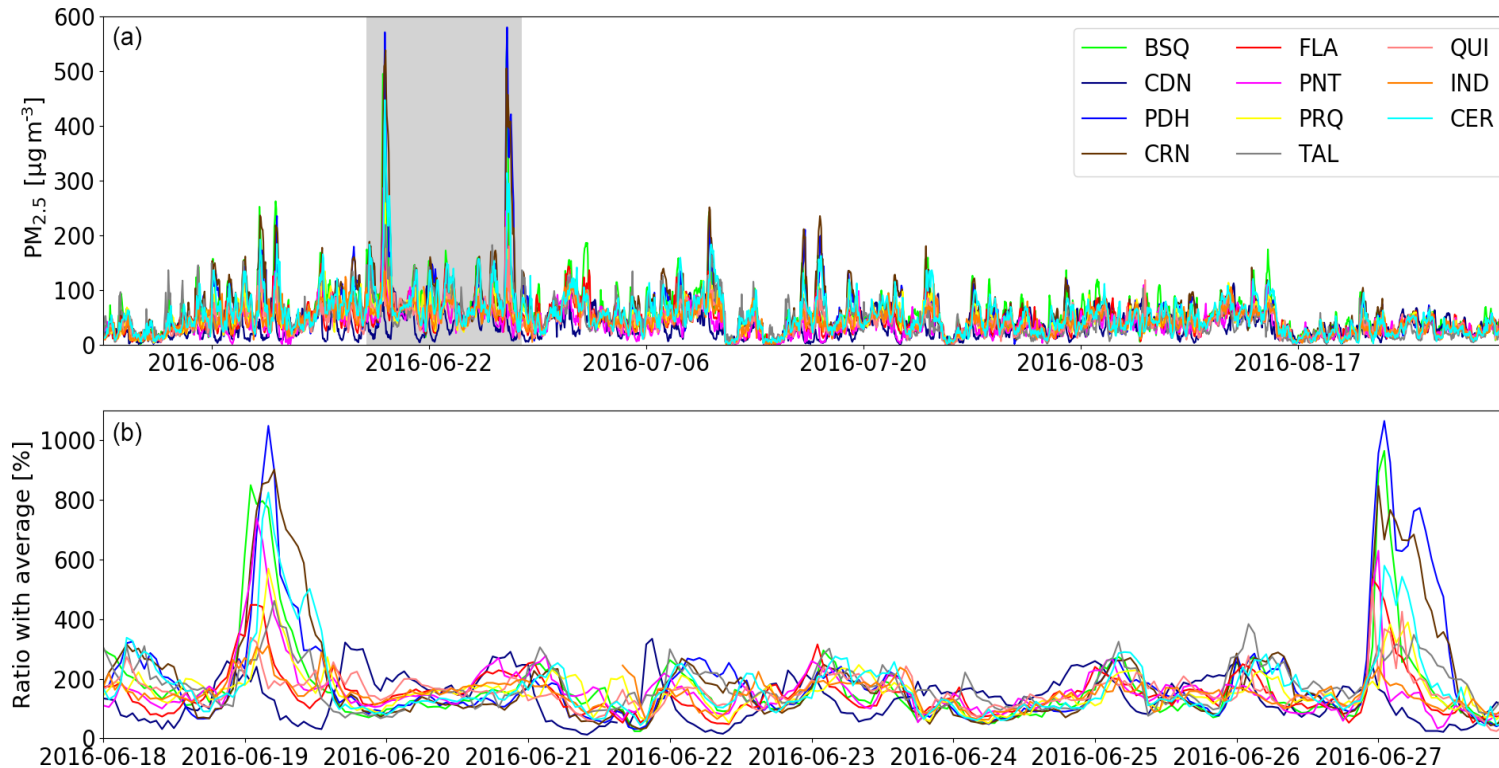
INSTITUT
POLYTECHNIQUE
DE PARIS

(CR)²

Center for Climate
and Resilience Research

Context: 2 extreme PM_{2.5} events in June 2016

Fig. 1: Time series of hourly PM_{2.5} concentrations in Santiago. July-August 2016. Extracted from [1]

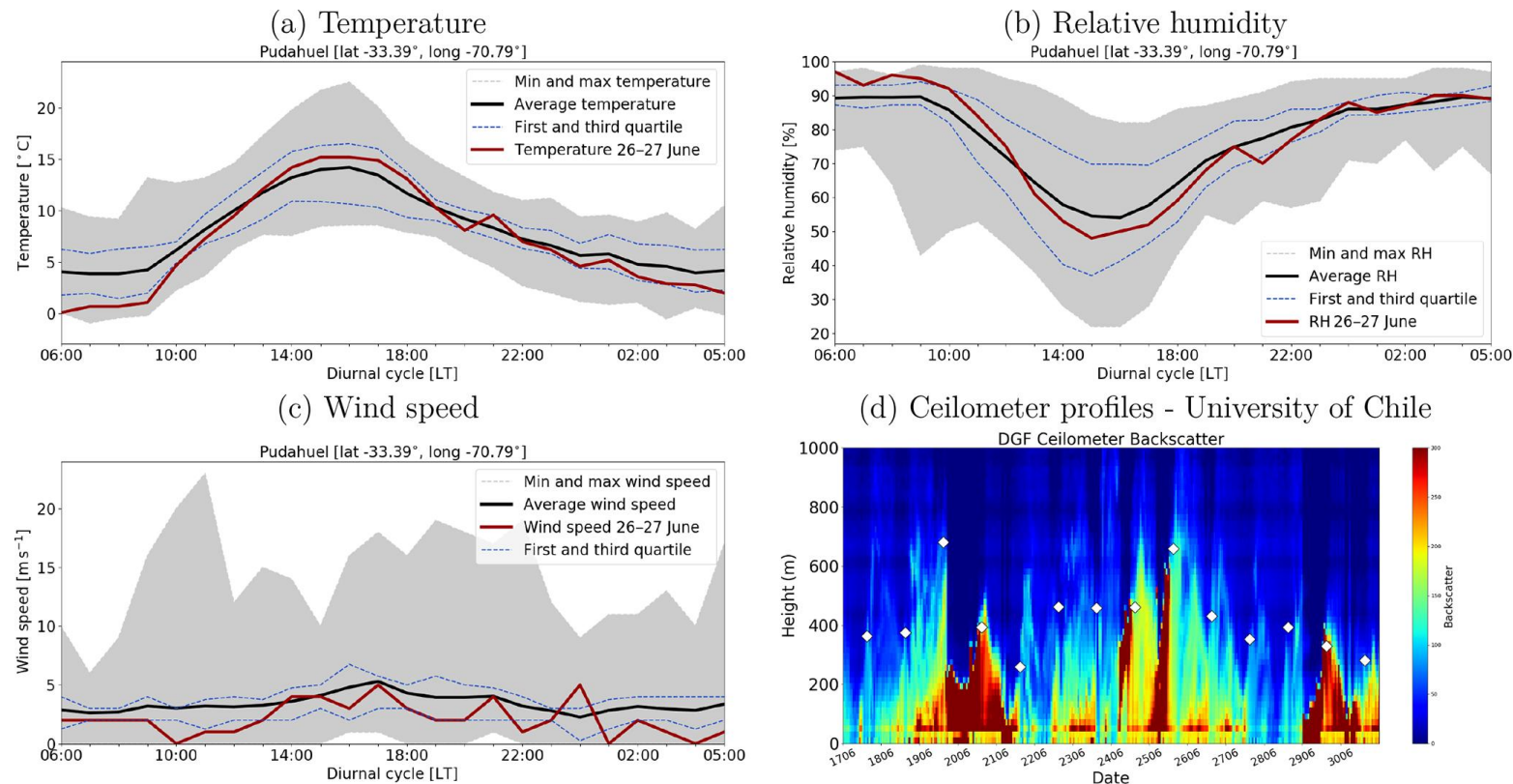


- All-time record-breaking peaks of PM_{2.5} were observed in Santiago, Chile in June 2016. Hourly concentrations reached up to **600 $\mu\text{g m}^{-3}$** in some parts of the metropolitan area - Fig. 1a
- Such concentrations are exceptional for the season and up to **10 times higher** than the **monthly average** - Fig. 1b
- Although the 2 episodes are **short-lived** with only a **few hours** before going back to more usual levels, they are **generalized** throughout the basin with **8 air quality stations out of 11** showing a very clear signal on both dates - Fig. 1

Question: what is the origin of these peaks?

June 2016: meteorology

Fig. 2: Meteorological conditions on peak days compared to the whole month. Extracted from [1]



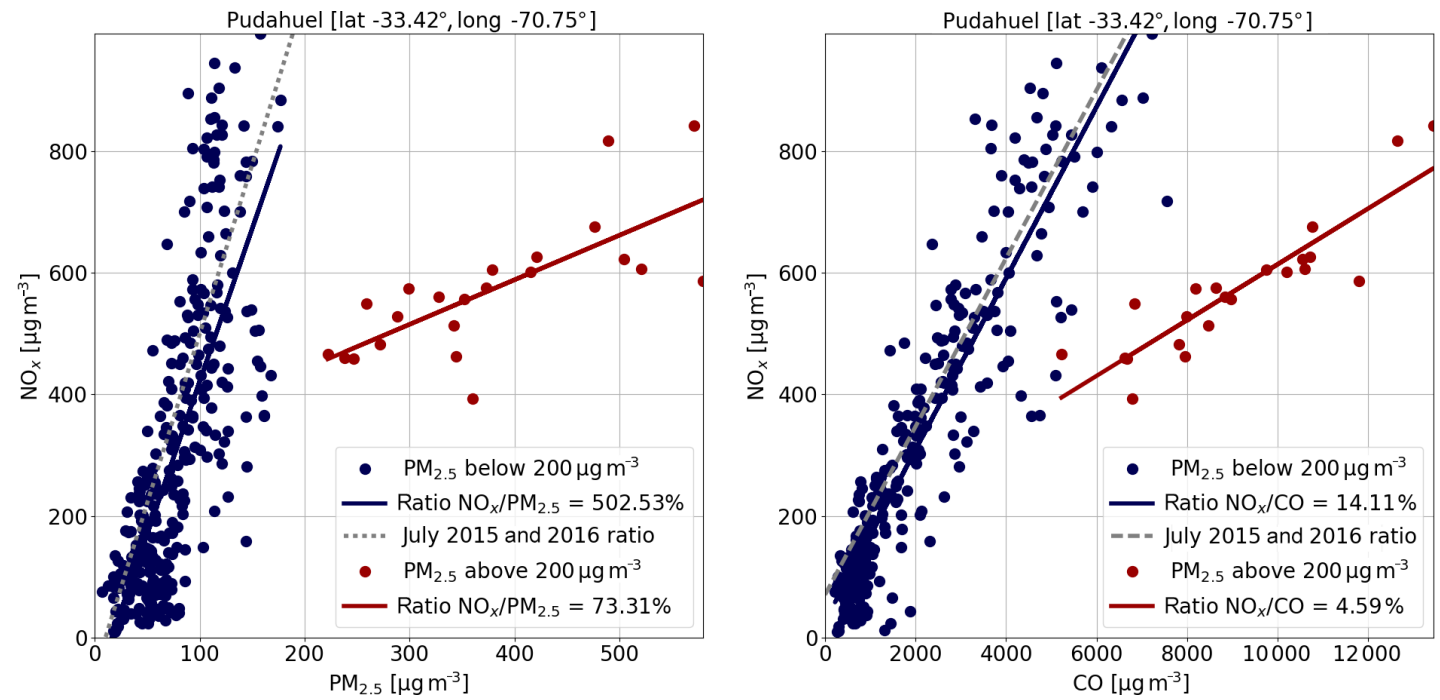
Although a **natural explanation** could come from extreme **weather conditions** (stable inversion, no ventilation, extremely cold temperatures...) we show that while favorable, conditions are not exceptional:

- Temperature, RH and wind speed are not singular on June 26-27, ranging within the 1st and 3rd quartiles for the month.
- The boundary layer is not shallower than on other days, while no peak was observed on these other days

A meteorological origin can be ruled out (long-range transport a well)

A local source with a distinctive footprint

Fig. 3: Observed NO_x/PM_{2.5} and NO_x/CO concentration ratios. Station Pudahuel JJ 2016. Extracted from [1]



Tab. 1: EDGAR-HTAP emission ratios at Santiago grid point.

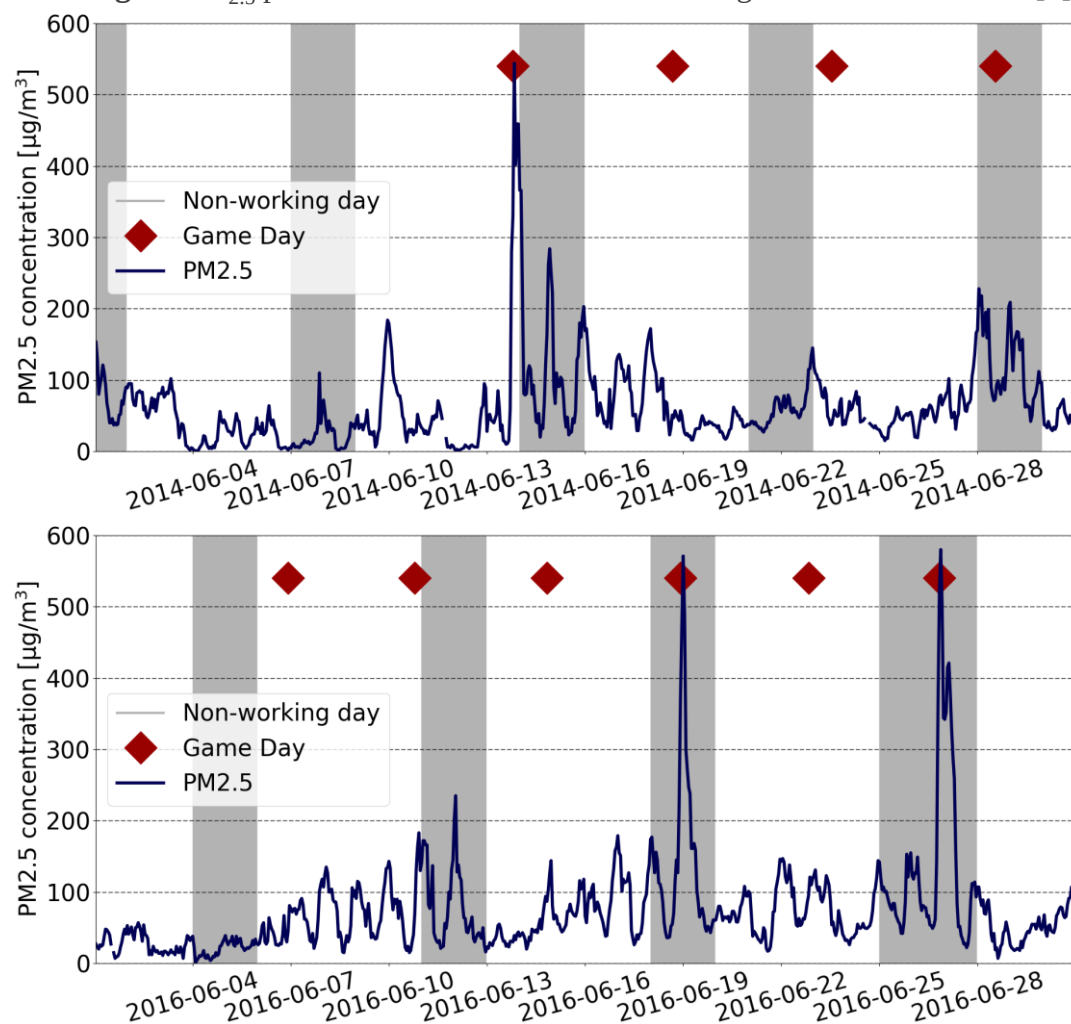
	NO _x /PM _{2.5}	NO _x /CO
Traffic	1750%	7.5%
Residential	200%	19%
Industry	186%	20%
Observed	73%	4.6%

- Concentration **ratios of PM2.5, NO_x and CO greatly differ** between usual conditions (blue dots) and peak event conditions (red dots). Two different regimes clearly appear.
- The usual mix of wintertime PM sources in Santiago is composed of traffic, industry and wood burning for residential heating - 78% of all emissions on average [2]. According to Fig. 3 and Tab. 1, **no combination of these 3 usual sources only can account for observed ratios.**

An unusual source, associated with strong emissions, is at play

A pattern correlated with soccer games

Fig. 4: PM_{2.5} peak events coincidence with soccer games. Extracted from [1]



- The coincidence of 2014 and 2016 peak events with the kickoff of soccer games of the national Chilean team held on the eve of nonworking days points towards what is referred to in the Chilean press as the “game effect”
- Local authorities in Santiago noticed this correlation in 2016, but no evidence was provided regarding the dominant underlying source of this phenomenon

Intendencia tendrá en cuenta "efecto partido" para las próximas preemergencias

Claudio Orrego aseguró que los días en que juega la selección chilena de fútbol se registra un evidente aumento de la mala calidad del aire, debido a que muchos ciudadanos celebran con asados.

20 de Junio de 2016 | 09:33 | Emol



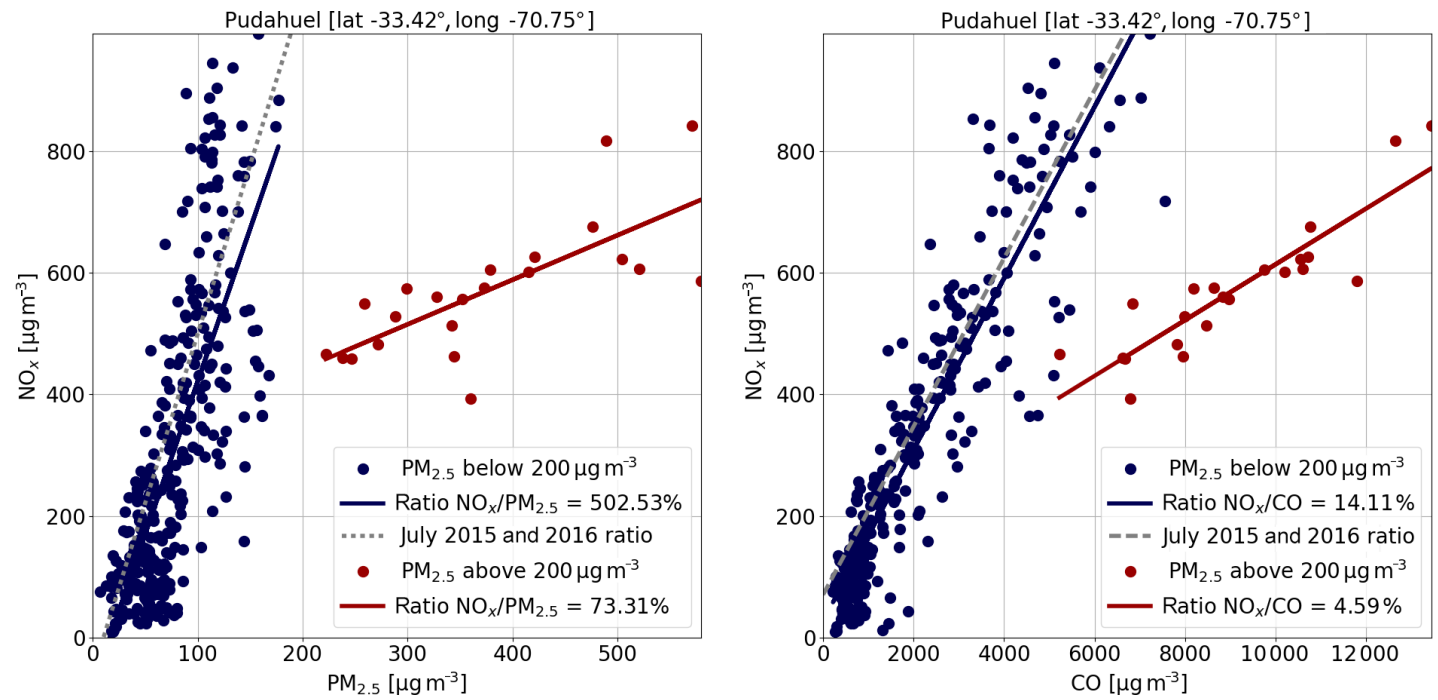
¿Asados? Mira los partidos de Chile que coincidieron con niveles críticos de contaminación

El subsecretario de Medio Ambiente, Marcelo Mena, publicó un listado de nueve encuentros que la selección ha disputado desde 2014 en que, al día siguiente, se registró un empeoramiento de la calidad del aire.

20 de Junio de 2016 | 13:39

Game effect = barbecue effect

Fig. 3: Observed NO_x/PM_{2.5} and NO_x/CO concentration ratios. Station Pudahuel JJ 2016. Extracted from [1]



Tab. 1: EDGAR-HTAP emission ratios at Santiago grid point.

	NO _x /PM _{2.5}	NO _x /CO
Traffic	1750%	7.5%
Residential	200%	19%
Industry	186%	20%
Barbecue [3],[4]	41-62%	1.4-2.4%
Observed	73%	4.6%

Considering **barbecues** (or *asados*) allows to find the missing link:

- Observed concentration ratios are close to emission ratios measured in laboratory for barbecues [3],[4]
- Based on these numbers, barbecues account for about **96% of the signal** at Pudahuel (western Santiago)
- But, one can arguably doubt that barbecue cooking actually represents a source strong enough to generate such a signal though

What does chemistry-transport modeling have to say about it?

What WRF-CHIMERE says

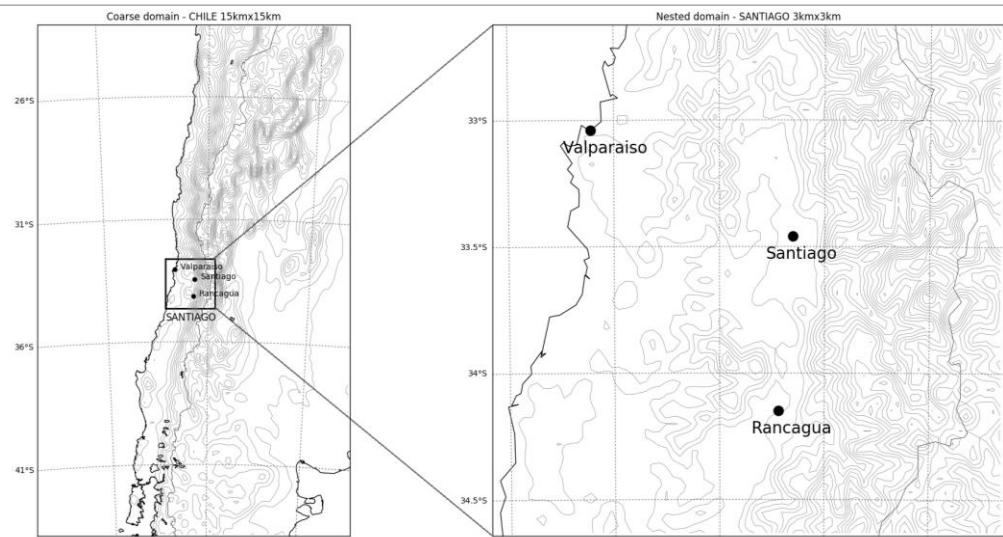
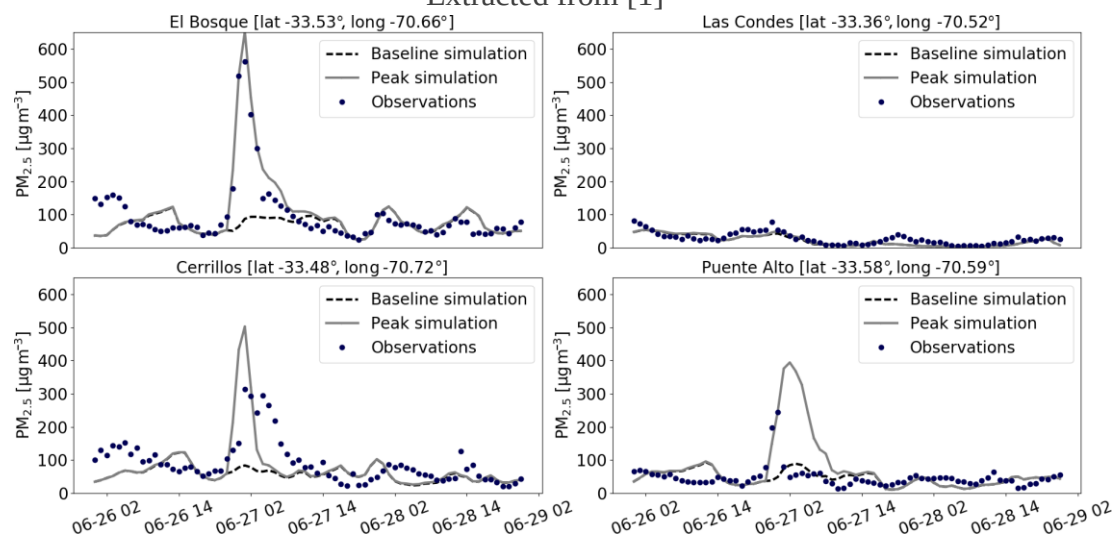


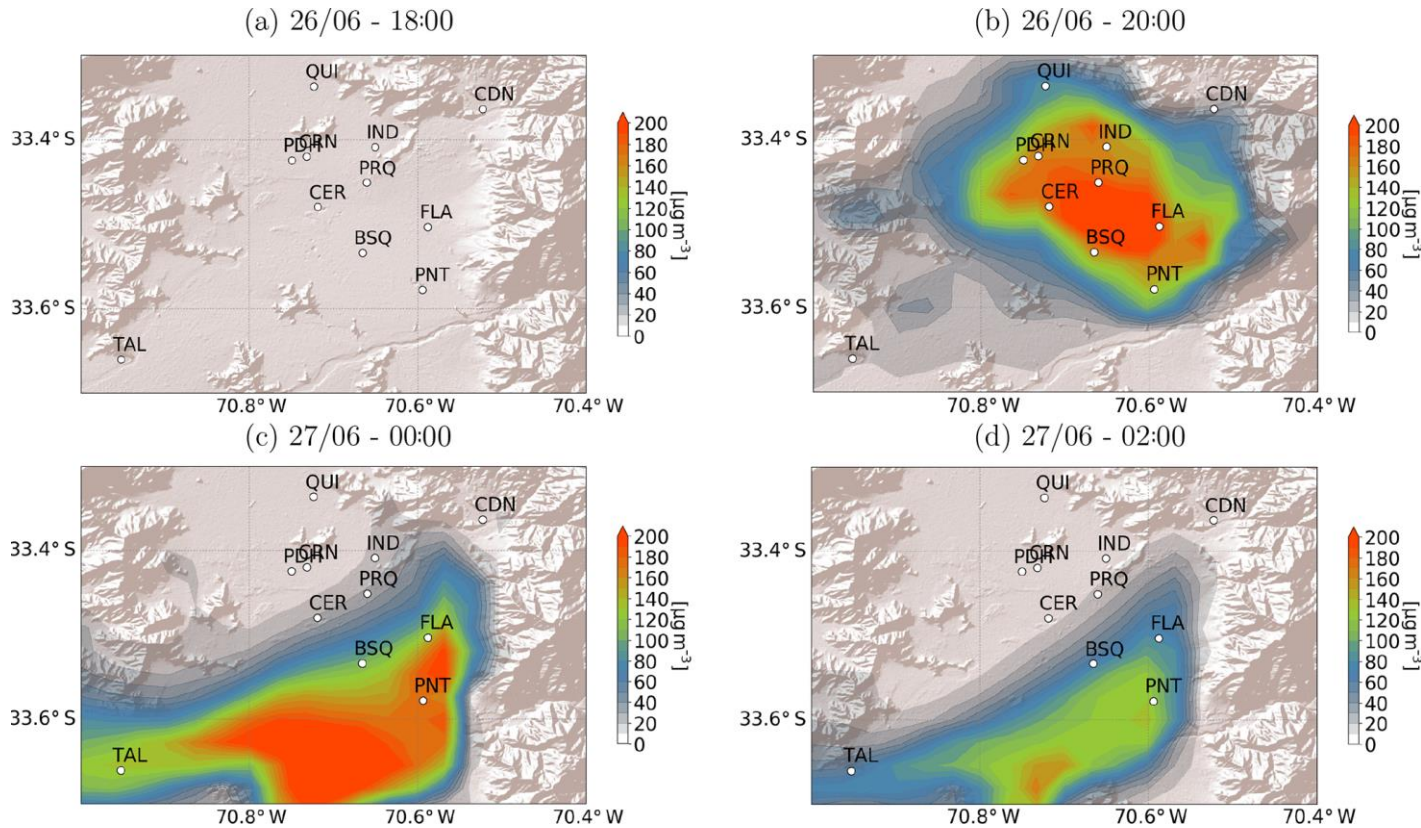
Fig. 5: Top: simulation domains. Bottom: peak reproduction with WRF-CHIMERE. Extracted from [1]



- A 3km resolution WRF-CHIMERE simulation is performed, using EDGAR-HTAP emissions inventory first (black dashed line). **No peak is generated** despite a good magnitude of concentrations on non-peak days and a good reproduction of meteorology. **Again, usual sources and meteorology are ruled out** as origins.
- A survey was conducted in 2016 [5] showing that 29% of Santiaguinos would cook a barbecue on June 26 during the game. As a result, around **100,000 fires** must have been lit i.e. an additional **2ton/h of PM_{2.5}** for the area. Once plugged into CHIMERE, this bottom-up estimate allows to **recover the magnitude and shape of observed peaks**.
- Additional **evidence that barbecues play the major role** is thus obtained with this simulation. The evacuation pattern for these events is also of interest.

Evacuation of the plume

Fig. 6: Simulated additional PM plume on 27 June. Extracted from [1]



- On both dates, the **south and southwest areas** adjacent to Santiago are affected by the evacuation of the plume, which is consistent with **mountain-valley circulation**.
- However, these are only two events, other dispersion patterns are possible. Under other circulation conditions (i) the proximity of the **Andean cryosphere**, and the effects of black carbon deposition on it can be of importance (ii) the effects of deposition of pollutants on **crop yields** are not well known yet but can be a threat.

Conclusion

EL MERCURIO
JUEVES 6 DE JUNIO DE 2019

NACIONAL

C7

Investigador francés Rémy Lapere advierte sobre posibles episodios críticos luego de los partidos de la Roja en Brasil

“Efecto asado” enciende antesala de la Copa América: alertan por impacto en la contaminación

Estudio afirma que el rito parrillero para acompañar los partidos de Chile detonó los *peaks* de suciedad del aire durante la edición de 2016: el 7-0 a México y la final con Argentina.

PATRICIO MIRANDA HUMERES

A las 19:00 horas, la selección chilena se mide con su par de Haití en La Serena, en su último amistoso previo a la Copa América 2019.

El torneo, que comienza el 14 de junio, coincide una vez más con un período en que la mala calidad del aire se configura como parte del paisaje capitalino. Sin ir más lejos, el encuentro de hoy se enmarca en una semana que partió con pronóstico de preemergencia y continuó con alerta medioambiental en Santiago.

Pero los ojos del investigador

francés Rémy Lapere están más puestos en el partido que Chile disputará ante Ecuador, el sábado 21 de junio: “Mi apuesta es que si las condiciones meteorológicas se dan, habrá un *peak* en la contaminación”.

El miembro del Laboratorio de Meteorología Dinámica de París desarrolló una tesis de doctorado—aún en revisión— que podría respaldar los llamados que autoridades—como el entonces subsecretario de Medio Ambiente, Marcelo Mena, y el otrora intendente metropolitano, Claudio Orrego—hicieron para hacer asados durante los partidos de Chile en la Copa América Centenario 2016 y otros torneos, debido a la pésima

calidad del aire en la RM. En la investigación también participó el chileno Nicolás Huneeus, del Centro del Clima y la Resiliencia (CR)2 de la U. de Chile.

El francés asegura que están “convencidos de tener prueba científica” de que los asados fueron el factor preponderante para que en el 7-0 a México y la final con Argentina, y los días posteriores a ambos partidos de la Copa América Centenario, se decretaran preemergencias y emergencias ambientales.

Según Lapere, fenómenos similares ocurrieron durante el torneo de 2015 y el Mundial de 2014.

Huneeus explica que la causa “tenía que ser un evento aco-

tado en el tiempo y de emisiones muy intensas”, ya que en las horas de los partidos “se producía un aumento muy fuerte en un lapso de dos horas, que pasaba de 100 microgramos de material particulado a 400 o 500 por metro cúbico”.

Lapere plantea que en los meses de junio de 2014, 2015 y 2016, la estación de medición de Pudahuel registró 8 episodios con alta concentración de material particulado. Cinco de ellos durante encuentros de la Roja y los otros tres en días siguientes.

Además, todos los *peaks* de más de 400 fueron a la misma hora de los partidos que se disputaron en jornadas previas a feriados o días inhábiles. En esa misma línea, señala que en los años en que Chile no participó de

grandes campeonatos, en los meses de junio no se registraron concentraciones tan altas de material particulado.

Jorge Canals, seremi metropolitano de Medio Ambiente de la época, señala que el estudio “vienen a confirmar algo que ya habíamos constatado empíricamente” con Mena y Orrego. Así, plantea que los asados se transformaron en “otro factor más que es posible predecir y prevenir”.

El actual seremi metropolitano de M. Ambiente, Diego Riveaux, afirma que “los asados son un factor más” y advierte que hay “factores principales que son permanentes, como la leña, las industrias y el transporte”. Pese a ello, no descarta una revisión al plan de descontaminación y que se pueda hacer “un análisis, en el mediano plazo, de la utilización de combustibles fósiles para cocinar de uso comercial, no residencial”.

“Las condiciones meteorológicas eran casi las mismas en los meses de junio, pero solo en estos días (de partidos) hubo estos *peaks*”.

RÉMY LAPERE
INVESTIGADOR

“Pequeñas acciones contribuyen al deterioro de la calidad del aire; por eso tenemos que hacer mayores esfuerzos para cuidar la salud de las personas”.

MARCELO MENA
EXINTENDENTE DE
MEDIO AMBIENTE

Preemergencia.
Así lució Santiago luego de la final de la Copa América Centenario.

- Policy design needs also consider **sporadic acute events** induced by specific sources that have **significant impacts** on health and economy, not only locally
- In this respect, a **simple methodology** was built to trace back the cause of 2016 pollution events in Santiago, showing that **barbecue emissions** play a major role
- Such a methodology can be **transposed to other places** and benefit policy design more widely
- The raised awareness - see newspaper excerpt on the left - led to the **absence of peak during the 2019 Copa America**



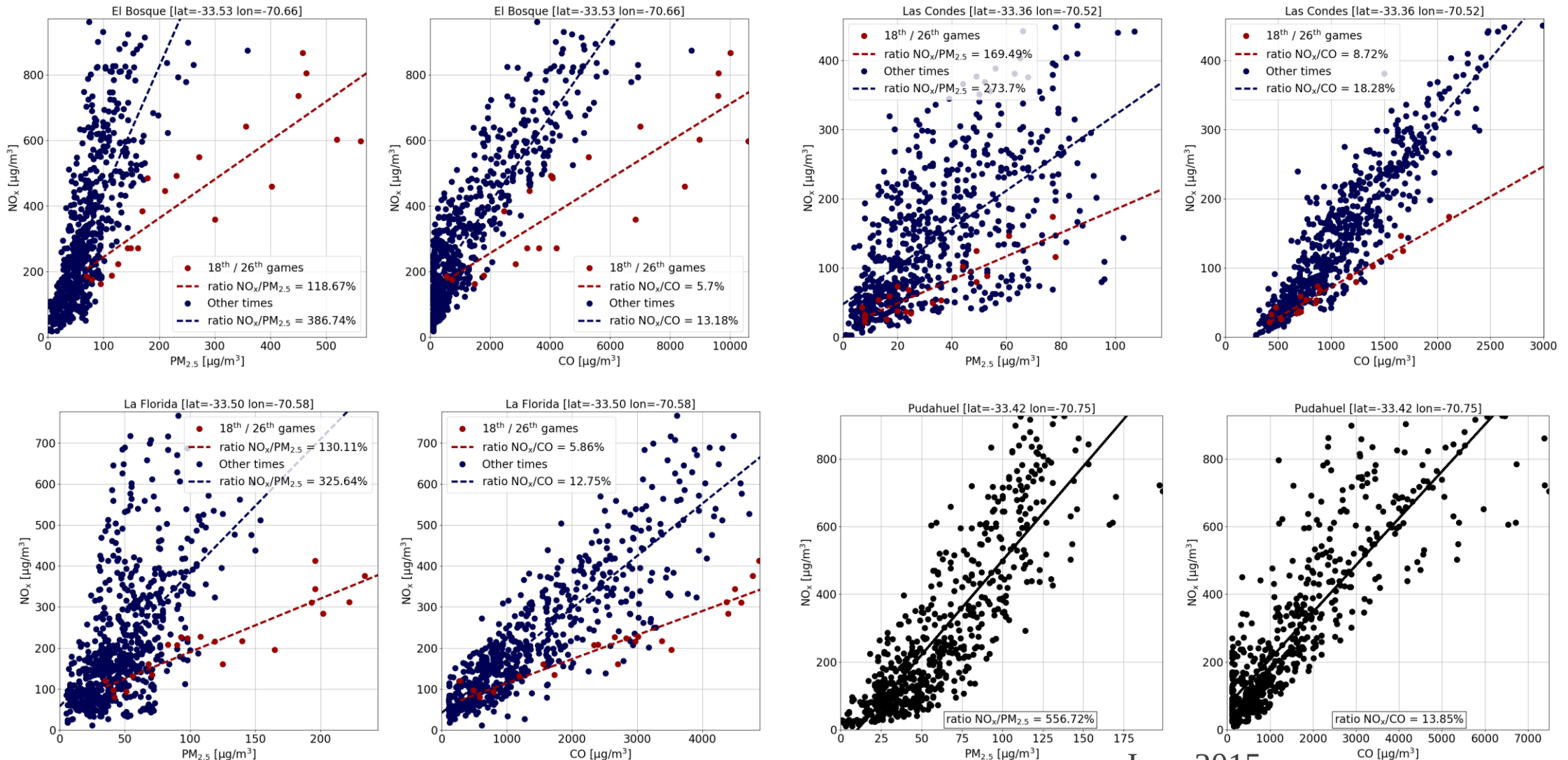
El Mercurio, June 6th 2019

References

- [1] Lapere, R., Menut, L., Mailler, S., and Huneus, N.: Soccer games and record-breaking PM_{2.5} pollution events in Santiago, Chile, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 4681–4694, <https://doi.org/10.5194/acp-20-4681-2020>, 2020.
- [2] Barraza, F., Lambert, F., Jorquera, H., Villalobos, A. M., and Gallardo, L.: Temporal evolution of main ambient PM_{2.5} sources in Santiago, Chile, from 1998 to 2012, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 10093-10107, <https://doi.org/10.5194/acp-17-10093-2017>, 2017.
- [3] Vicente, E., Vicente, A., Evtyugina, M., Carvalho, R., Tarelho, L., Oduber, F., and Alves, C.: Particulate and gaseous emissions from charcoal combustion in barbecue grills, *Fuel Process. Technol.*, 176, 296–306, <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2018.03.004>, 2018.
- [4] Lee, S. Y.: Emissions from street vendor cooking devices (charcoal grilling), Tech. rep., United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 1999.
- [5] Panel Ciudadano de la Universidad del Desarrollo: Santiaguinos esperan con altas expectativas el partido de hoy . . . y un 29% hará asado, *El Mercurio*, available at: <https://gobierno.udd.cl/cpp/noticias/2017/01/17/santiaguinosesperan-con-altas-expectativas-el-partido-de-hoy> (last access: 10 September 2019), 2016.

Appendix

Concentration ratios at other sites/periods [1]



June 2015

WRF-CHIMERE configuration [1]

WRF configuration		CHIMERE configuration	
Coarse domain resolution	15km	Coarse domain resolution	15km
Nested domain resolution	3km	Nested domain resolution	3km
Microphysics	WSM3	Chemistry	MELCHIOR
Boundary and surface layer	MYNN	Gas/Aerosol Partition	ISORROPIA
Land surface	Noah LSM	Horizontal Advection	Van Leer
Cumulus parameterization	Grell G3	Vertical Advection	Upwind
Longwave radiation	CAM	Boundary Conditions	LMDz-INCA + GOCART
Shortwave radiation	Dudhia		

Station:	El Bosque				Independencia		
	MB	NRMSE	R		MB	NRMSE	R
TEMP	1.3	0.34	0.84	:	-1.06	0.2	0.86
RH	-12.7	0.30	0.62	:	-16.6	0.31	0.7
WS	-0.08	0.42	0.56	:	0.23	1.29	0.7

Simulation scores for meteorology. 06/15 to 07/15.

Network:	La Florida				Las Condes				Puente Alto		
	MB	NRMSE	R		MB	NRMSE	R		MB	NRMSE	R
PM _{2.5}	-0.45	0.55	0.63	:	3.31	0.62	0.62	:	-3.26	0.72	0.45

Simulation scores for PM. 06/28 to 07/15.