

**UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE MOQUEGUA**



**IINDEP**  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO DEL PERÚ

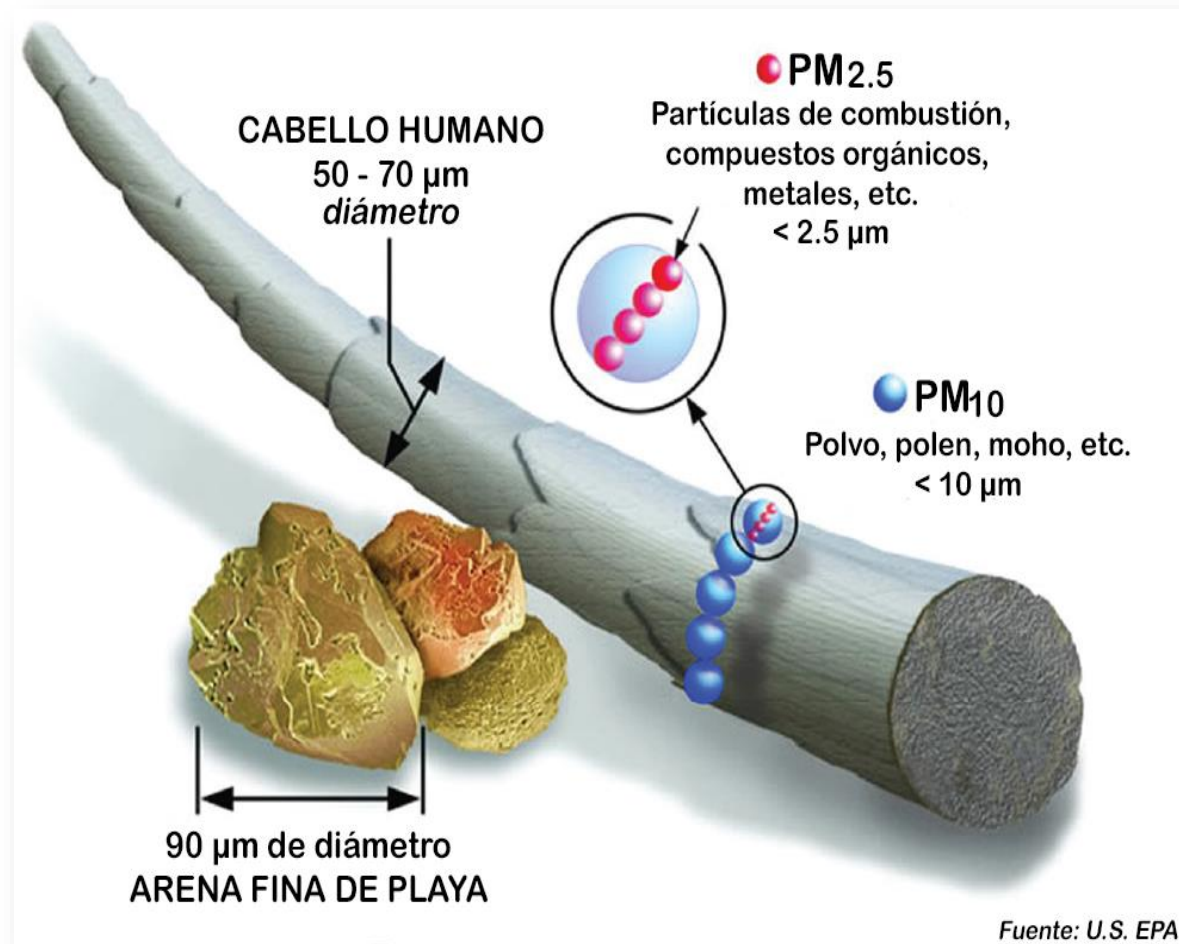
# “VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL, COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS AEROSOLES ATMOSFÉRICOS Y SU IMPACTO EN EL BALANCE ENERGÉTICO TERRESTRE DE LA PROVINCIA DE ILO (ZONA COSTERA DEL SUR DEL PERÚ)”

**Valeriano-Zapana, J.A.**

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Ciencias de la Atmosfera – GICA, Instituto de Investigación para el desarrollo del Perú – IINDEP, Universidad Nacional de Moquegua – Perú, Ciudad Jardín s/n Pacocha, Ilo – Moquegua. [jvalerianoz@unam.edu.pe](mailto:jvalerianoz@unam.edu.pe)

# Definición de “AEROSOLES ATMOSFÉRICOS”

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), define los aerosoles como: “partículas en estado **sólido** o **líquido** suspendidas en el aire, con un tamaño típico entre 0.01 y 10  $\mu\text{m}$ , que permanecen en la atmósfera por al menos unas horas”.



# Clasificación de los Aerosoles: Fuentes

## Volcánicos



## Desérticos



## Marinos

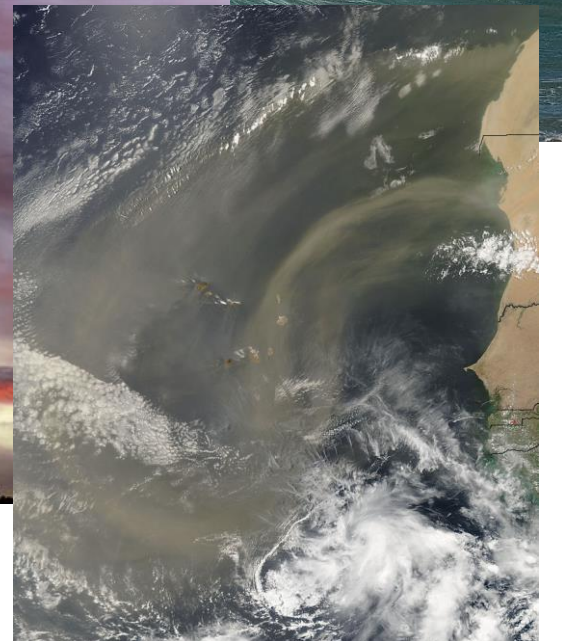


Volcán Calbuco, Chile 24-4-2015

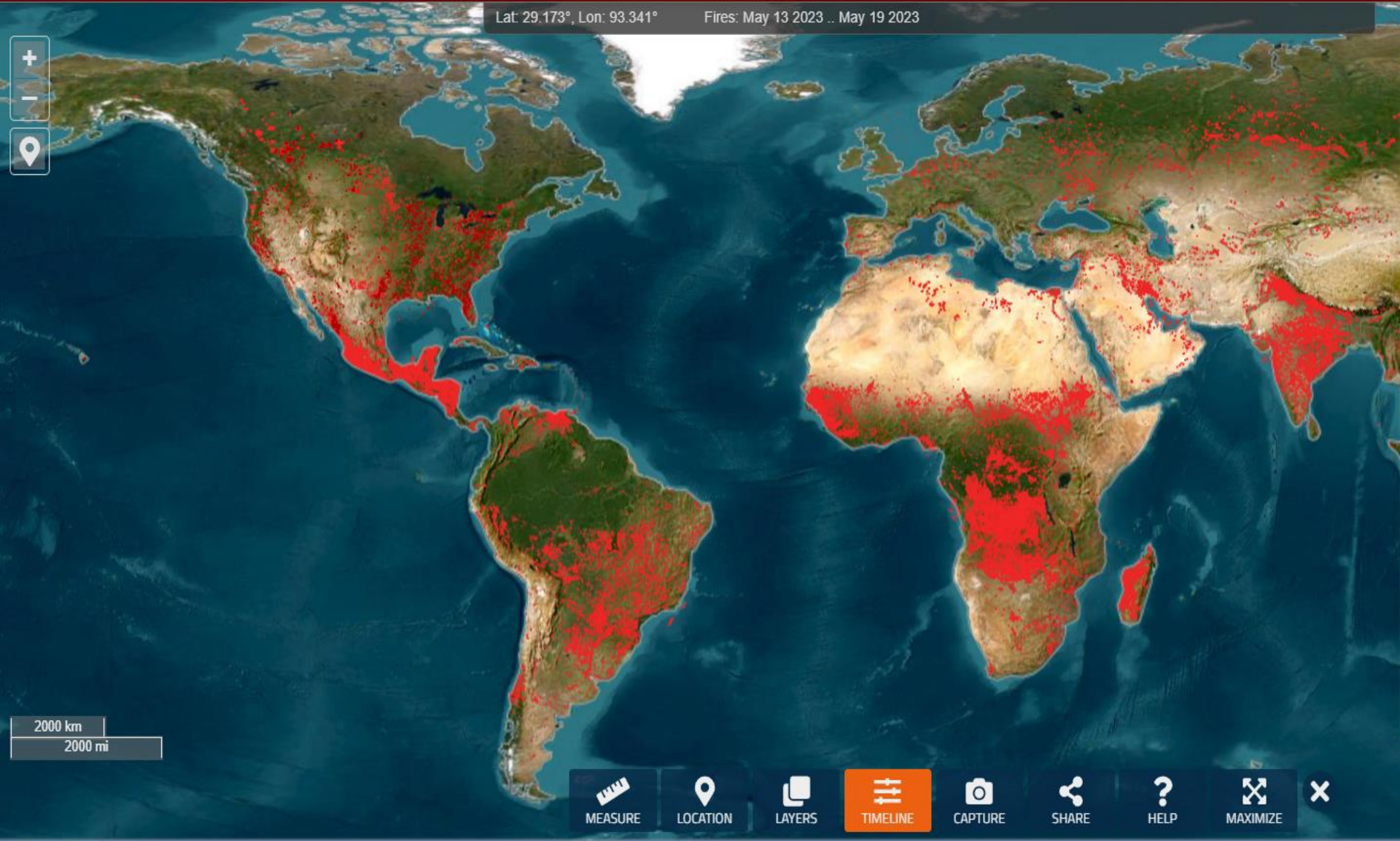
# Clasificación de los Aerosoles: Origen

## Antrópico

## Natural



# Aerosoles: Incendios a nivel mundial



Lat: 29.173°, Lon: 93.341° Fires: May 13 2023 .. May 19 2023

**CURRENT** **HISTORICAL** ✕

📅 May 19 2023 📅 WEEK ▾

**BASIC MODE** ADVANCED MODE

Fires / Hotspots ⓘ -

**Simple** Time Based

- 🔴 Landsat ⓘ
- 🔴 VIIRS (S-NPP & NOAA-20) ⓘ
- 🔴 MODIS (Aqua & Terra) ⓘ

Overlays +

Dynamic Imagery -

- 🌐 NOAA-20 VIIRS NOAA-20 Corrected Reflectance (true color) ⊕ ⓘ
- 🌐 S-NPP VIIRS S-NPP Corrected Reflectance (true color) ⊕ ⓘ
- 🌐 Aqua MODIS/Aqua Corrected Reflectance (true color) ⊕ ⓘ
- 🌐 Terra MODIS/Terra Corrected Reflectance (true color) ⊕ ⓘ



# Aerosoles: Volcanes activos a nivel mundial

Mapa interactivo de volcanes activos y de los recientes terremotos en todo el mundo

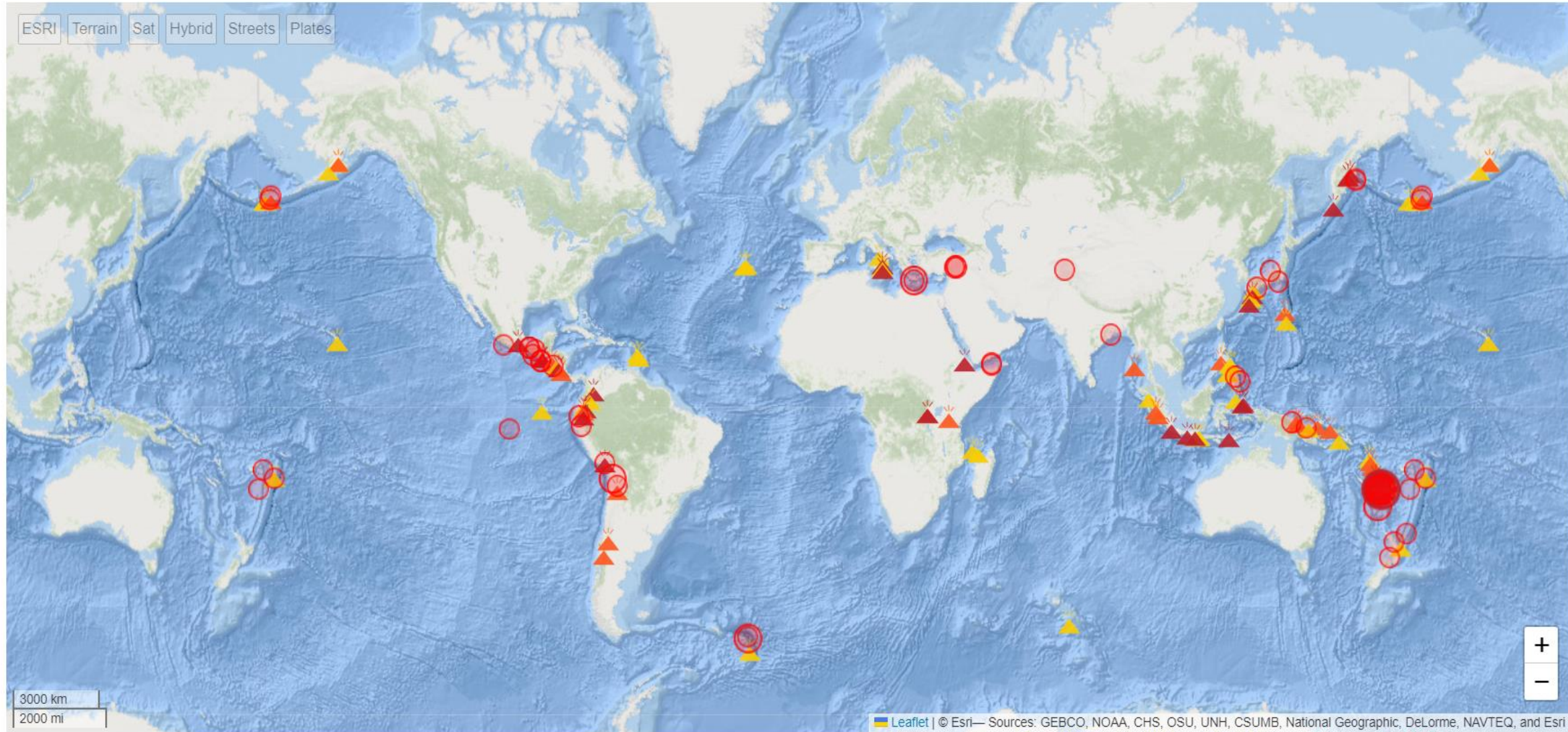
Volcánes (ocultar) - **Todos** - **disturbios** - advertencia / menor actividad - erupción | **Noticias**

sismos (ocultar) Todos >M3 >M4 >M5 >M6 M7+ / **últimas 24 horas** - últimas 48 horas - última semana - últimas 2 semanas / archivo | **Lista** Mundo

Donate

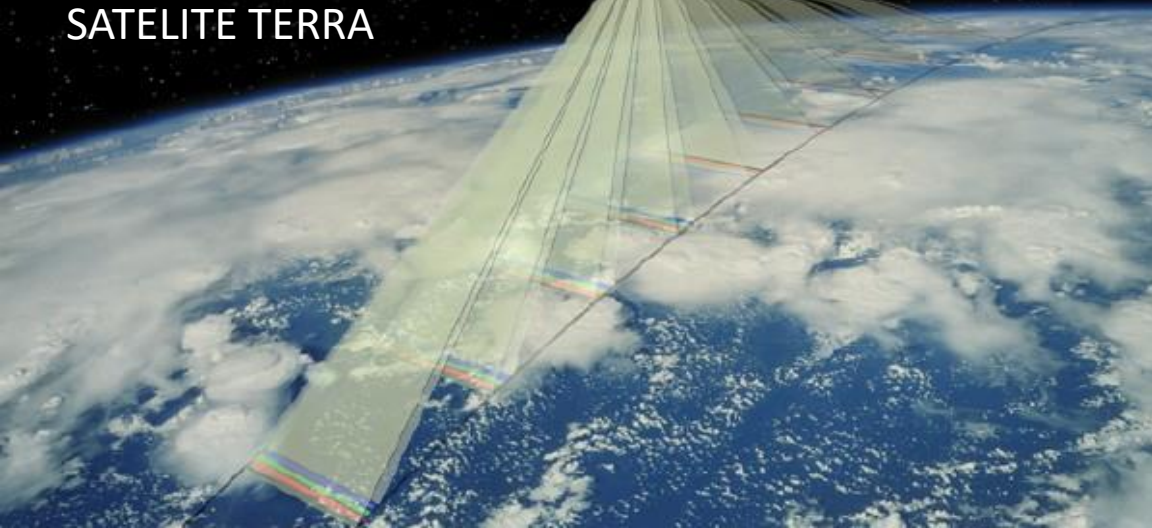
Fri, 19 May 2023 09:12 UTC

Noticias: X

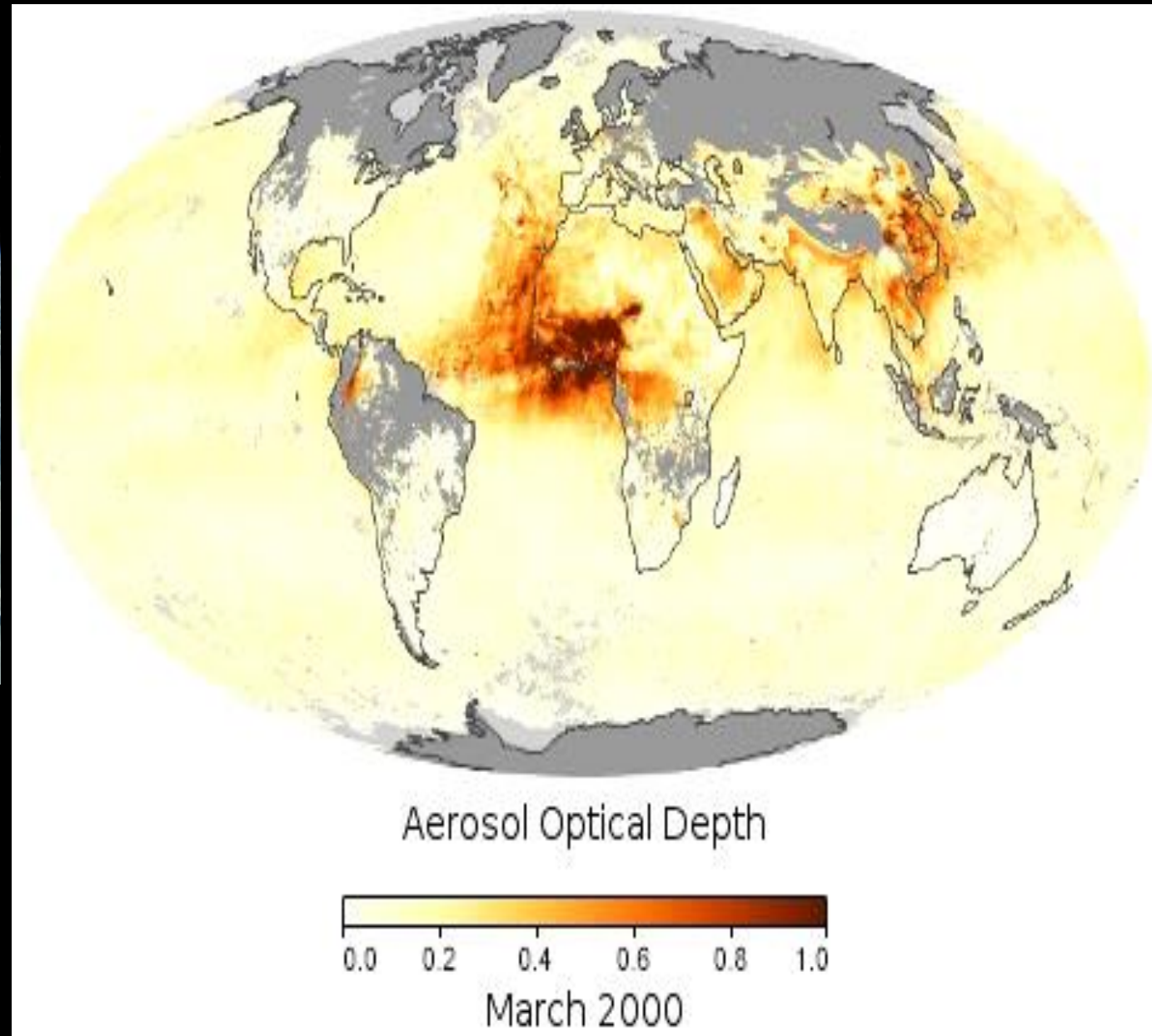


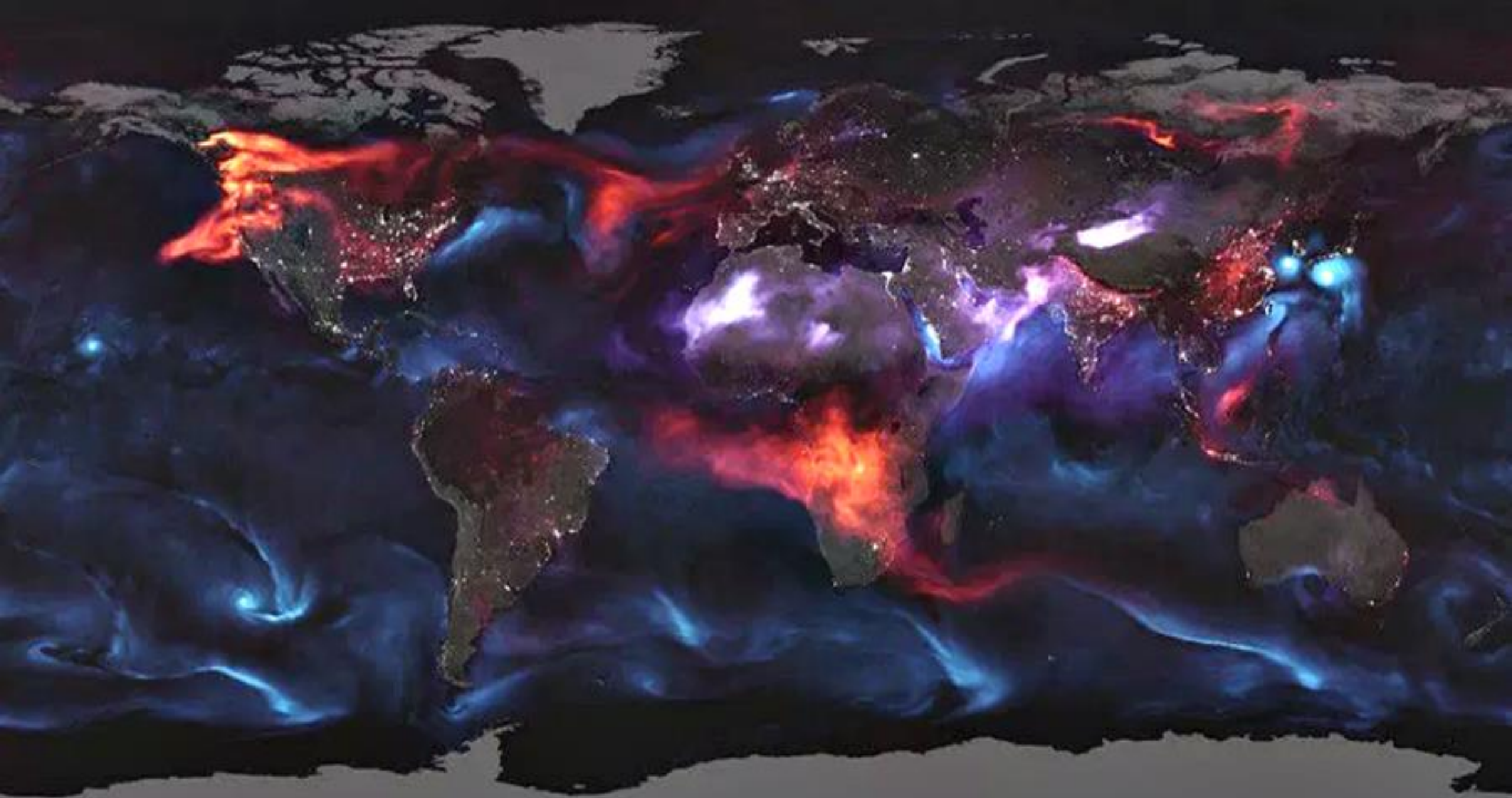


## SATELITE TERRA

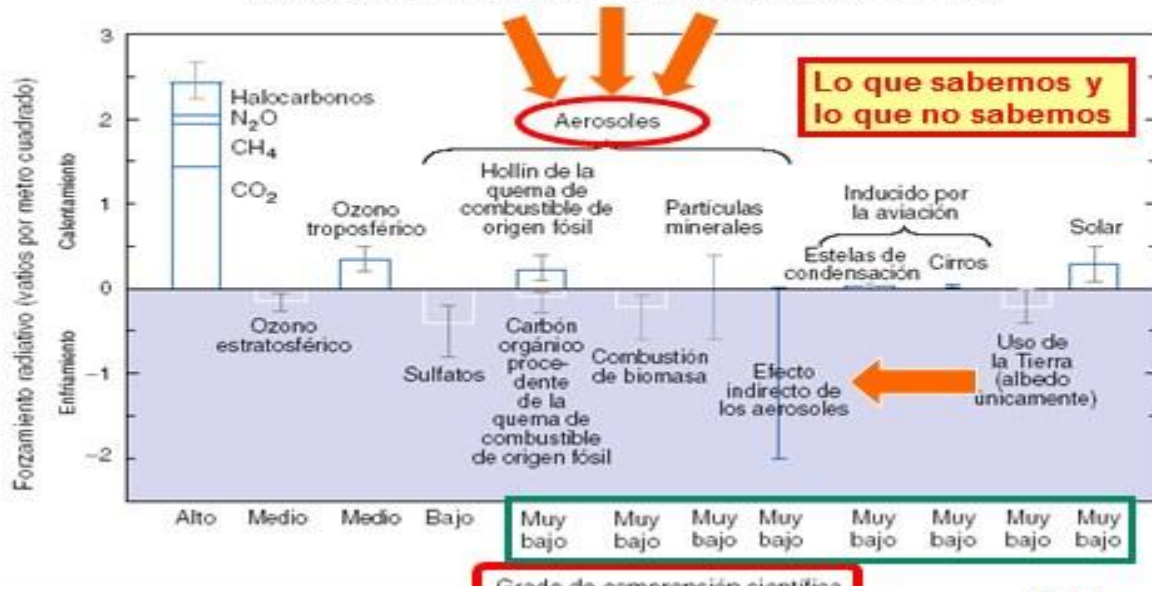


Estos mapas muestran las cantidades mensuales promedio de aerosoles en todo el mundo según las observaciones del espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS) en el satélite Terra de la NASA . Las mediciones satelitales de aerosoles, llamadas espesores ópticos de aerosoles, se basan en el hecho de que las partículas cambian la forma en que la atmósfera refleja y absorbe la luz visible e infrarroja. Un espesor óptico de menos de 0,1 (amarillo más pálido) indica un cielo despejado con máxima visibilidad, mientras que un valor de 1 (marrón rojizo) indica condiciones de mucha neblina.





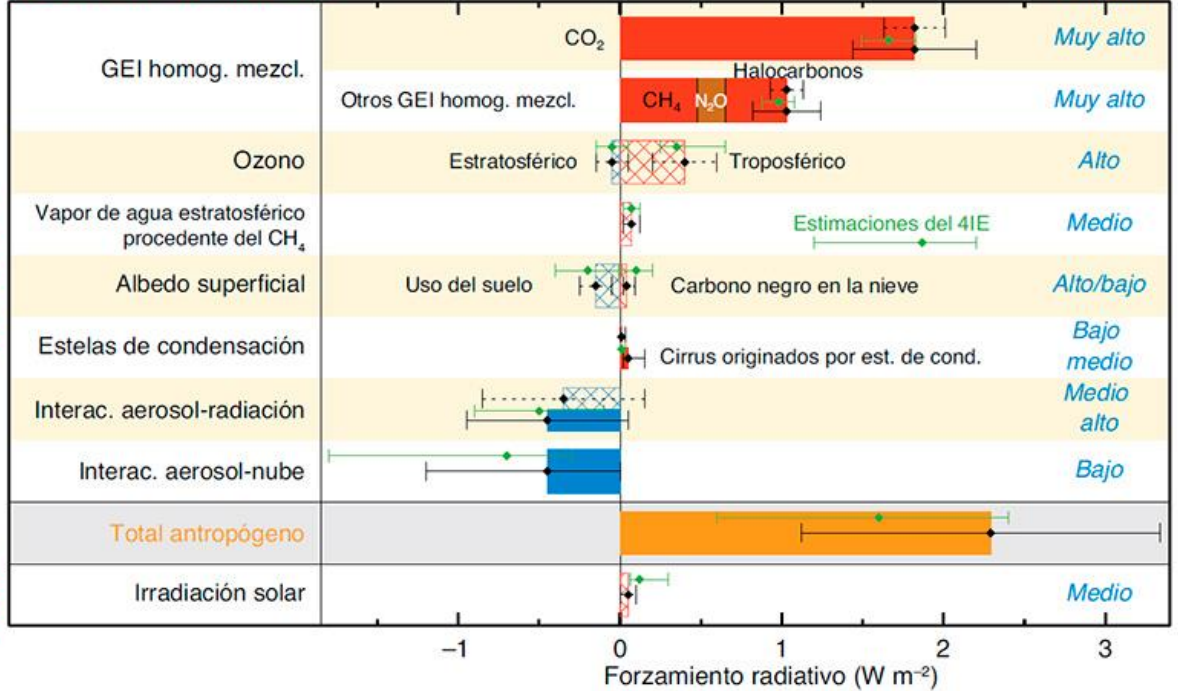
### Forzamiento radiativo medio anual del sistema climático del año 2000 con respecto a 1750



Mediados de la década de 1960	Mediados años 70 a fin de los años 80	Comienzo de la década de 1990	Fin de la década de 1990	Década de 2000 a 2010
Atmósfera/superficie terrestre	Atmósfera/superficie terrestre/vegetación	Atmósfera/superficie terrestre/vegetación	Atmósfera/superficie terrestre/vegetación	Atmósfera/superficie terrestre/vegetación
Océano	Océano	Océano	Océano	Océano
	Hielo marino	Hielo marino	Hielo marino	Hielo marino
	Modelo climático acoplado	Modelo climático acoplado	Modelo climático acoplado	Modelo climático acoplado
		Aerosoles de sulfato	Aerosoles de sulfato	Aerosoles de sulfato
			Ciclo del carbono	Ciclo del carbono
			Polvo / Roción / Aerosoles de carbono	Polvo / Roción / Aerosoles de carbono
			Vegetación interactiva	Vegetación interactiva
			Ciclos biogeoquímicos	Ciclos biogeoquímicos
				Capa de hielo

©UCAR, gentileza de Warren Washington / NCU

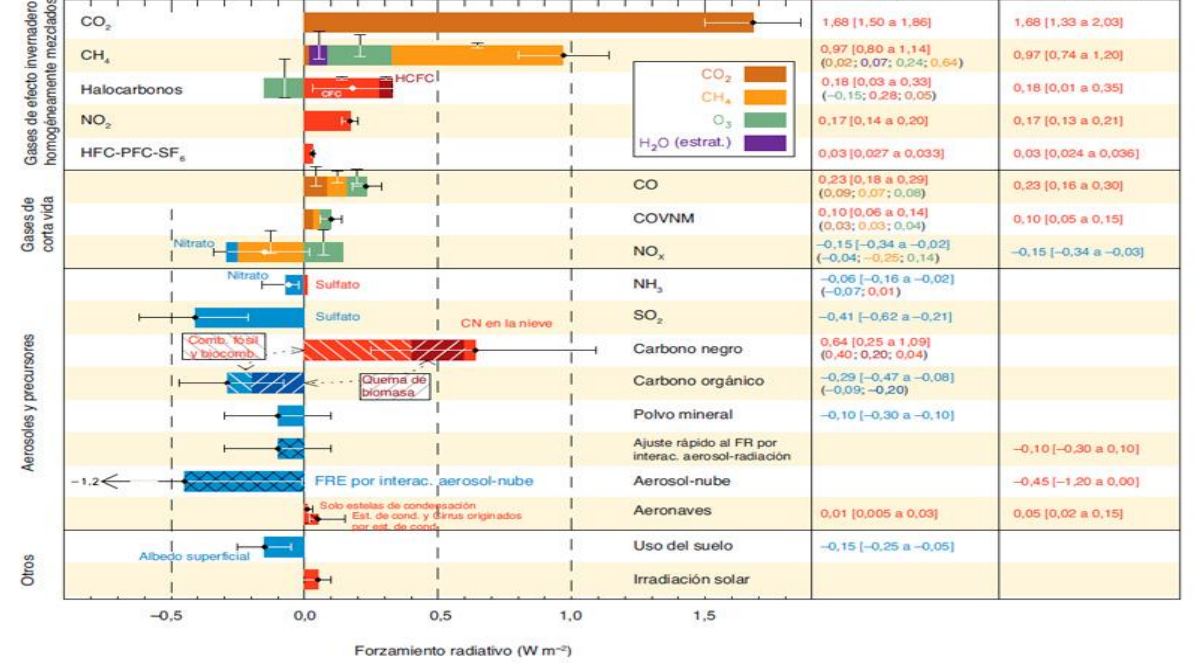
### Agente de forzamiento



Atropogéno

Natural

### Componentes de forzamiento radiativo



# Erupción volcán Monte Pinatubo (efectos globales)

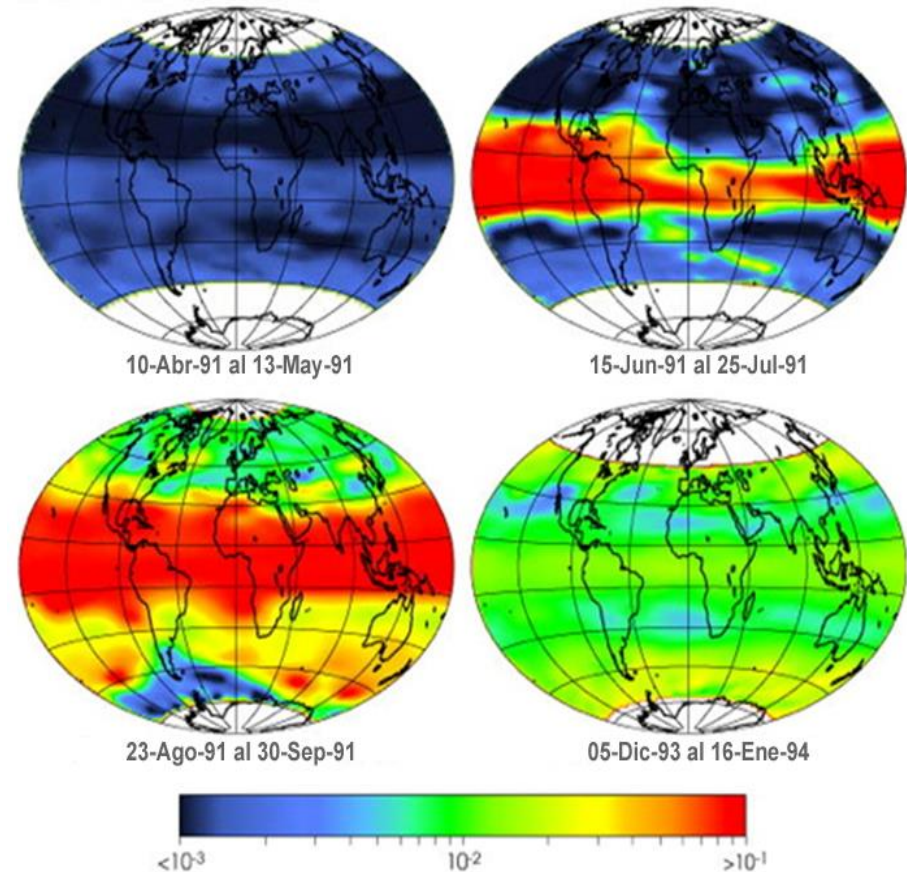
## Erupción volcán Monte Pinatubo (15-06-1991, Filipinas)



Intermediate Technology/Janet Boston

La columna de gases que generó esta erupción alcanzó los 35 km de altura.

La cantidad de  $\text{SO}_2$  inyectada a la estratósfera fue de 20 Mt.



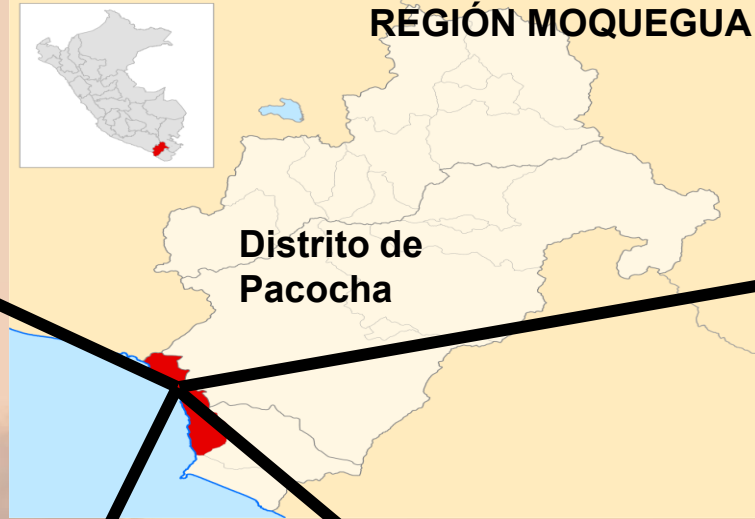
**SAGE II**  
**Espesor Óptico**  
**1020 nm**

# Planteamiento del estudio

Refinería de cobre



REGIÓN MOQUEGUA



Distrito de Pacocha

Terminal portuario



Lomas de Amoquinto  
Campos experimentales de cultivo de olivo



Materia particulada | PM

Contaminante microscópico, emitido por fuentes fijas y móviles. Los números 10 y 2.5 equivalen a su tamaño.

PM10

PM2.5

Ozono troposférico

O<sub>3</sub>

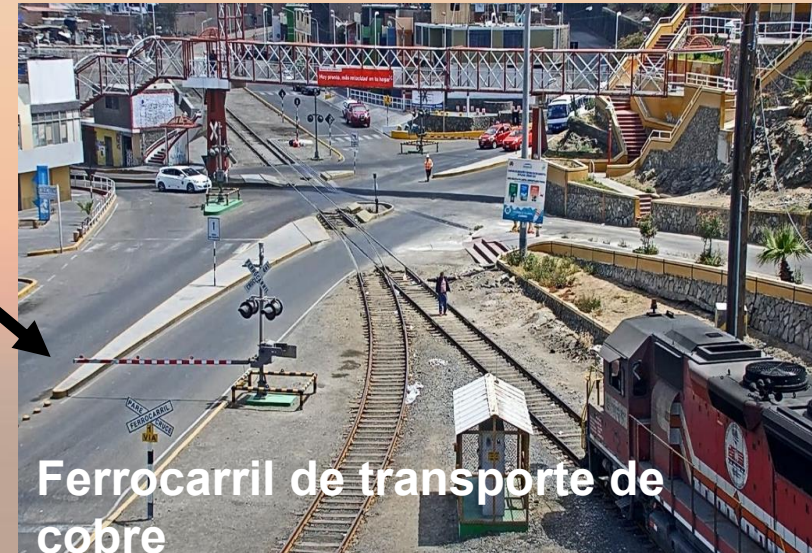
Otros gases

Se convierten en PM 2.5 Secundario.

SO<sub>x</sub>  
Óxidos de azufre

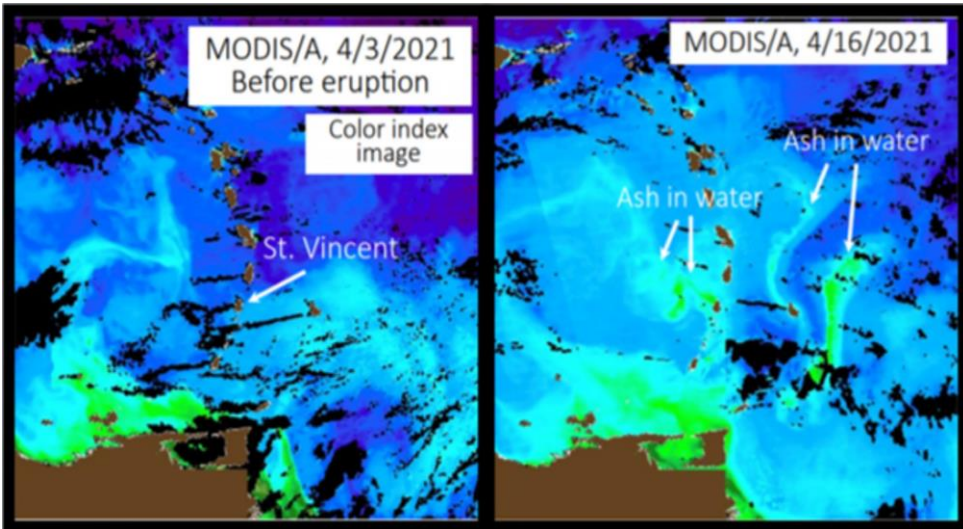
NO<sub>x</sub>  
Óxidos de nitrógeno

VOC  
Compuestos orgánicos volátiles

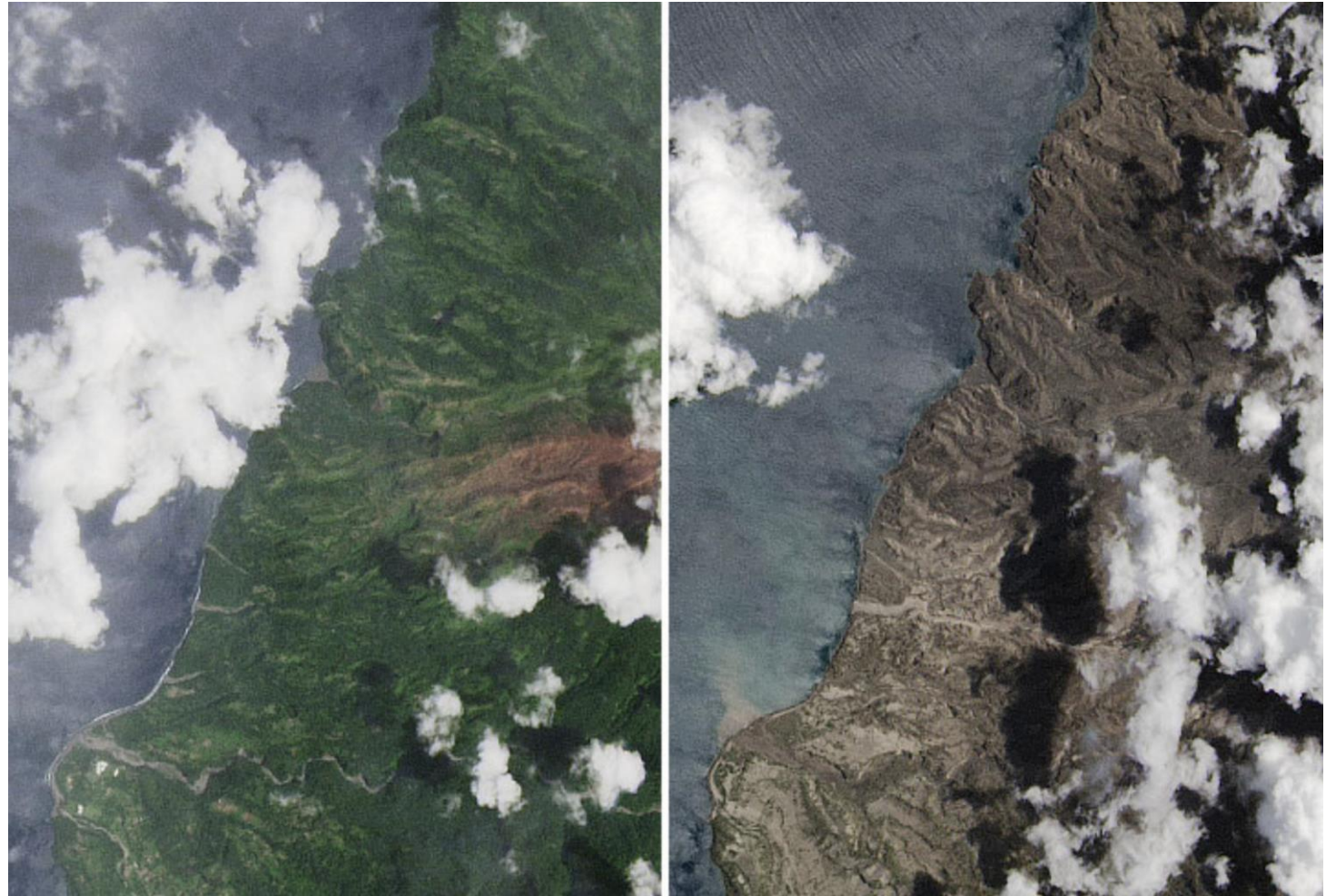


Ferrocarril de transporte de cobre

## En abril del 2021, hizo erupción La Soufrière, un estratovolcán en la isla caribeña de San Vicente



*Las áreas de píxeles azul descolorido indican la presencia de partículas de cenizas en el agua, lo que la imagen no permite distinguir es si su origen es por descarga directa desde la costa o por precipitación desde la atmósfera. Crédito: datos MODIS/ Universidad del Sur de la Florida.*

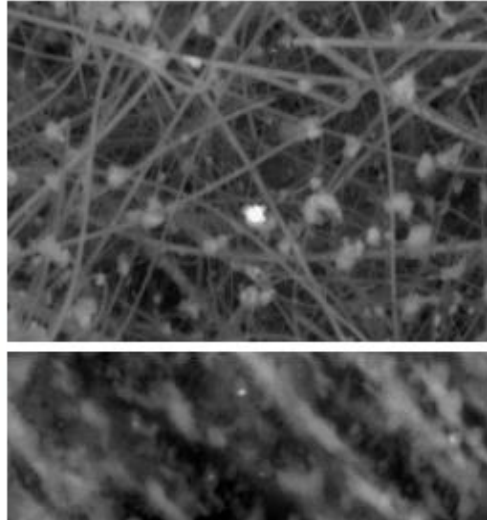


***Estas imágenes de marzo de 2021 (izquierda) y abril de 2021 (derecha), adquiridas por el Generador operacional de imágenes de tierra (OLI, por sus siglas en inglés) en el satélite Landsat 8, muestran la parte noroeste de la isla San Vicente después de dos semanas de poderosas erupciones y cenizas. La cicatriz marrón en la vegetación en la imagen de la izquierda fue causada por el daño de los gases filtrados por el volcán La Soufrière antes de que estallara explosivamente. CRÉDITOS: Observatorio de la Tierra de la NASA por Joshua Stevens, utilizando datos de Landsat del Servicio Geológico de EE. UU. y datos de ICESat-2 del Centro Nacional de Nieve y Hielo, cortesía de Stephen Palm / NASA GSFC.***

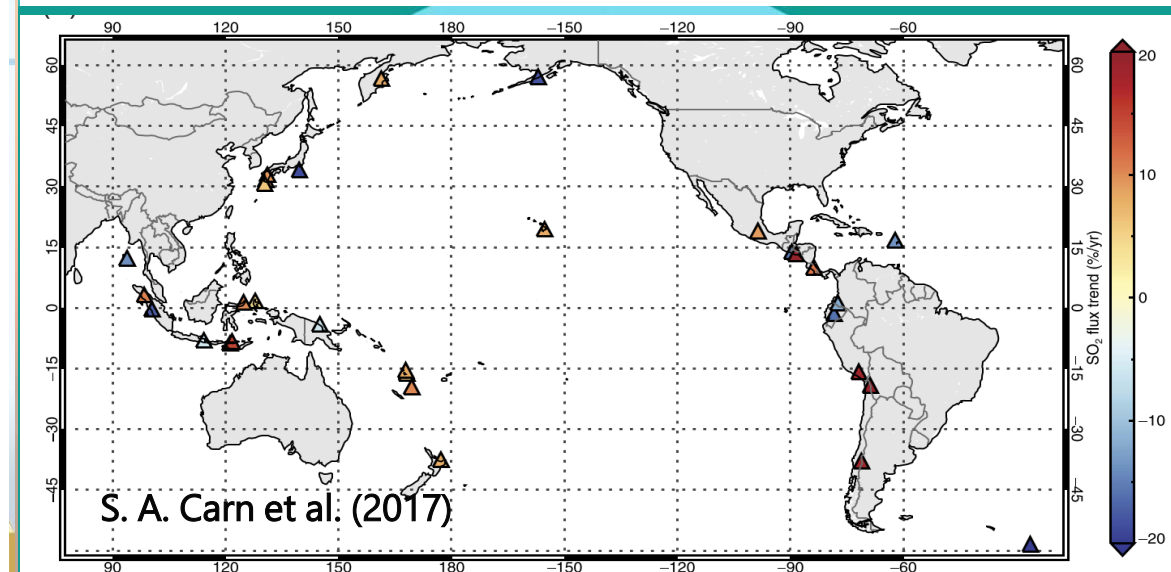
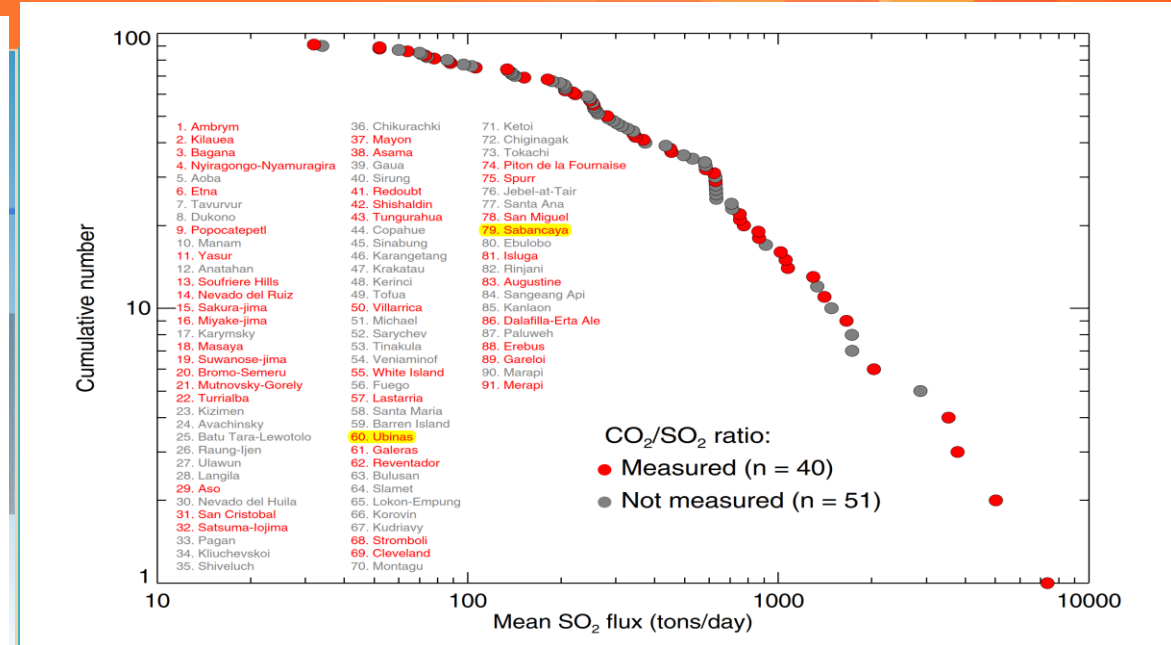
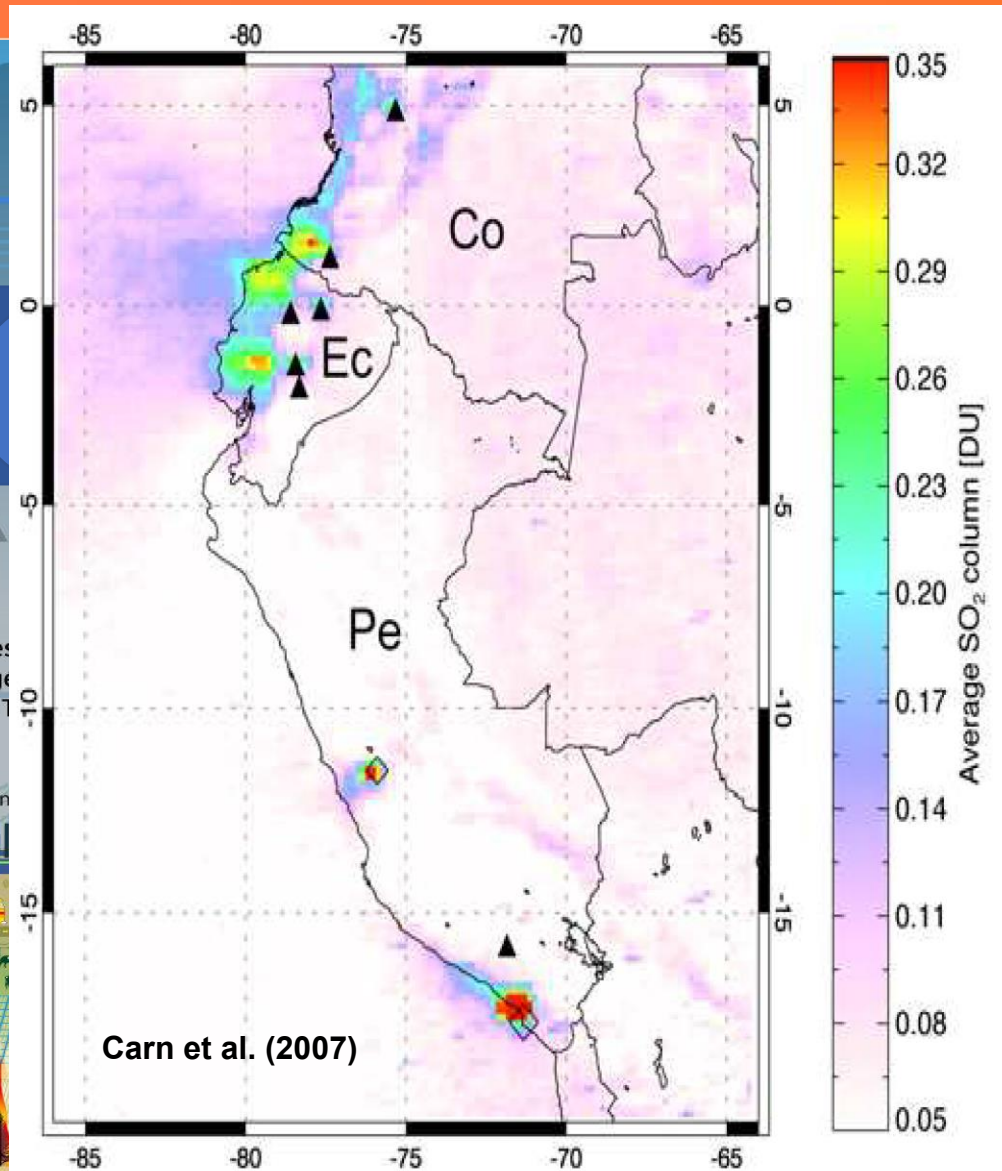
# Capítulo 01: Planteamiento del estudio

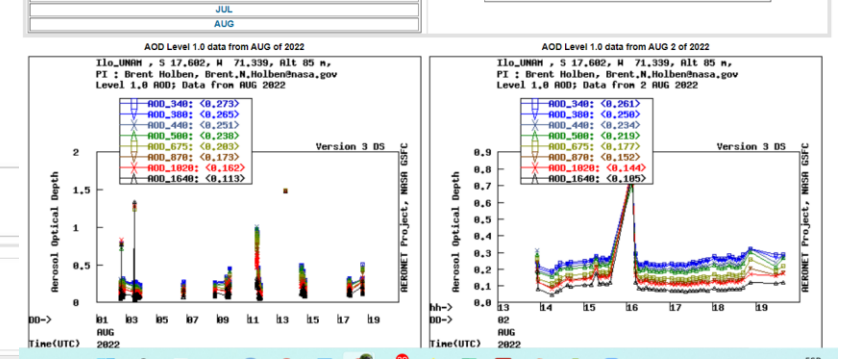
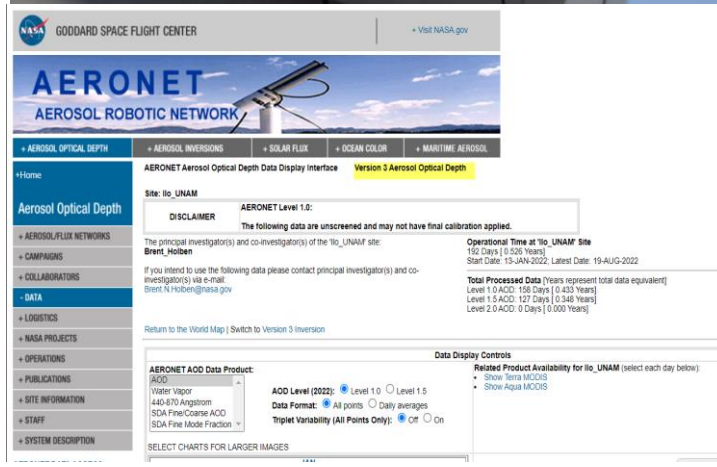
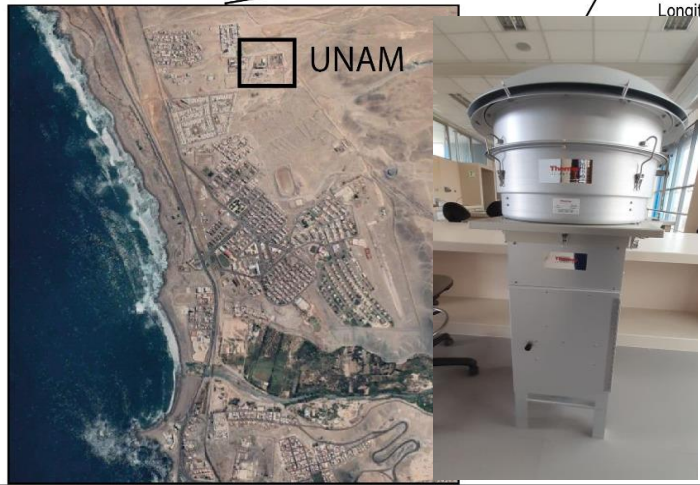
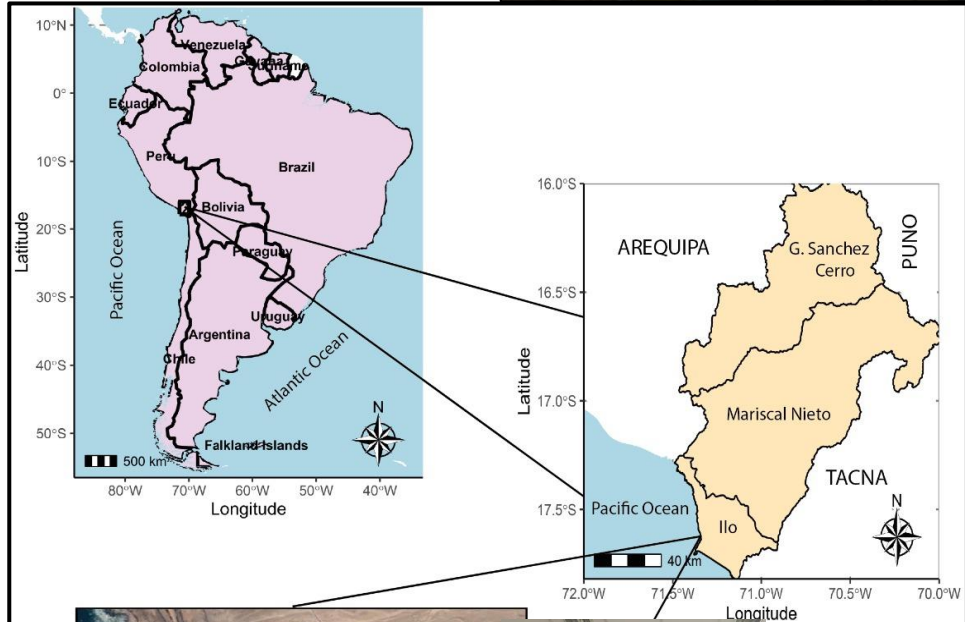
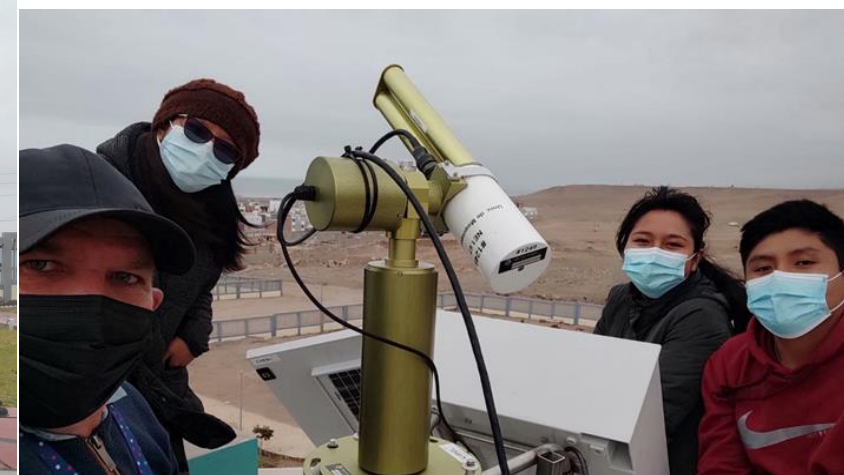


Microfotografías de plomo



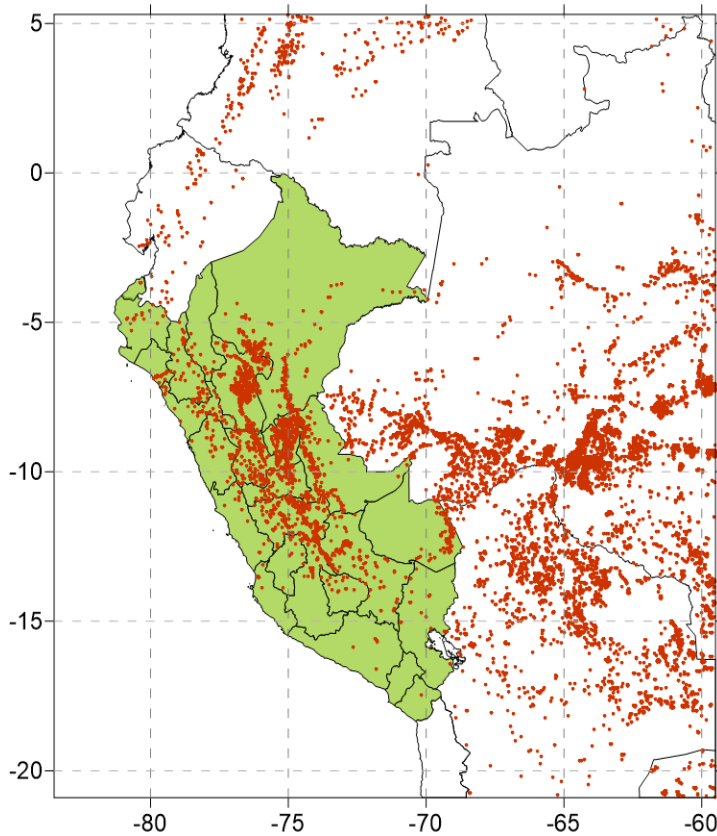
# Planteamiento del estudio



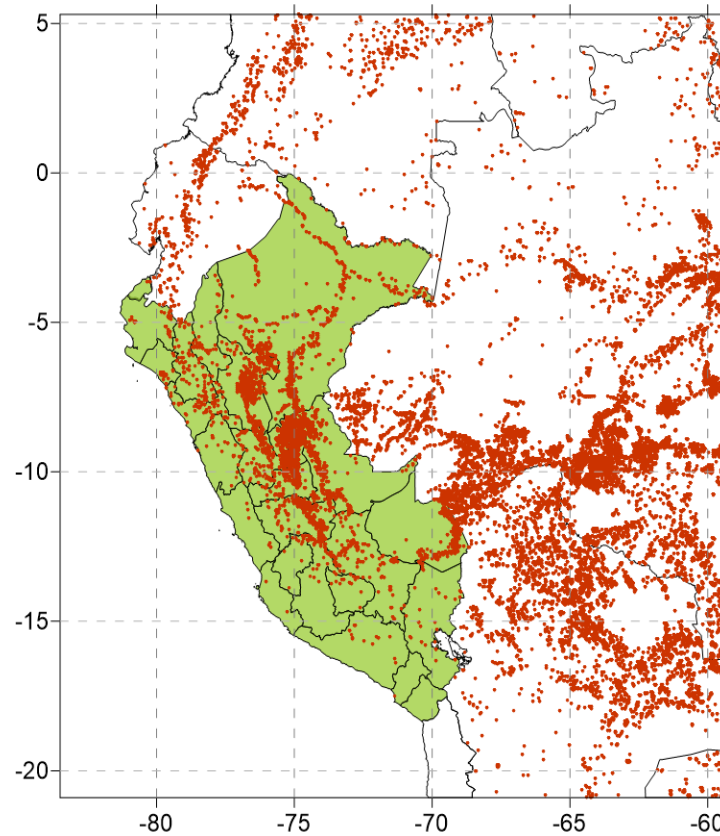


# Quema de biomasa

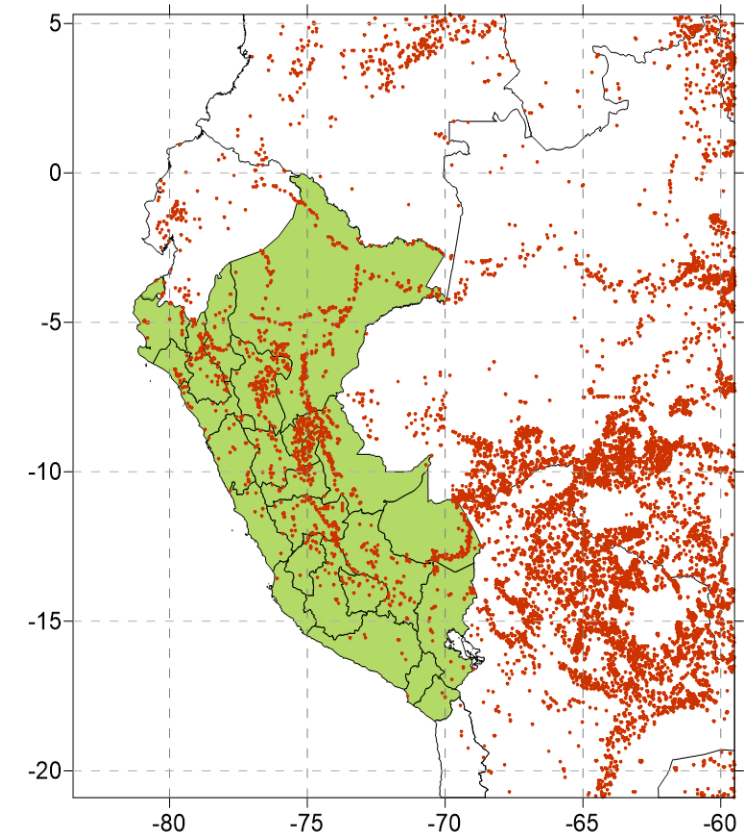
Agosto



Septiembre



Octubre



## Área de Estudio:

Total Fuegos **25350** **44724** **27623**

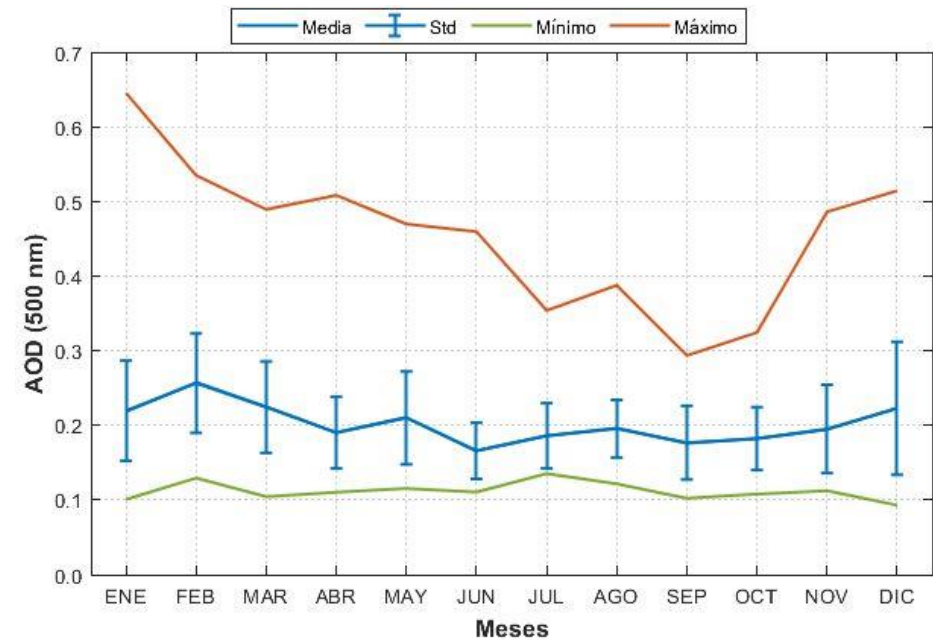
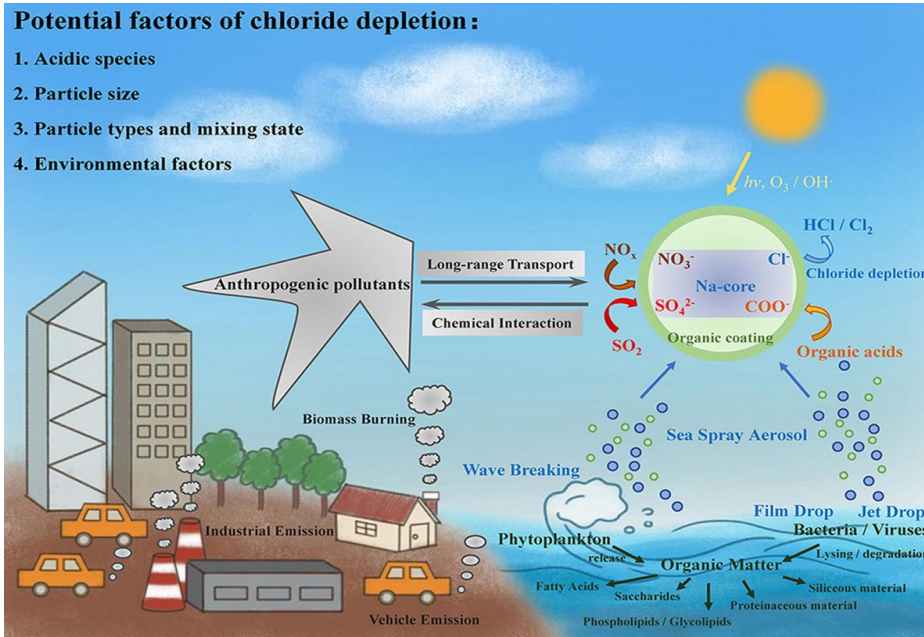
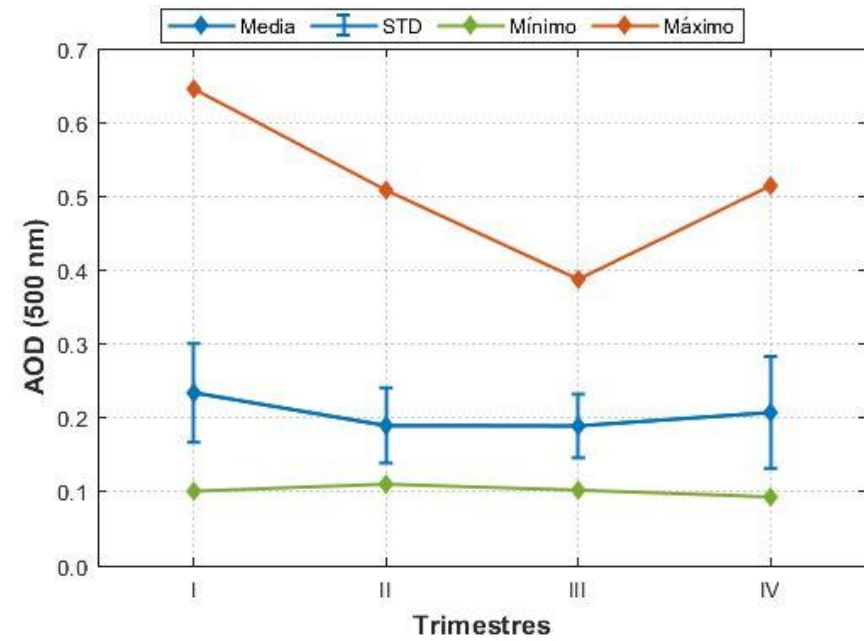
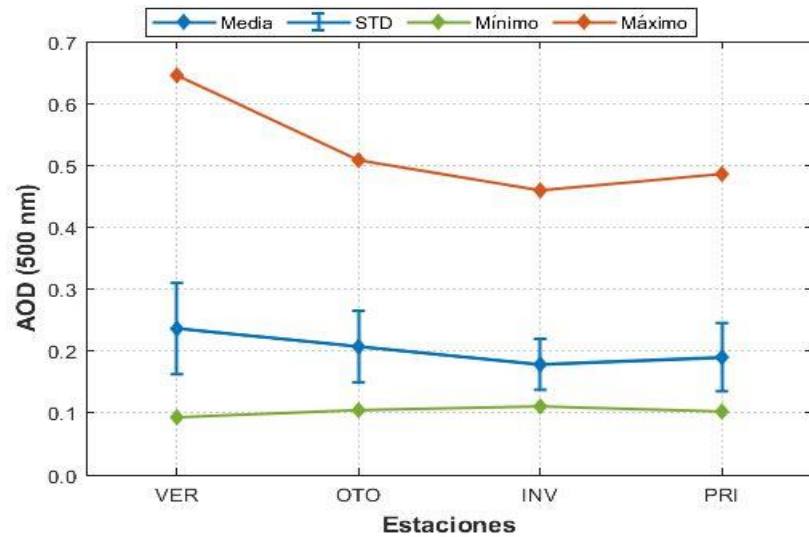
Emisiones medias (Kg-PM10/día) **38793** **36826** **29184**

## Área de Perú:

Total Fuegos **10493** **17342** **5470**

Emisiones medias (Kg-PM10/día) **31924** **37044** **24025**

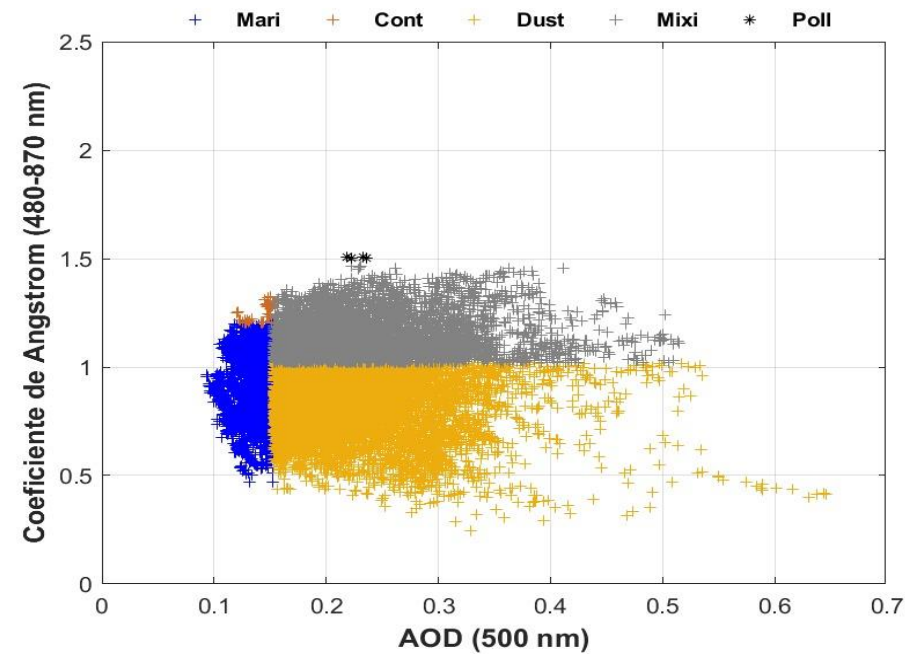
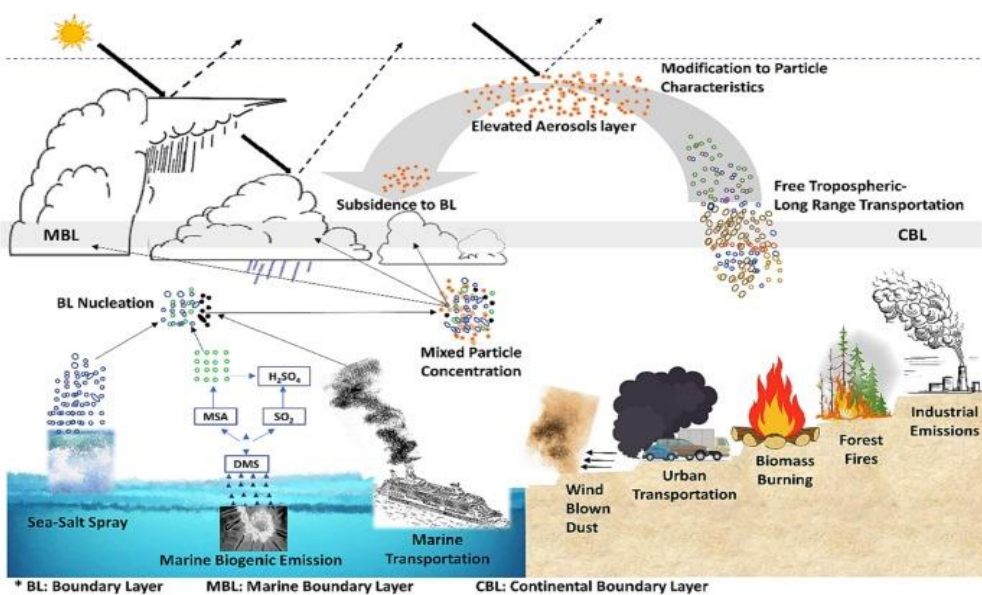
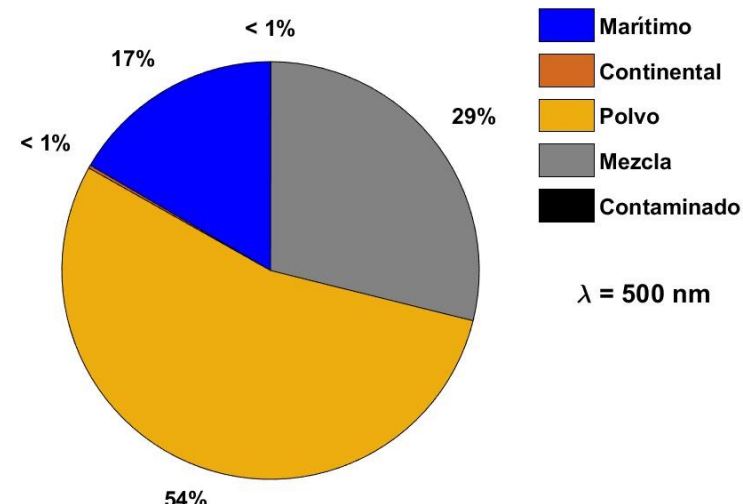
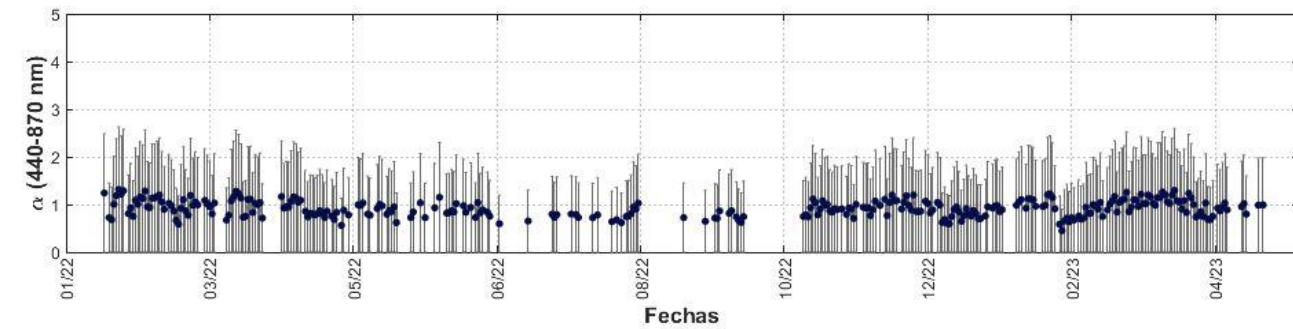
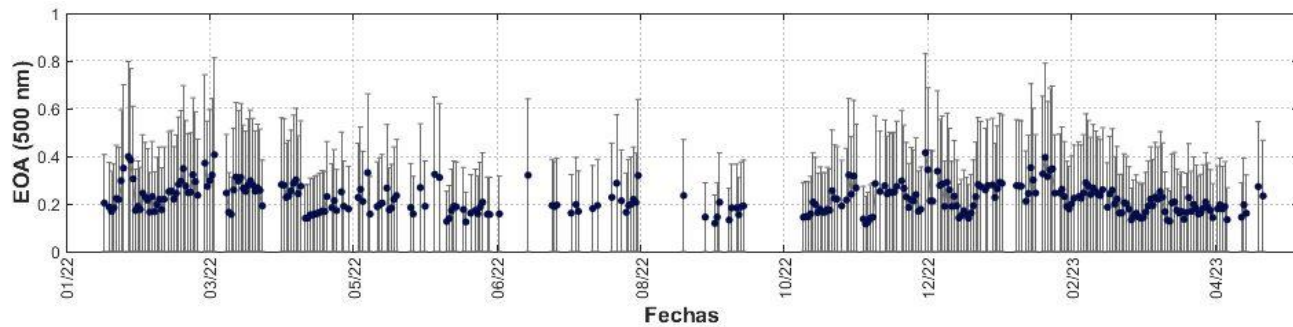
# Espesor Óptico por Aerosoles provincia de Ilo

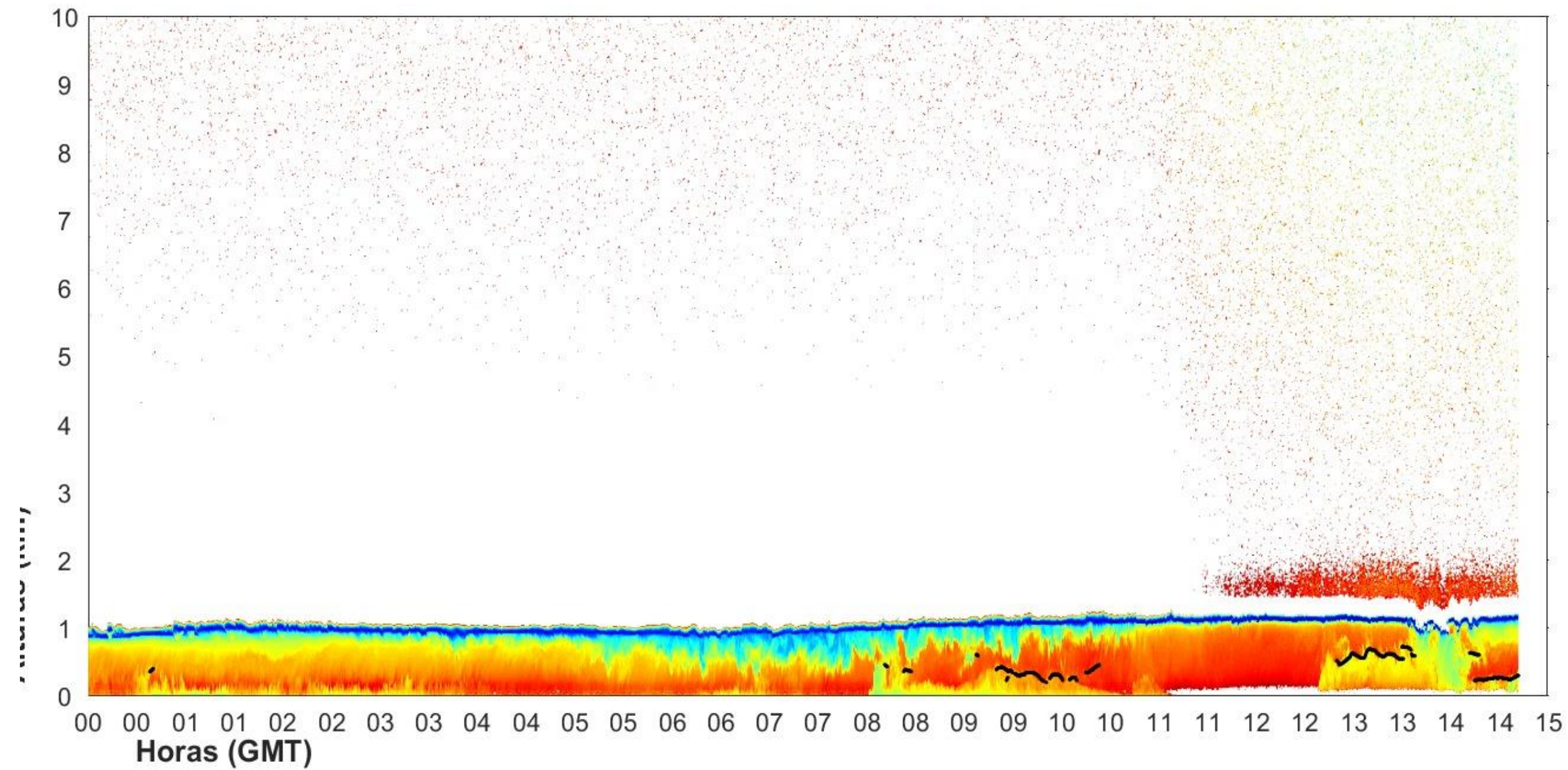


Bojiang Su, Tao Wang, Guohua Zhang, Yue Liang, Chen Lv, Yaohao Hu, Lei Li, Zhen Zhou, Xinming Wang, Xinhui Bi, A review of atmospheric aging of sea spray aerosols: Potential factors affecting chloride depletion, Atmospheric Environment, Volume 290, 2022, 119365, ISSN 1352-2310, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119365>.

Volume 290, 2022, 119365, ISSN 1352-2310, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119365>.

# ORIGEN: Aerosoles provincia de Ilo





## PERIODO 2021

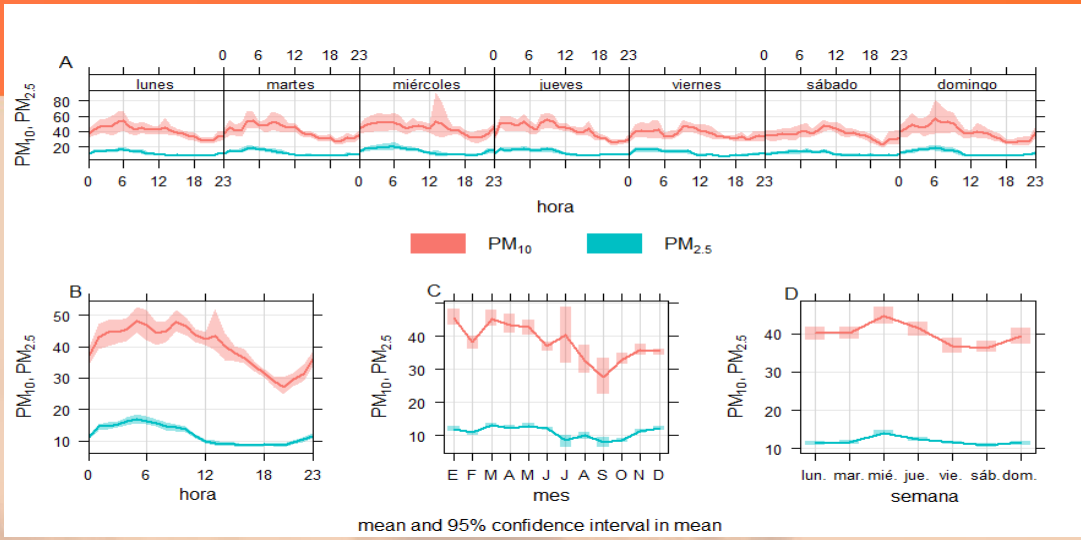


Figura 21. Variación de la concentración promedio de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en diferentes escalas de tiempo para el año 2021 (A) variación diurna para todo el día, (B) cada hora, (C) escalas mensuales y (D) días laborables y fines de semana

## PERIODO 2022

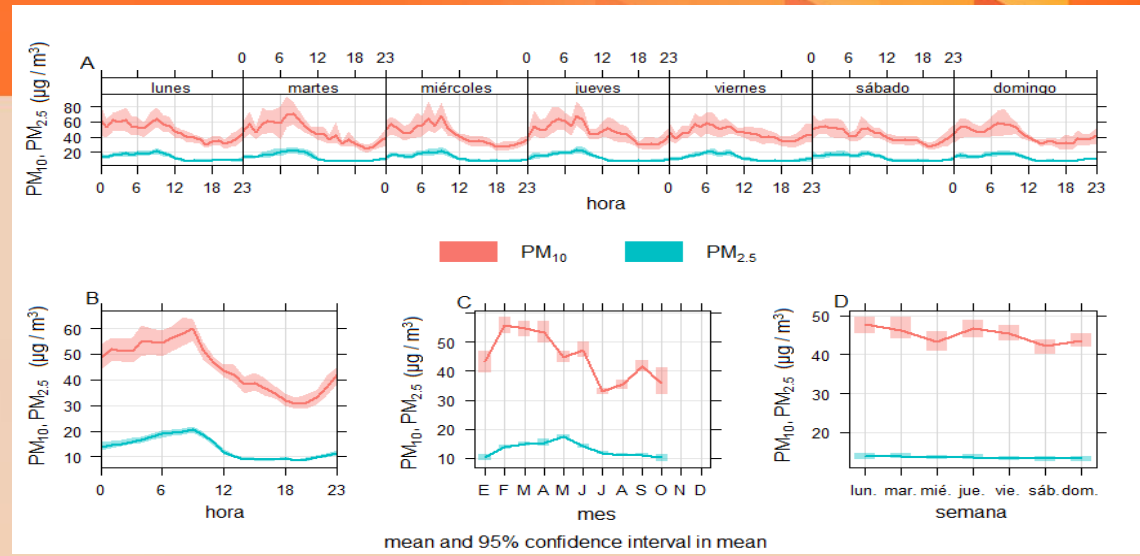


Figura 25. Variación de la concentración promedio de PM 10 y PM 2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en diferentes escalas de tiempo para el año 2022. (A) variación diurna para todo el día, (B) cada hora, (C) escalas mensuales y (D) días laborables y fines de semana.

Determinación de la concentración de PM10, PM2.5, SO2, NO2, y O3 durante el Periodo del 2021 y 2022.

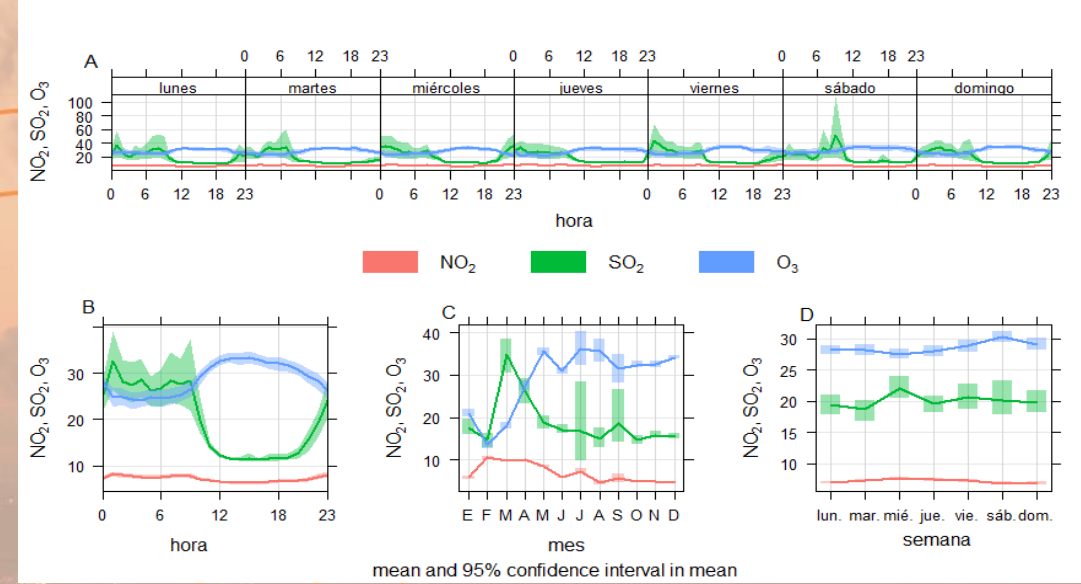


Figura 22. Variación de la concentración promedio de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, y O<sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en diferentes escalas de tiempo para el año 2021. (A) variación diurna para todo el día, (B) cada hora, (C) escalas mensuales y (D) días laborables y fines de semana.

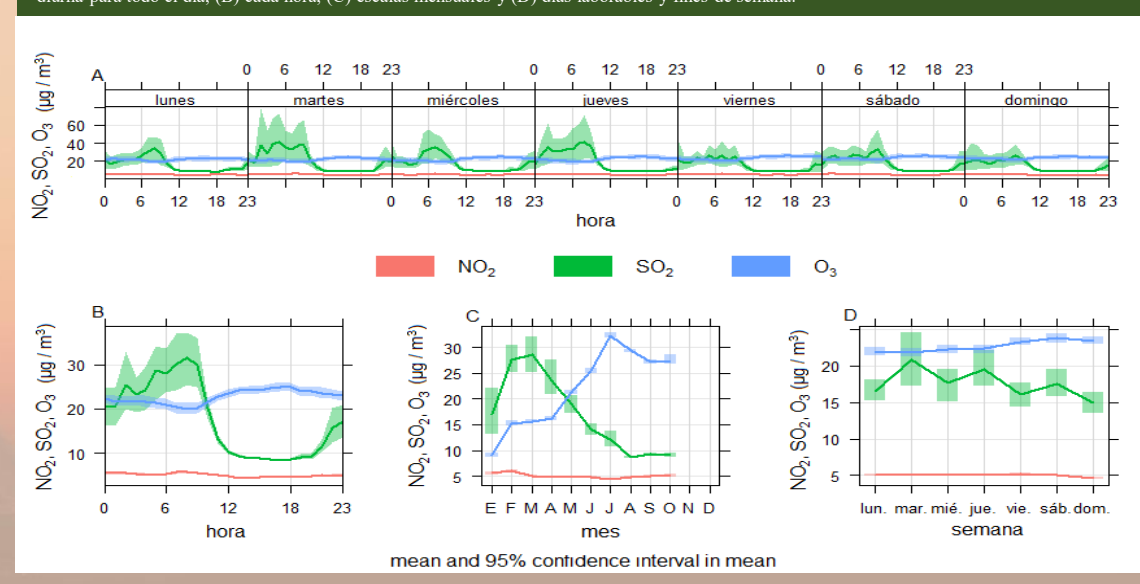
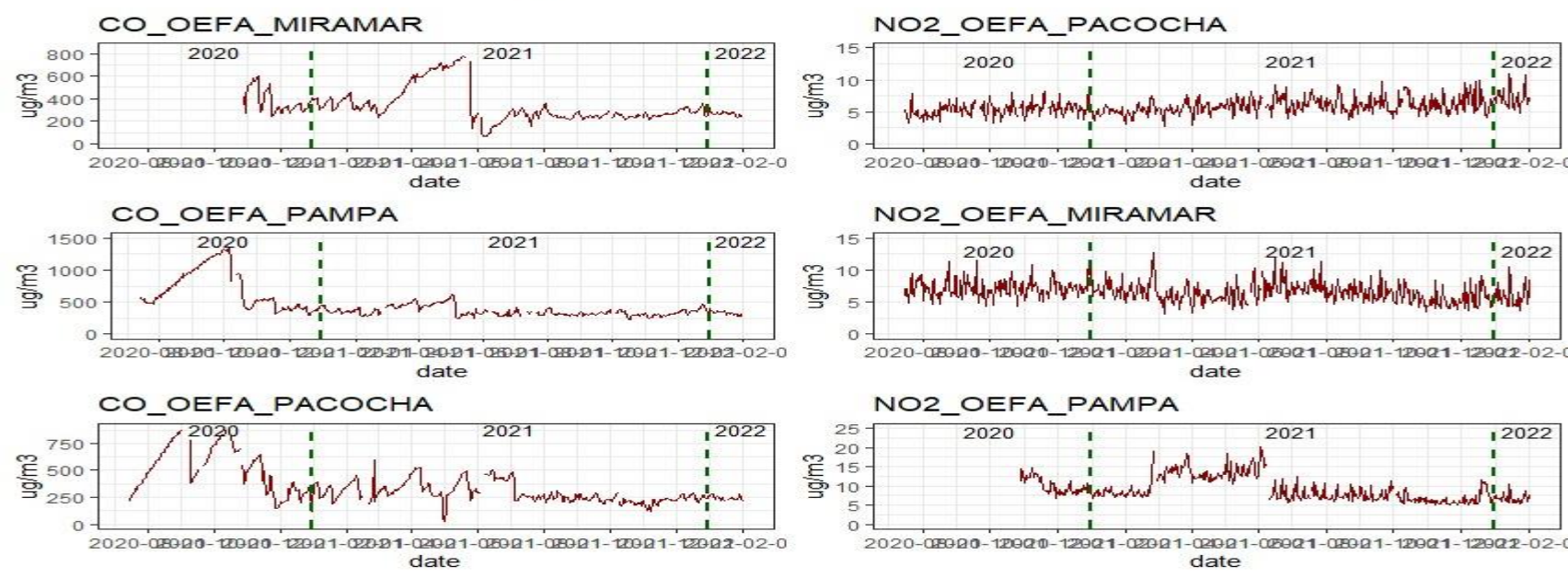
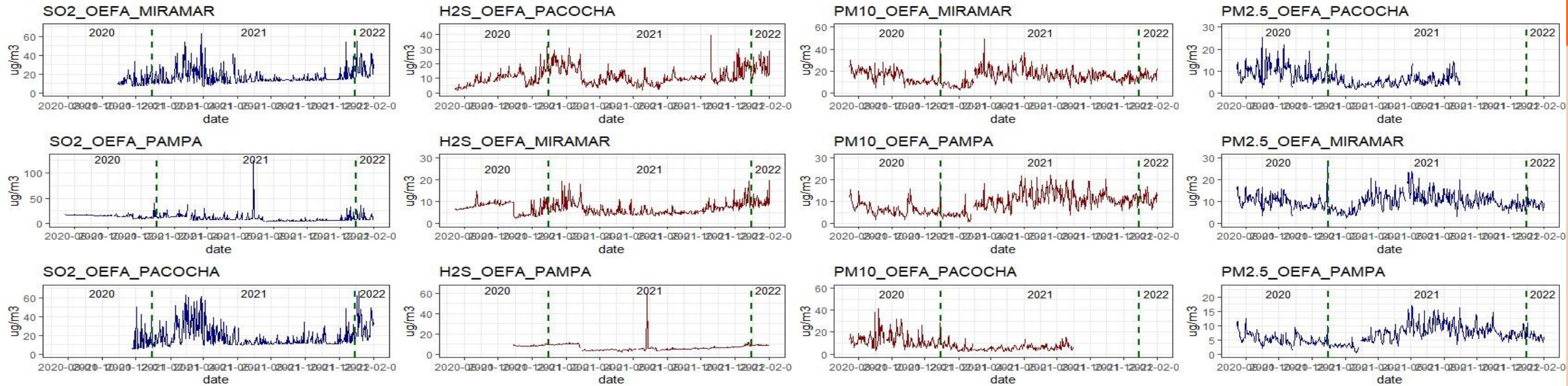


Figura 26. Variación de la concentración promedio de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, y O<sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en diferentes escalas de tiempo para el año 2020. (A) variación diurna para todo el día, (B) cada hora, (C) escalas mensuales y (D) días laborables y fines de semana.



# Determinación de la concentración de PM10, PM2.5, SO2, NO2, y CO durante el Periodo del 2020, 2021 y 2022.



# RESULTADOS: GRAFICAS POLARES PM10

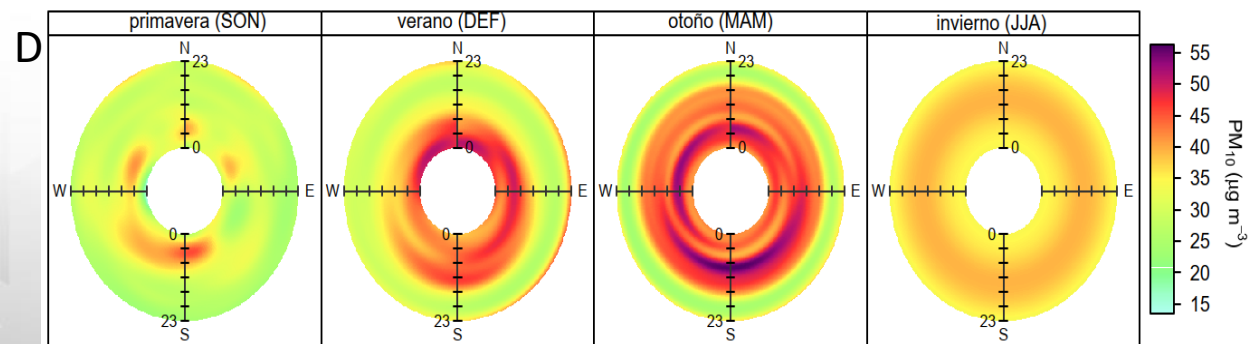
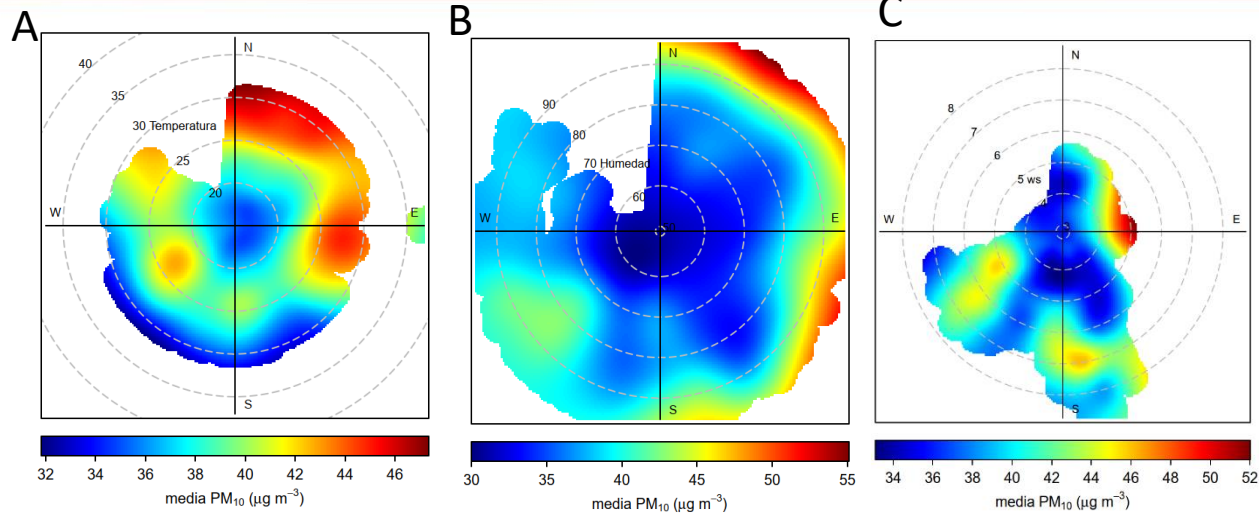


Figura 1. Graficas Polares de PM10 vs Temperatura (A), Humedad (B), Velocidad de viento (C) y su comportamiento en las diferentes estaciones (D), para el año 2021.

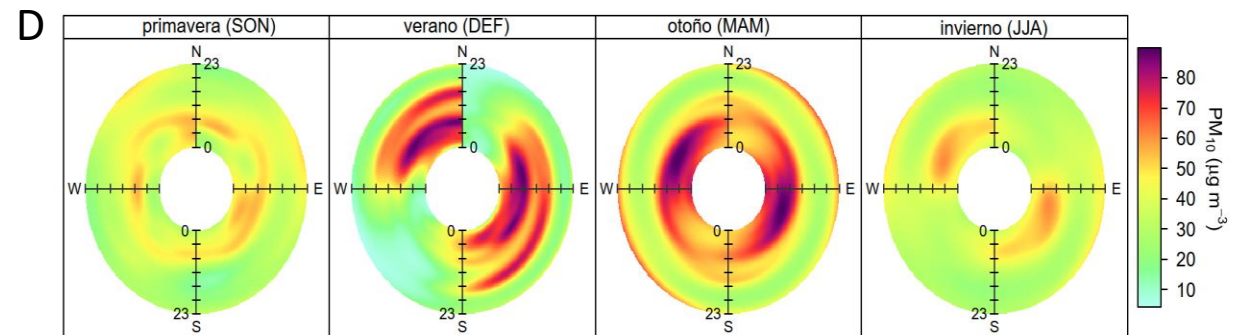
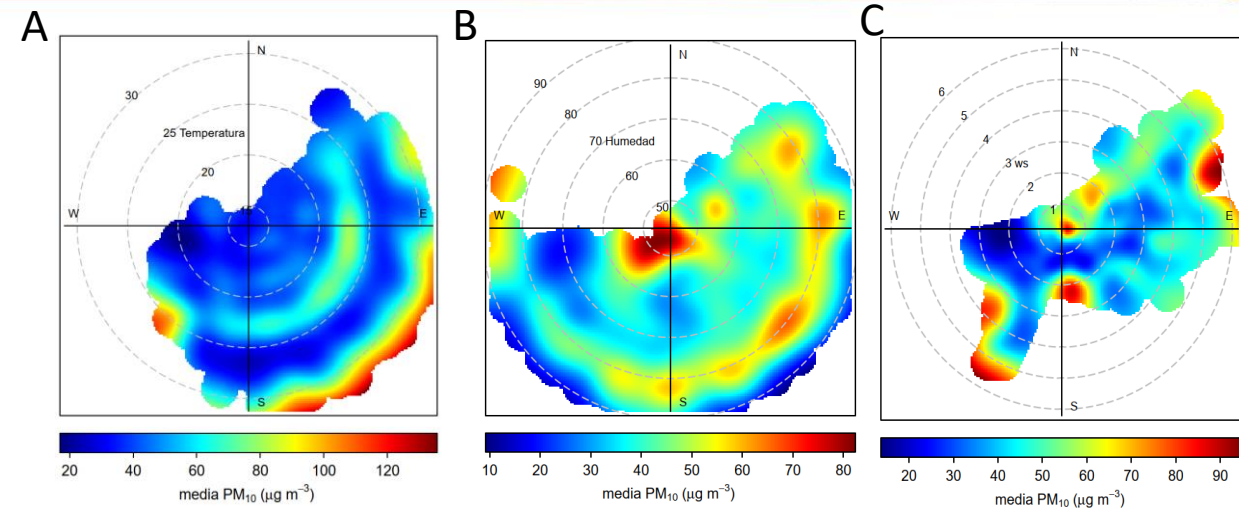
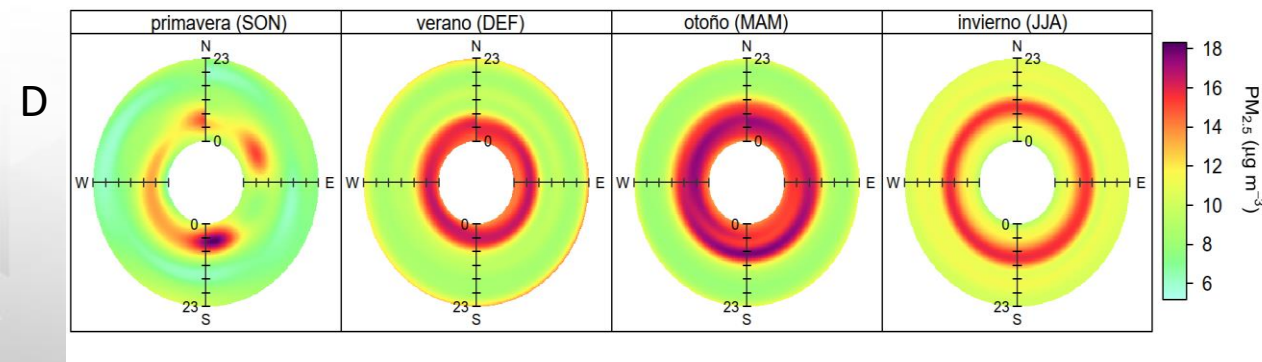
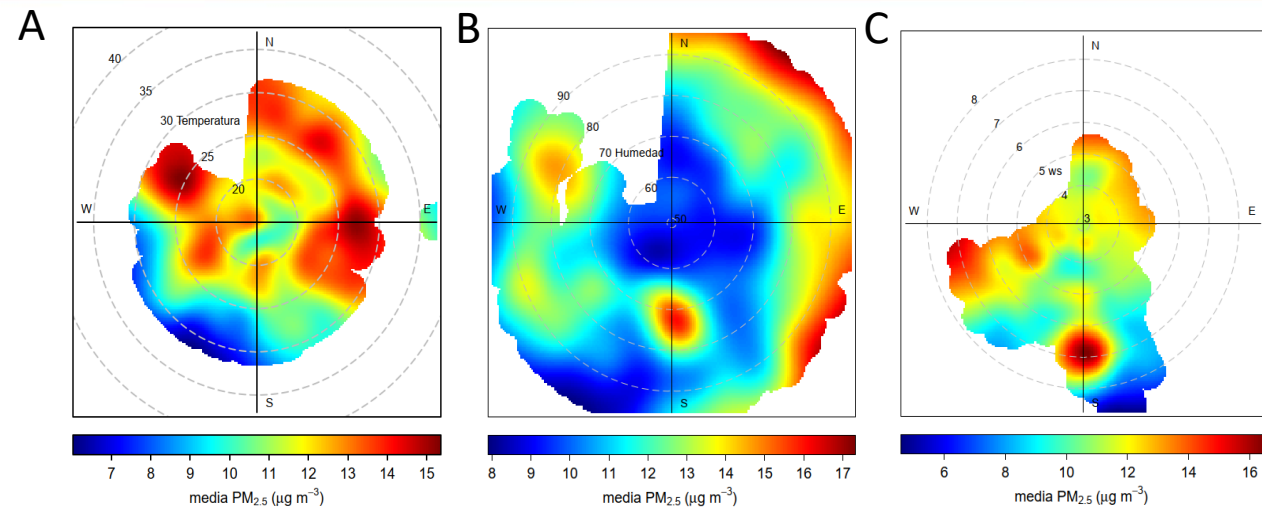
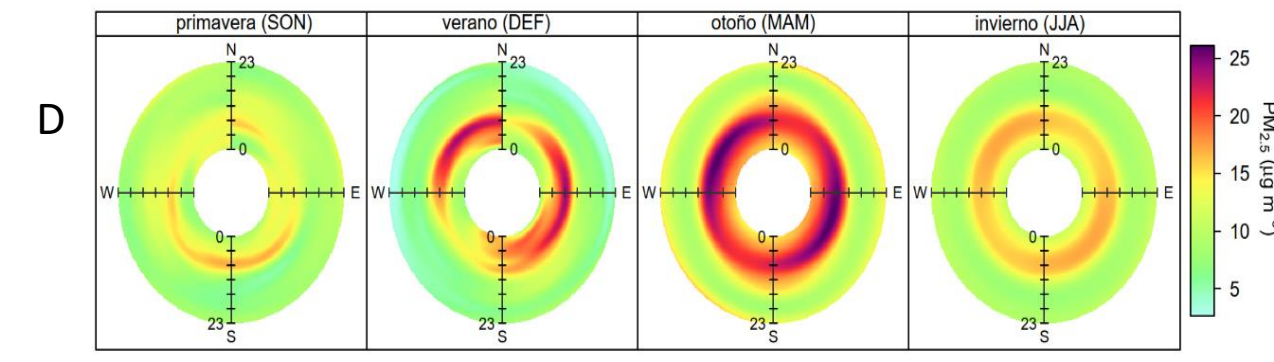
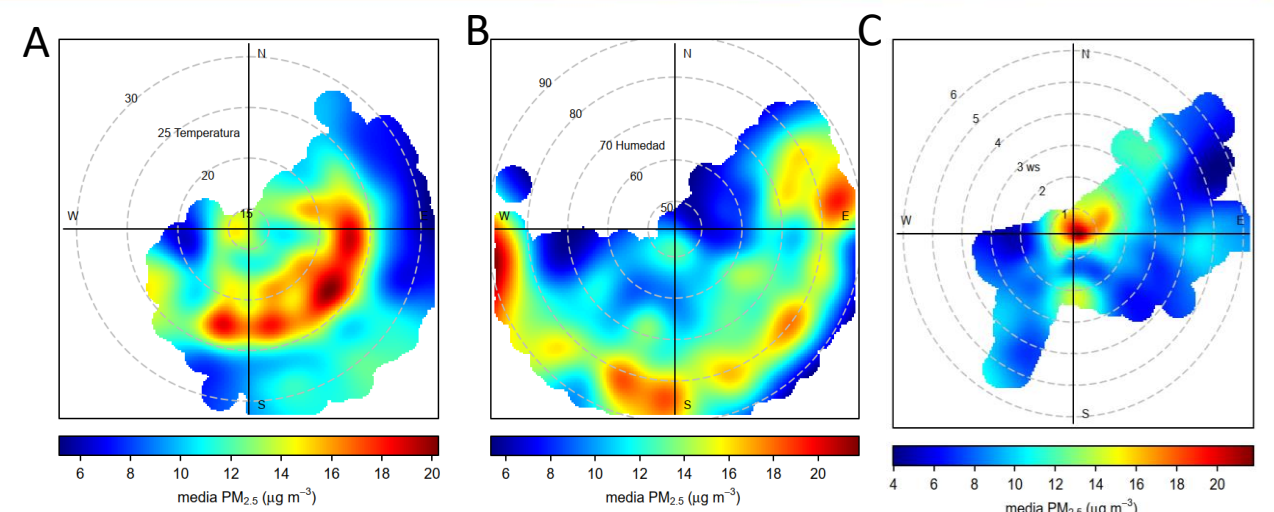


Figura 2. Graficas Polares de PM10 vs Temperatura (A), Humedad (B), Velocidad de viento (C) y su comportamiento en las diferentes estaciones (D), para el año 2022.

# GRAFICAS POLARES: PM<sub>2.5</sub>

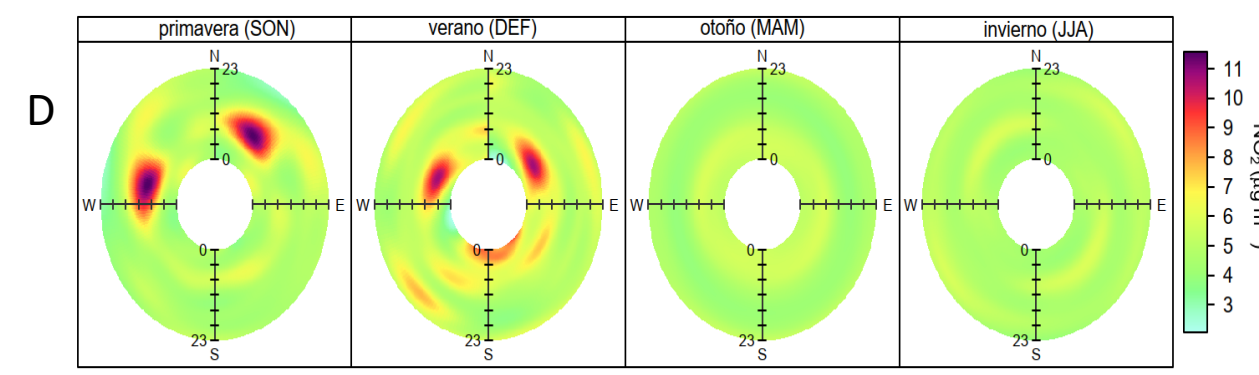
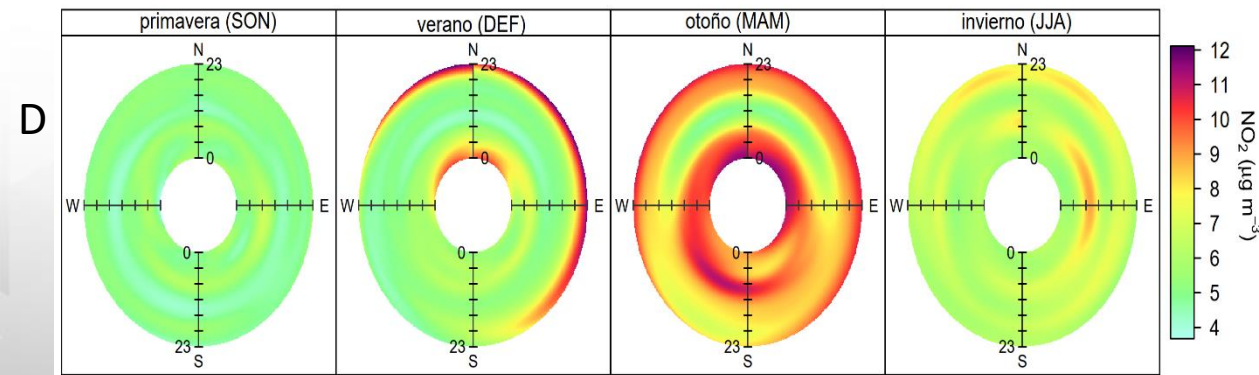
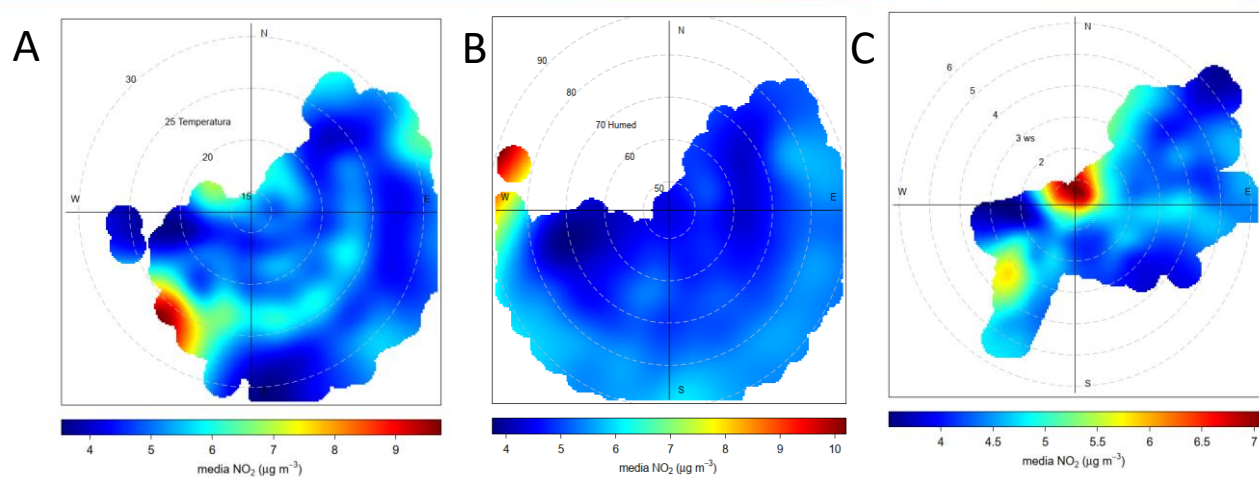
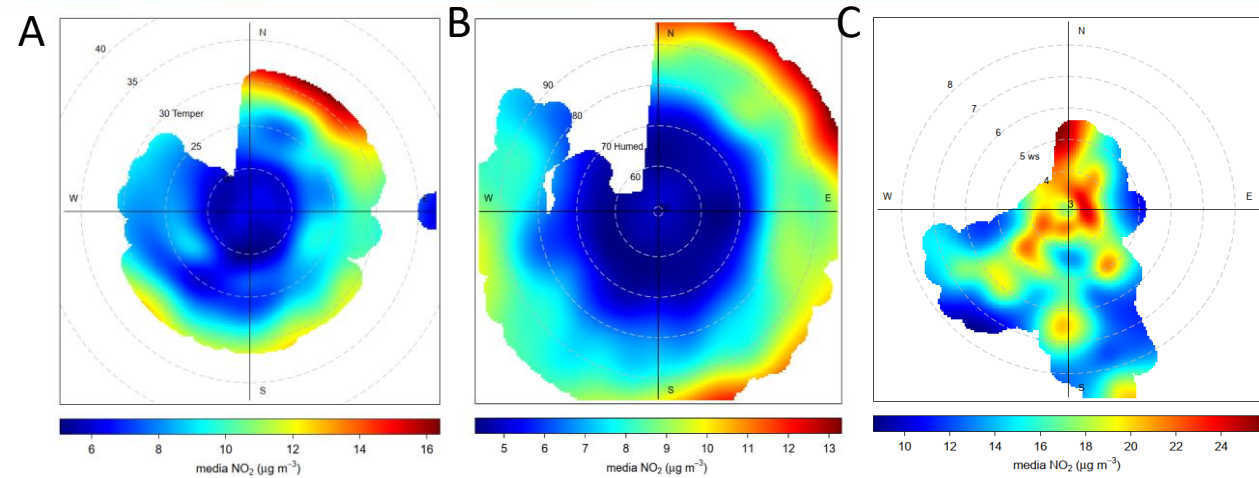


**Figura 3.** Graficas Polares de PM<sub>2.5</sub> vs Temperatura (A), Humedad (B), Velocidad de viento (C) y su comportamiento en las diferentes estaciones (D), para el año 2019.



**Figura 4.** Graficas Polares de PM<sub>2.5</sub> vs Temperatura (A), Humedad (B), Velocidad de viento (C) y su comportamiento en las diferentes estaciones (D), para el año 2020.

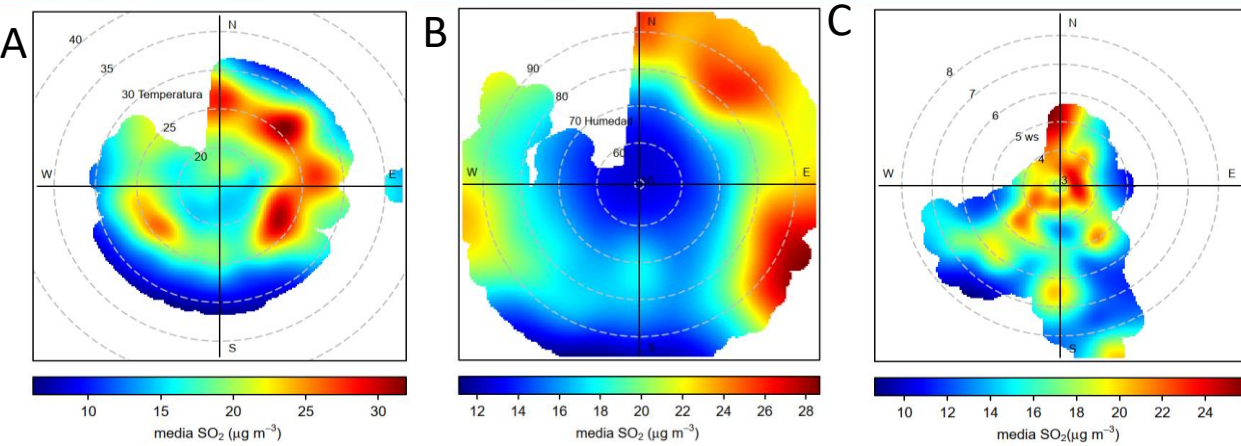
# GRAFICAS POLARES: NO<sub>2</sub>



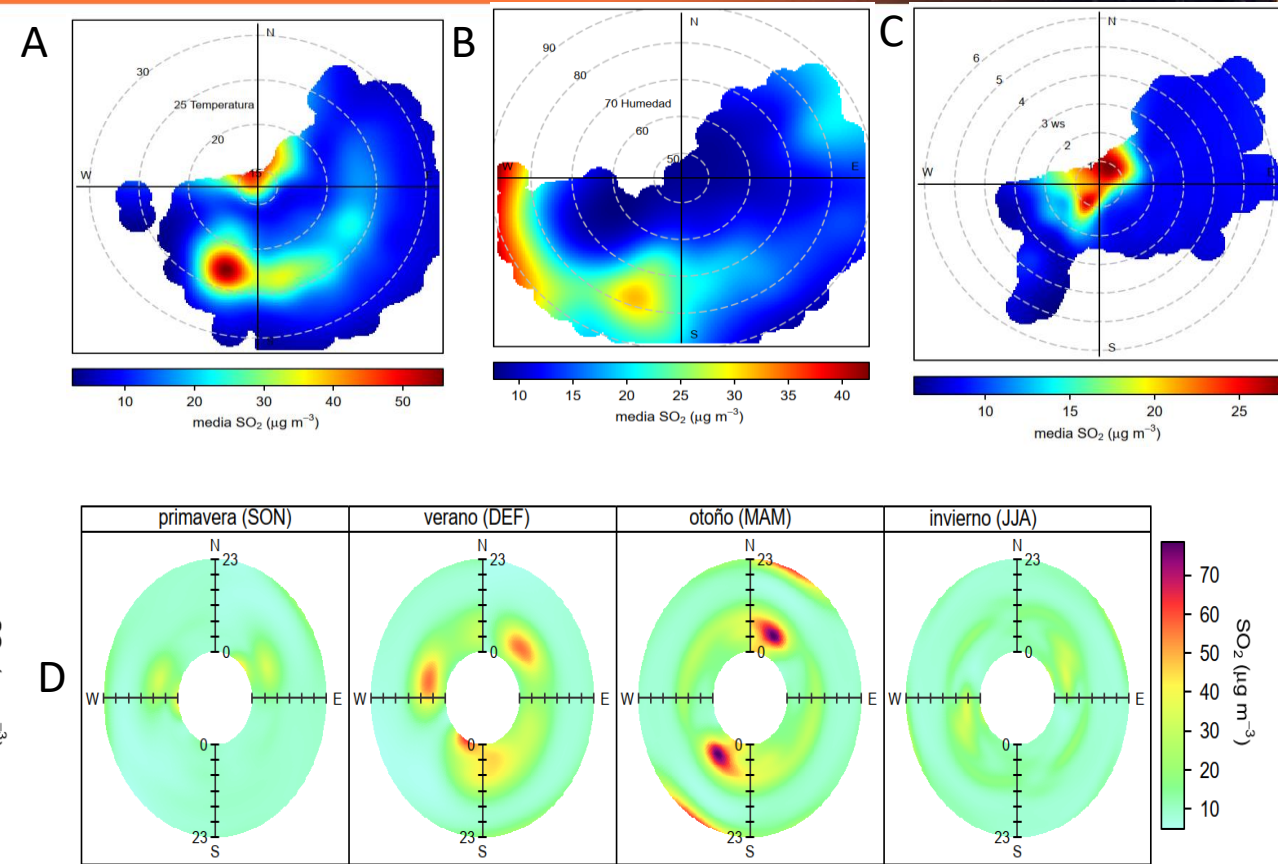
**Figura 5.** Graficas Polares de NO<sub>2</sub> vs Temperatura (A), Humedad (B), Velocidad de viento (C) y su comportamiento en las diferentes estaciones (D), para el año 2021.

**Figura 6.** Graficas Polares de NO<sub>2</sub> vs Temperatura (A), Humedad (B), Velocidad de viento (C) y su comportamiento en las diferentes estaciones (D), para el año 2022

# GRAFICAS POLARES:SO<sub>2</sub>

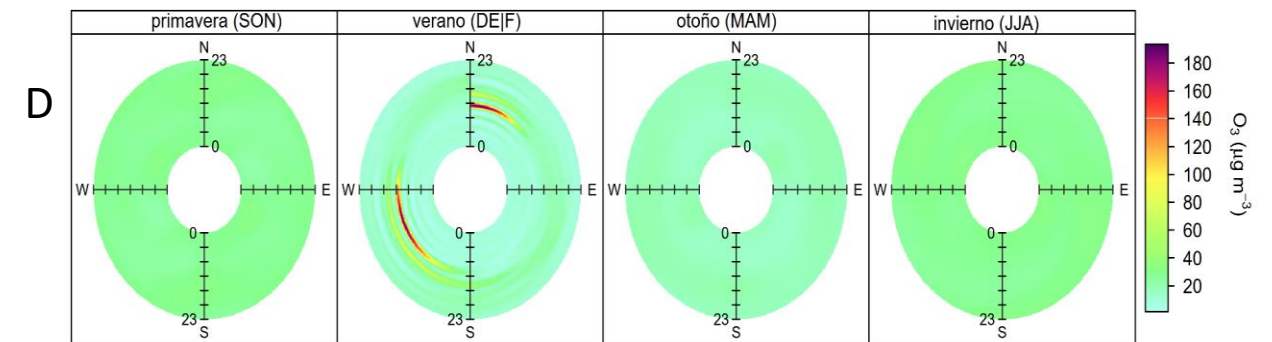
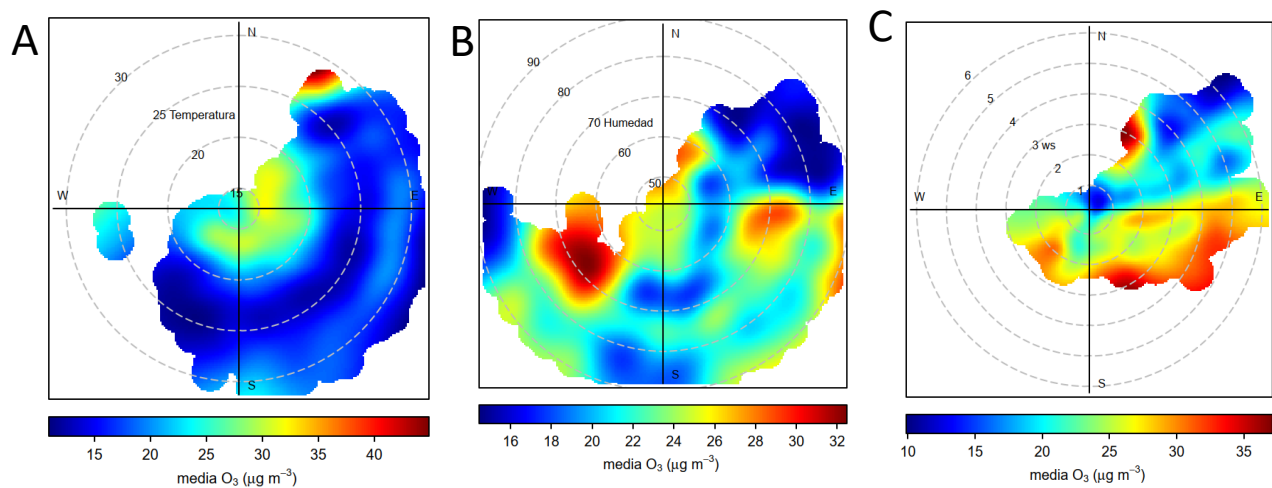
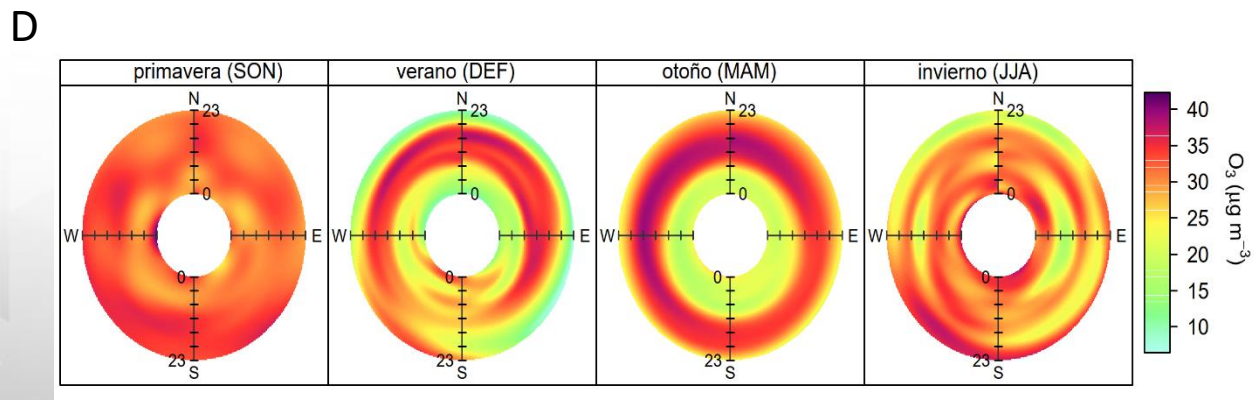
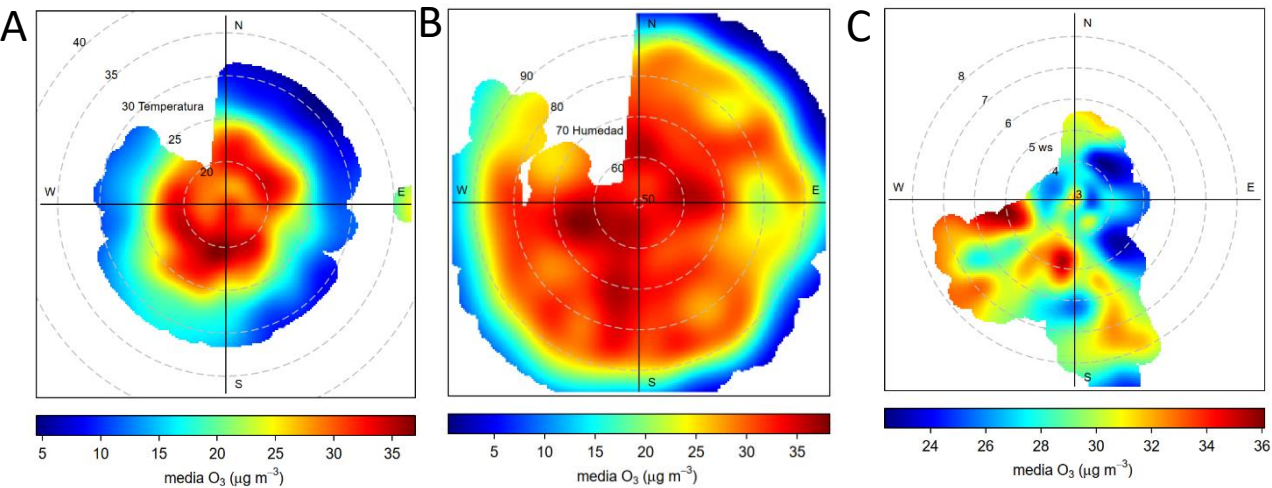


**Figura 7.** Graficas Polares de SO<sub>2</sub> vs Temperatura (A), Humedad (B), Velocidad de viento (C) y su comportamiento en las diferentes estaciones (D), para el año 2021.



**Figura 8.** Graficas Polares de SO<sub>2</sub> vs Temperatura (A), Humedad (B), Velocidad de viento (C) y su comportamiento en las diferentes estaciones (D), para el año 2022.

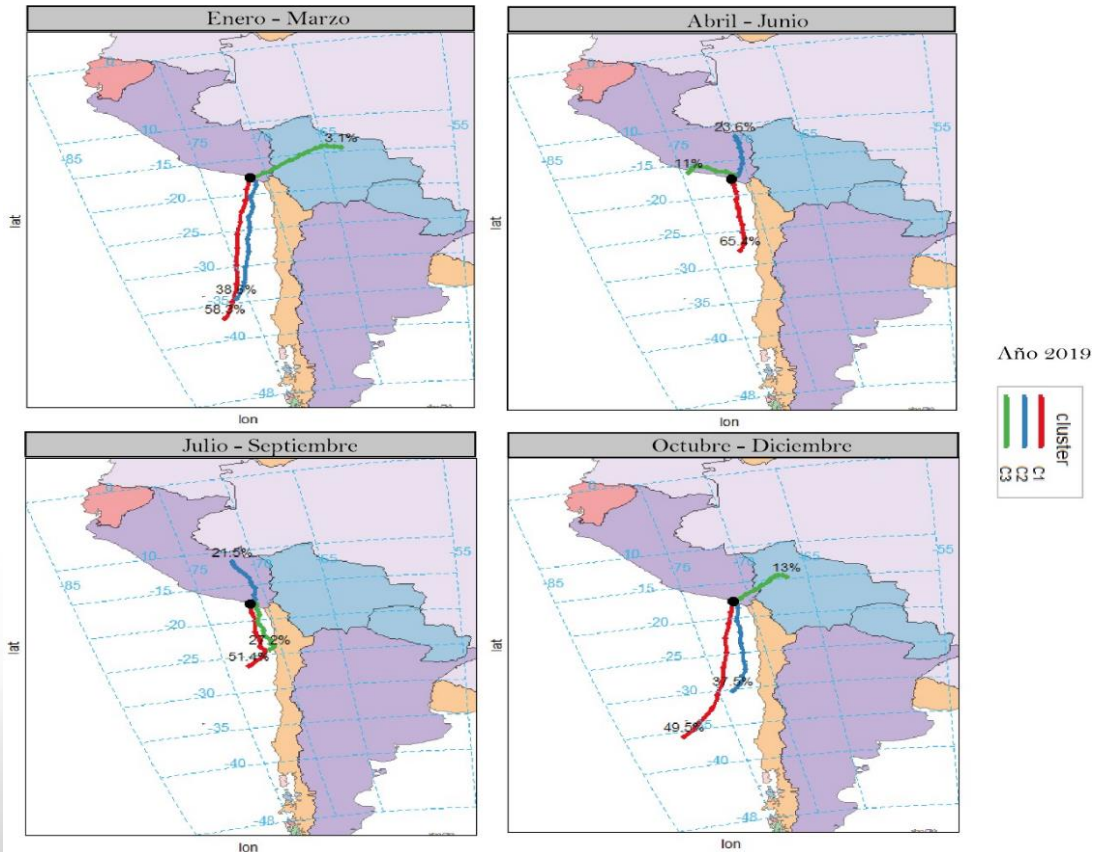
# GRAFICAS POLARES: O<sub>3</sub>



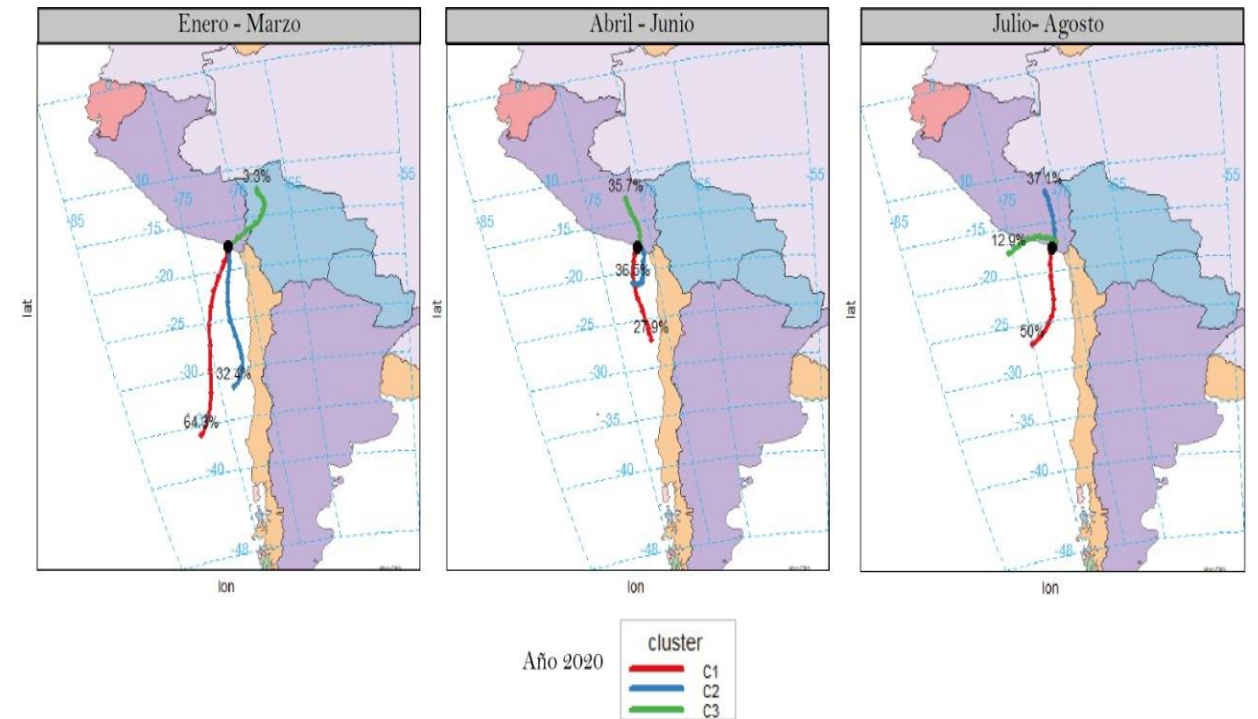
**Figura 9.** Graficas Polares de O<sub>3</sub> vs Temperatura (A), Humedad (B), Velocidad de viento (C) y su comportamiento en las diferentes estaciones (D), para el año 2021.

**Figura 10.** Graficas Polares de O<sub>3</sub> vs Temperatura (A), Humedad (B), Velocidad de viento (C) y su comportamiento en las diferentes estaciones (D), para el año 2022.

# Análisis de los conglomerados de las trayectorias de retorno de HYSPLIT



**Figura 11.** Análisis de conglomerados de las trayectorias de retorno de HYSPLIT que llegan cada hora a 10 m de altura durante los meses de enero a diciembre del año 2021, sobre el distrito de Pacocha.



**Figura 12.** Análisis de conglomerados de las trayectorias de retorno de HYSPLIT que llegan cada hora a 10 m de altura durante los meses de enero a diciembre del año 2022, sobre el distrito de Pacocha.





PERÚ

Ministerio  
de Relaciones Exteriores



Firmado digitalmente por:  
SOAREZ DOCUMENT Manuel FAU  
20131380101 soft  
Motivo: [Director de  
Asuntos Antárticos]  
Fecha: 15/08/2022 17:34:15-0500

"DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional "

Lima, 15 de agosto de 2022

OF. RE (ANT) N° 2-8-B/95

Resultado de Evaluación  
Documentaria de Propuestas de  
Proyectos a desarrollarse en la  
ANTAR XXIX

REF: CARTA N°073-2022-DE-IINDEP/VPI/UNAM

Señor Doctor  
Washington Zeballos Gamez  
Presidente  
Universidad Nacional de Moquegua

Tengo el agrado de dirigirme a usted, en atención a la rectoría que ejerce el Ministerio de Relaciones Exteriores sobre la Política Nacional Antártica, y en cuyo marco se ejecutan las Expediciones Científicas del Perú a la Antártida.

Considerando el levantamiento de las observaciones que se realizó a la evaluación documentaria de las propuestas de proyectos (PP) remitidas en el marco de la "Convocatoria para la presentación de proyectos en materia antártica" a desarrollarse en el ANTAR XXIX, se declara como APTA para que se realice la Evaluación Técnica a la PP:

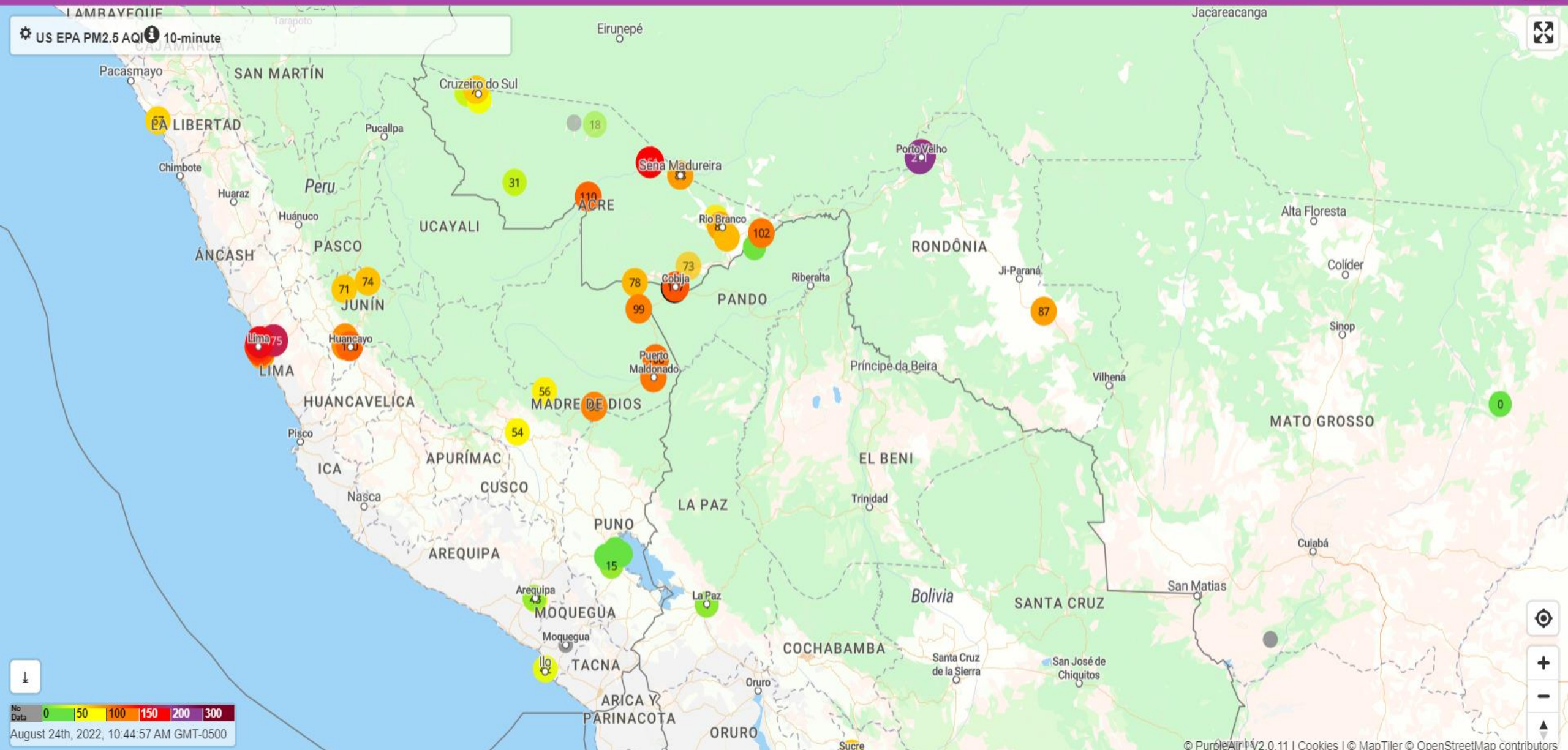
Caracterización de elementos trazas presentes en líquenes y aerosoles atmosféricos transfronterizos en la Estación Científica Antártica Machu Picchu, Bahía Almirantazgo, Isla Rey Jorge





GICA  
GRUPO EN CIENCIAS DE LA  
ATMOSFERA





August 24th, 2022, 10:44:57 AM GMT-0500











[PUC – Rio](#)  
[Adriana Gioda – PUC – Rio](#)



Professora Associada Nível 1 na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e está vinculada ao LADETEC/IQ-UFRJ como Pesquisadora Colaboradora.

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Química.  
Rua Marquês de São Vicente, 225, Predio Cardeal Leme, Sala 772A  
Gávea  
22453900 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil  
Telefone: (21) 32571328  
URL da Homepage: [www.iq.ufrj.br/ladetec](http://www.iq.ufrj.br/ladetec) e <http://www.puc-rio.br/sobrepucc/depto/quimica/index.html>





Gracias!!!