

INVESTIGACIÓN EN MARCHA

TESIS DOCTORAL
CURSO 2022-23



**DOCTORADO EN
MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD**

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

Doctorando: Carlos Manuel Rodríguez San Román



Director (es): **José Antonio García Orza**

Tutor: **Manuel Miguel Jordán Vidal**

Departamento/Centro/Instituto: **Departamento de Física Aplicada**

OBJETIVOS DEL TRABAJO

«Material Particulado en Suspensión en el Aire Urbano del Sur del Perú»

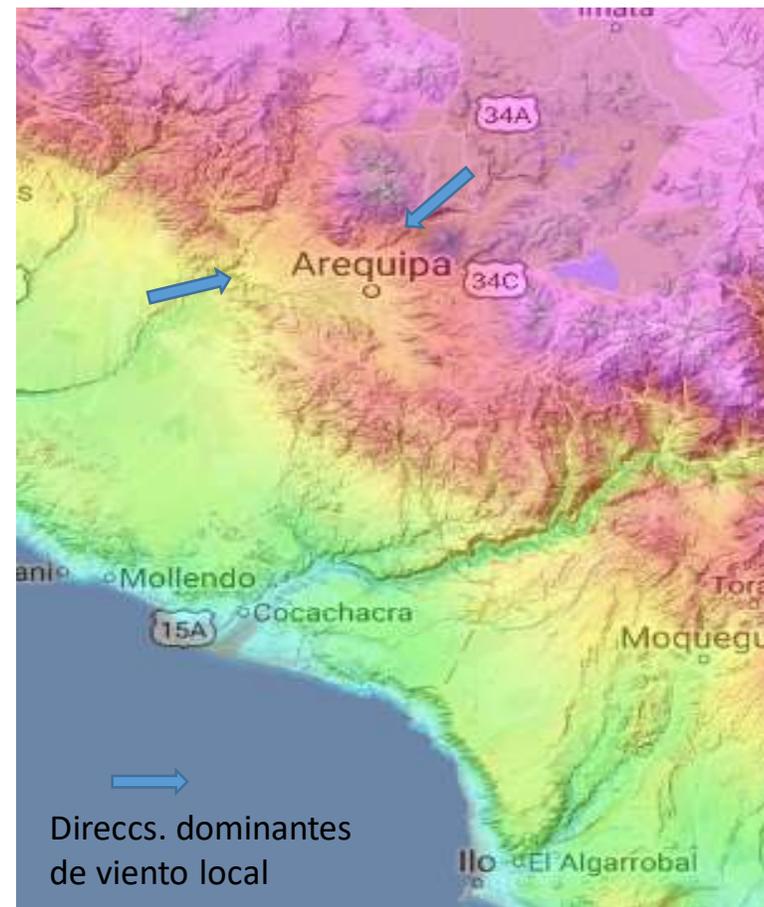
El **objetivo general** es el estudio de la calidad del aire, y en particular de la materia particulada en suspensión, en Arequipa. Segunda ciudad del Perú; situada en la parte occidental de los Andes, a 86 km del Pacífico, a media altura entre la costa y el altiplano.

Objetivos específicos:

- Caracterización de los niveles de concentración de partículas en suspensión y de gases sobre los que hay regulación nacional; y determinación de sus patrones de variabilidad a distintas escalas temporales.
- Identificación de las causas que conducen a episodios con valores extremos, así como de la relación entre los niveles registrados y las principales fuentes de emisión y la meteorología, tanto sinóptica como local.

METODOLOGÍA

- Datos de la red de calidad del aire del gobierno regional de Arequipa. PM2.5, medido con TEOM; SO₂ y O₃ como complementarios
- Datos meteorológicos del SENAMHI (Servicio Meteorológico e Hidrológico del Perú) y METAR del aeropuerto de Arequipa
- Datos meteorológicos del ECMWF (Centro Europeo de Predicción Meteorológica a Medio Plazo), cálculo de retro-trayectorias con el modelo HYSPLIT
- Datos satelitales de precipitación (TRMM); SO₂, índice de aerosoles, recubrimiento por nubes (OMI)
- Datos de actividad volcánica del INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico)



Direcciones predominantes viento local

ESTADO ACTUAL

- Por solicitud del doctorando, en Julio de 2022 se concedió un periodo de 9 meses de interrupción por baja temporal de la Tesis y se volvió a conceder un segundo periodo de interrupción de enero de 2023 a enero de 2024.

Por ello no hay avance significativo en el trabajo de Tesis en el curso 2022-2023.

A continuación se presentan los resultados obtenidos hasta la fecha. El trabajo pendiente es el de terminar una publicación que dé paso a la presentación de la tesis a comienzo de 2024.

RESULTADOS OBTENIDOS

- Se caracterizó la concentración de PM2.5 en la ciudad de Arequipa (Perú) y su variabilidad (diurna, semanal, y de todo el periodo). Se superan los valores límite de la OMS, tanto el diario como el anual.
- Se ha relacionado con la meteorología sinóptica y los patrones de advección de gran escala en la zona, así como con la meteorología local. Los patrones de advección tienen mayor influencia que el día de la semana, y la evolución diurna del PM2.5 está marcado por la orografía y vientos asociados.
- Relación con medidas satelitales de aerosoles. Impacto de la actividad volcánica en la calidad del aire, aportes de la industria pesada de Ilo, ciudad costera cercana.

Las tareas de publicación de resultados son las que se han visto retrasadas en los últimos años.

RESULTADOS OBTENIDOS

Caracterización de PM2.5 a partir de datos horarios TEOM en estación urbana

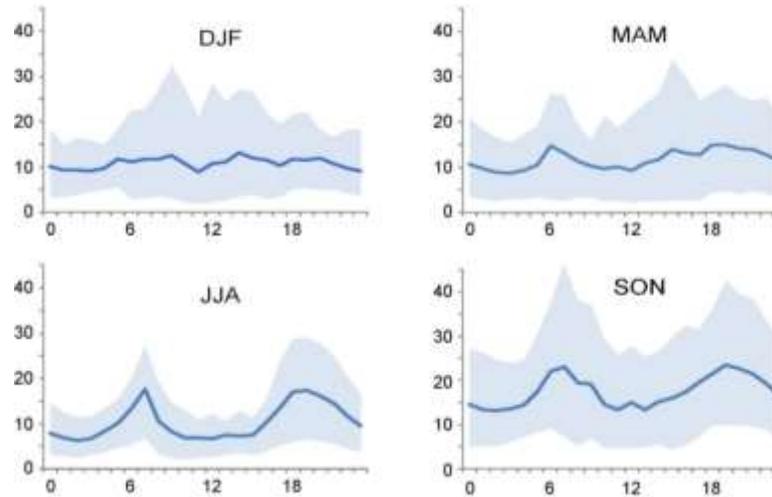
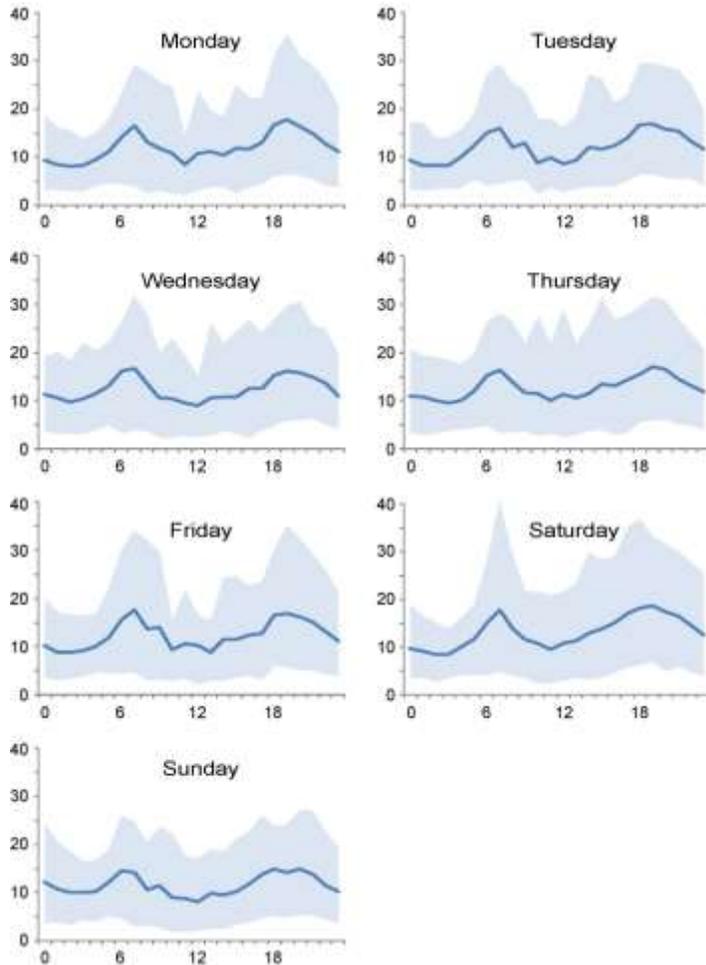
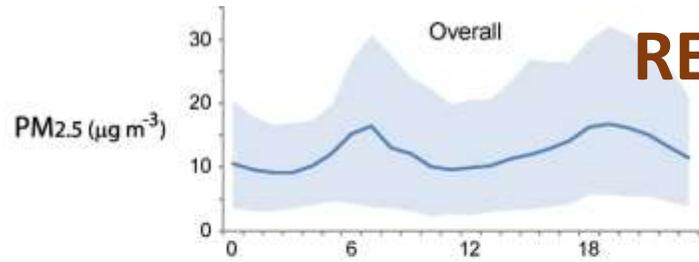
○ Límite diario ($25 \mu\text{g m}^{-3}$) superado en 64 días (~10% de días con al menos 75% de datos horarios válidos)

○ Promedio de $12 \mu\text{g m}^{-3}$

○ Patrón diurno de PM2.5:

La evolución horaria presenta los típicos dos picos, de la mañana y de última hora de la tarde, ligados al tráfico y a la meteorología. En el verano y el otoño austral están poco marcados.

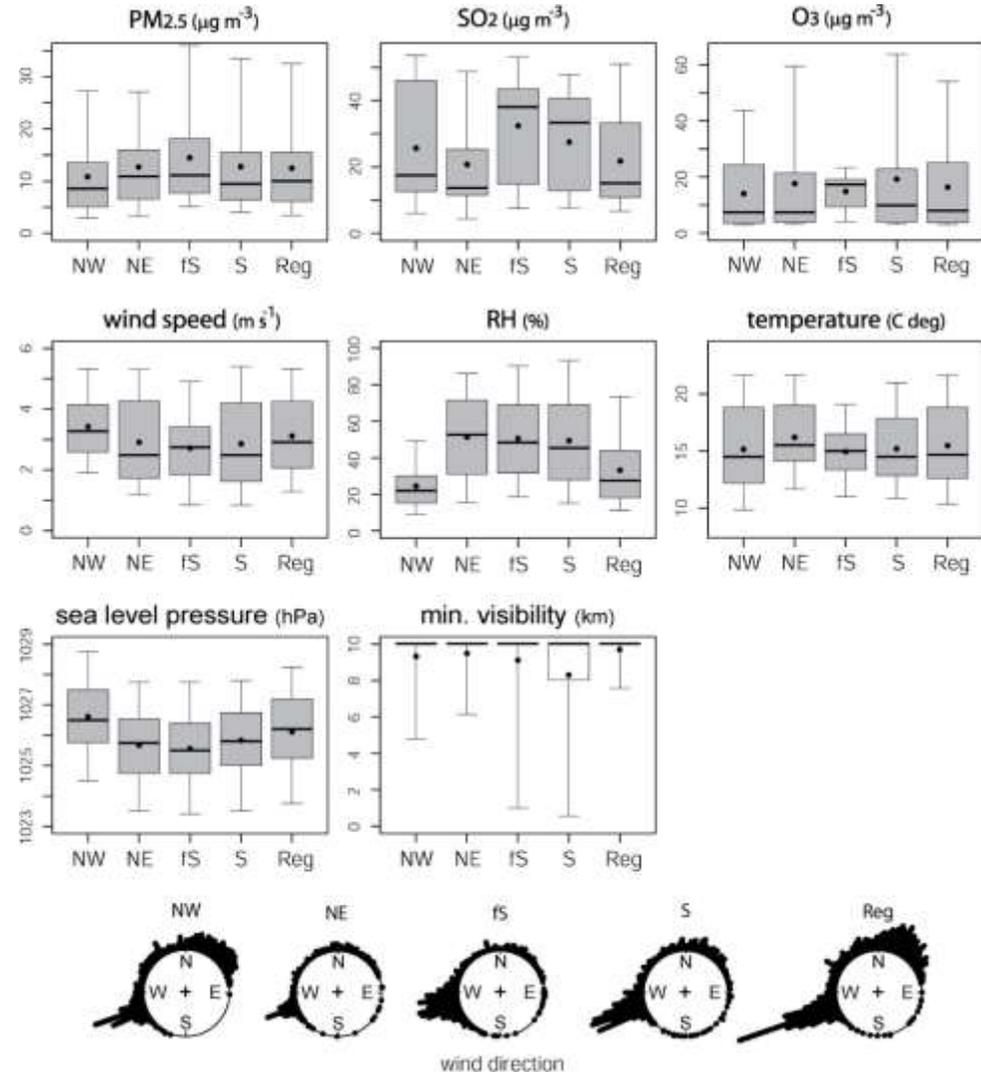
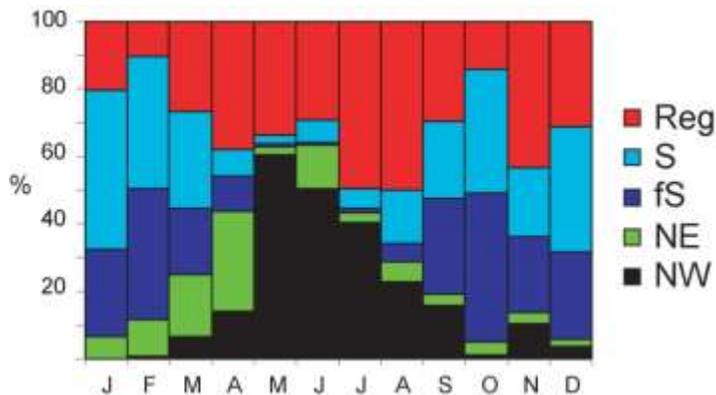
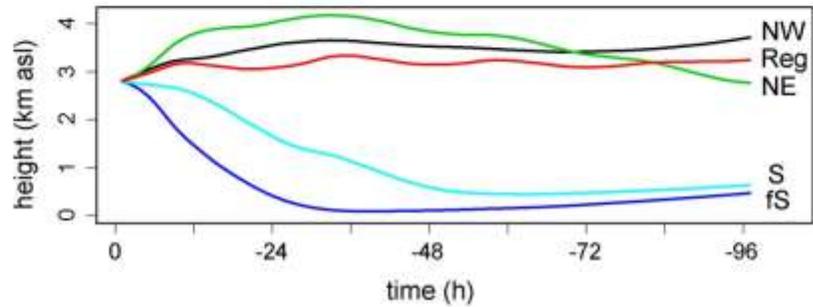
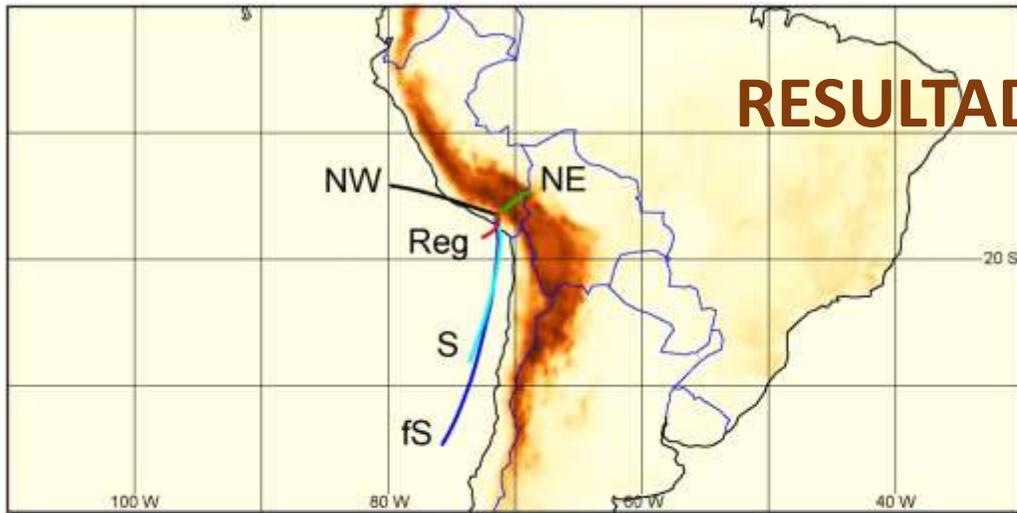
El sábado los valores son máximos, el domingo mínimos. La primavera presenta valores superiores y el verano inferiores.



RESULTADOS OBTENIDOS

Principales patrones de advección en Arequipa y su relación con los contaminantes y la meteorología local

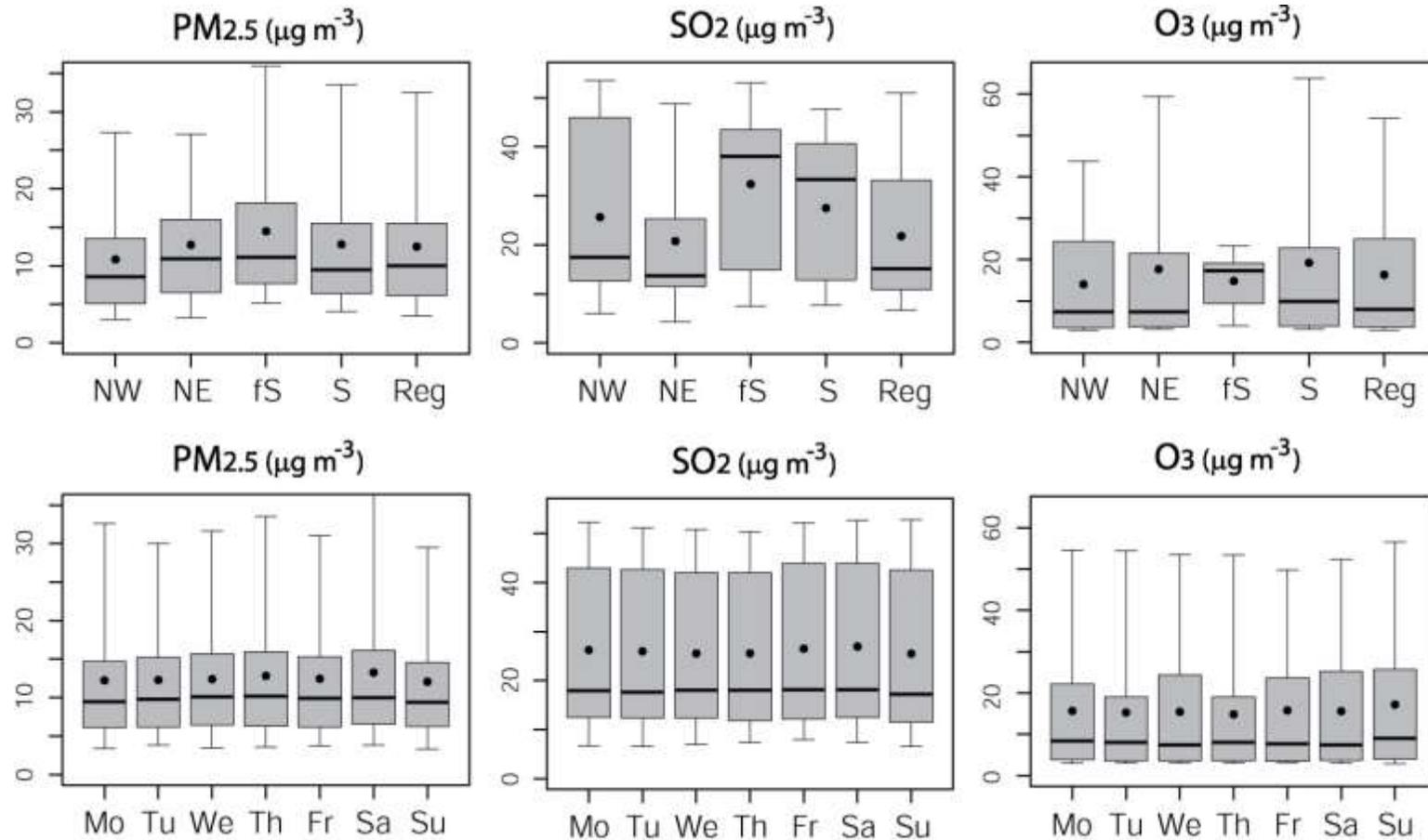
Obtenidos del clustering de retro-trayectorias (5 grupos)



RESULTADOS OBTENIDOS

La influencia de los patrones de advección sinópticos *es mayor* que la del día de la semana, a pesar de que la influencia antrópica es clara en los patrones diurnos.

Los patrones de advección influyen más sobre los parámetros meteorológicos y sobre SO₂ y O₃ que sobre PM2.5



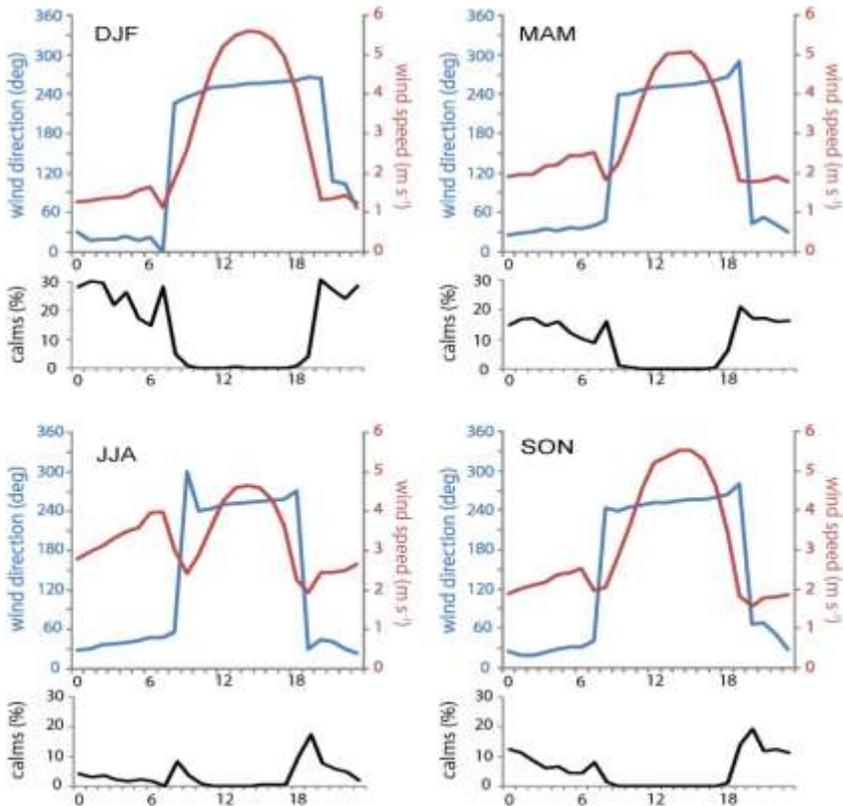
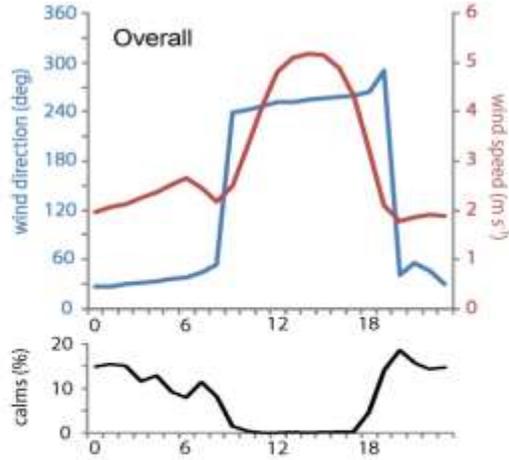
RESULTADOS OBTENIDOS

Patrón diurno del viento local

Se corresponde con ciclo de brisas de montaña, condicionado por la orografía local:

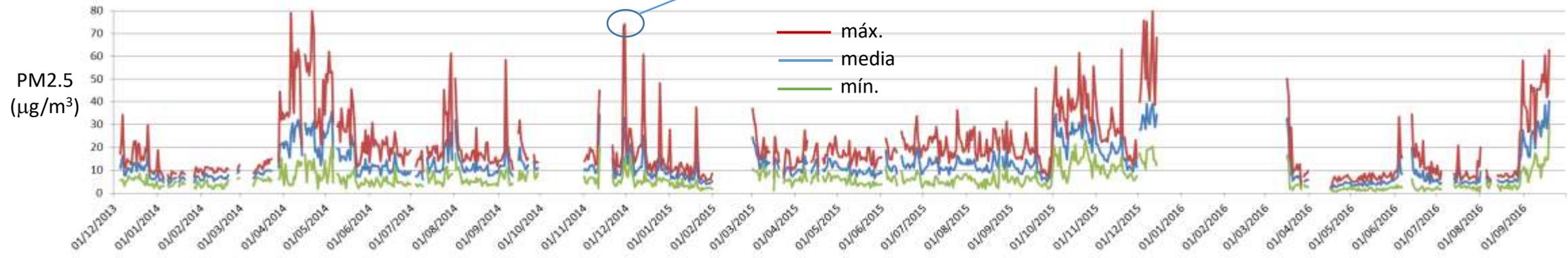
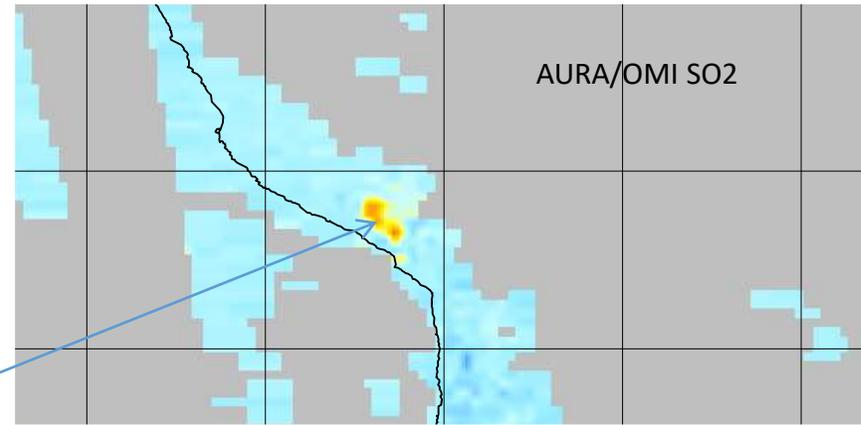
Dos regímenes dominantes con cambio abrupto a vientos de ascenso de procedencia WSW a las 7-8 LT, y vuelta a vientos descendientes del NNE a las 19-20 LT (en verano retrasados a las 22 LT).

Los flujos a escala sinóptica, son localmente modificados por la orografía.



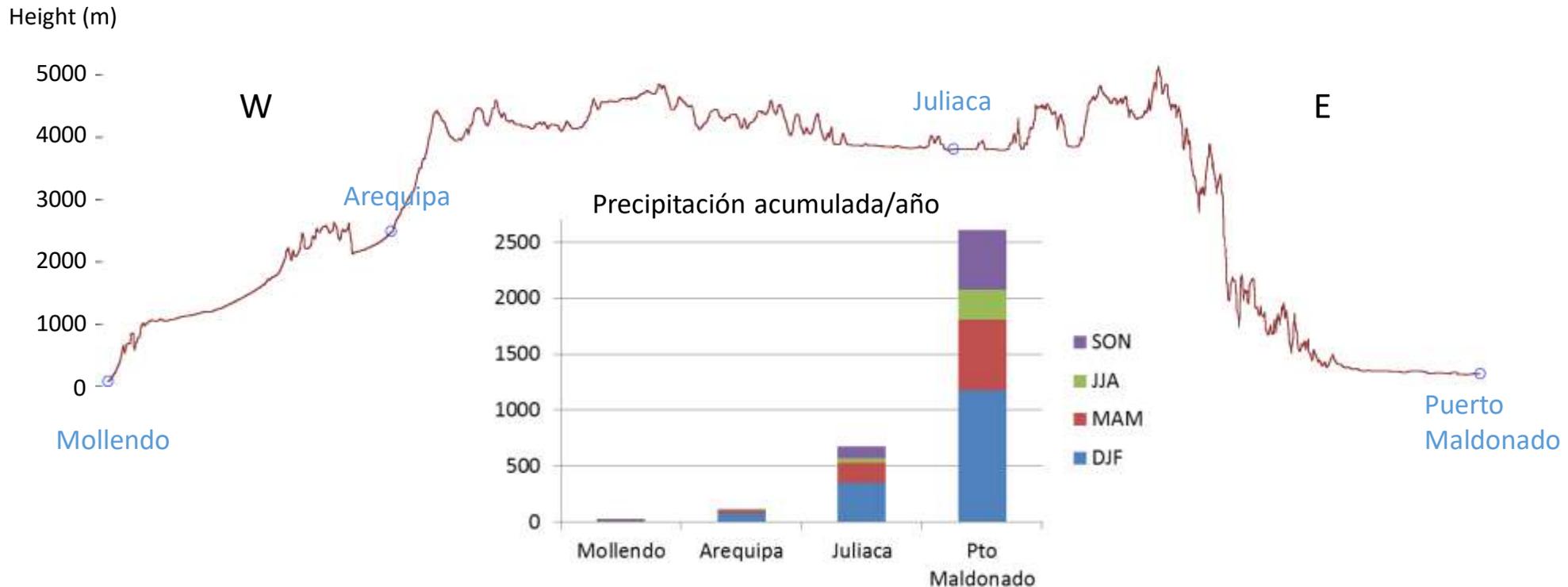
RESULTADOS OBTENIDOS

- Emisiones volcánicas relativamente cercanas (Sabancaya y Ubinas) impactan la calidad del aire de Arequipa, causando una fracción significativa de las superaciones del valor límite medio en 24h de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aunque la dirección dominante del viento no favorezca ese impacto.



RESULTADOS OBTENIDOS

- Estudiada la precipitación y su relación con la calidad del aire, en el periodo con datos de contaminantes.
- Estudio ampliado (2003-2017) a lo largo del transecto que pasando por Arequipa va desde el Pacífico hasta el altiplano y finaliza en la selva amazónica. Uso de estaciones hidrológicas, satélites y datos meteorológicos del ECMWF.



TRABAJO PENDIENTE

Los resultados obtenidos cubren los objetivos planteados para la tesis.

Quedan pendientes:

- La publicación de un artículo específico sobre la calidad del aire y otro sobre precipitación en forma de lluvia que serán enviados a revistas Q1.
- La escritura de la memoria y la defensa de tesis.