

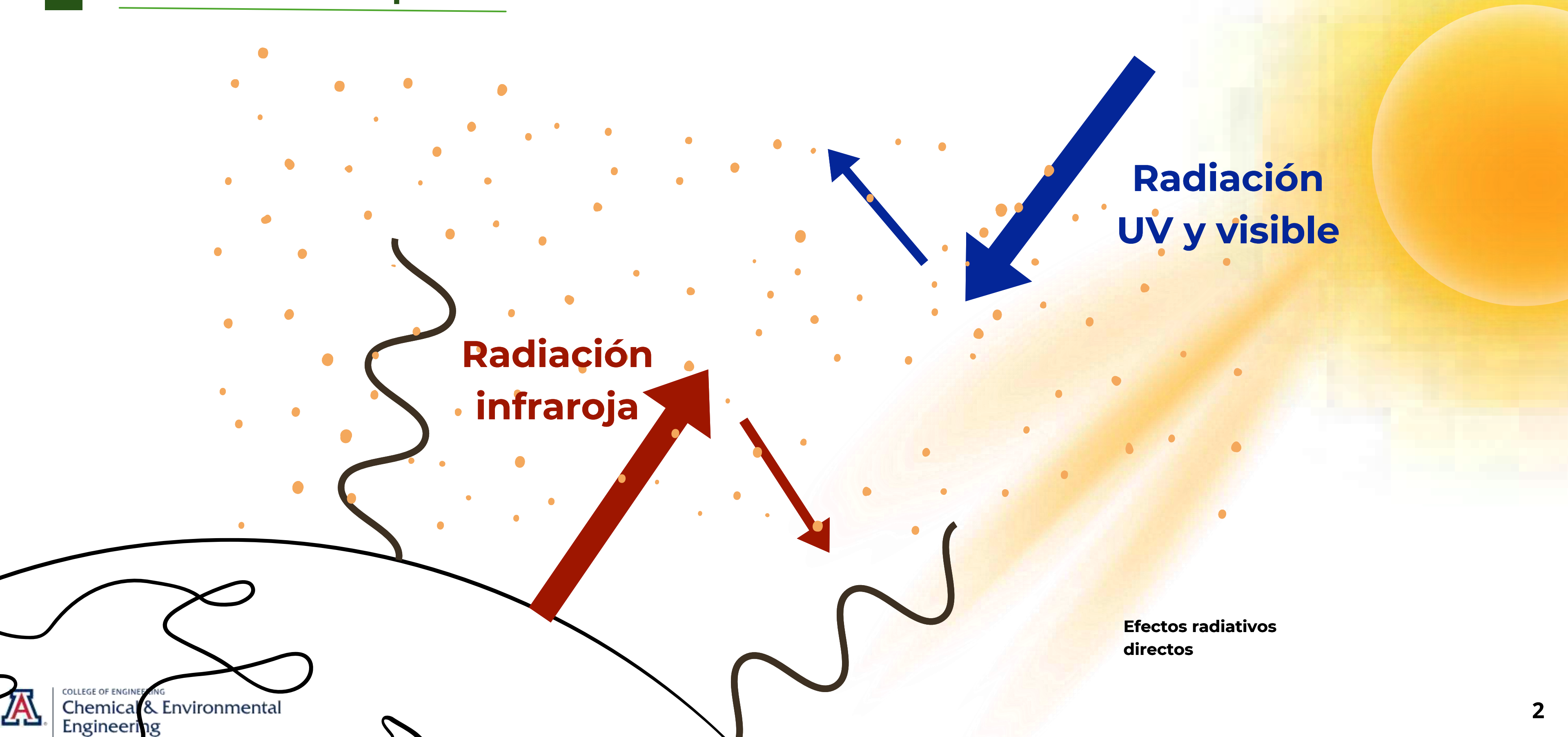
Caracterización de eventos extremos de aerosoles y sus implicaciones para la generación de energía fotovoltaica: Un caso de estudio en el suroeste de Estados Unidos

Juliana Mejía Sepúlveda, Edgardo Sepúlveda Araya, Patrick Bunn y
Sylvia Sullivan

- 1. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad de Arizona
- 2. Departamento de Hidrología y Ciencias Atmosféricas, Universidad de Arizona

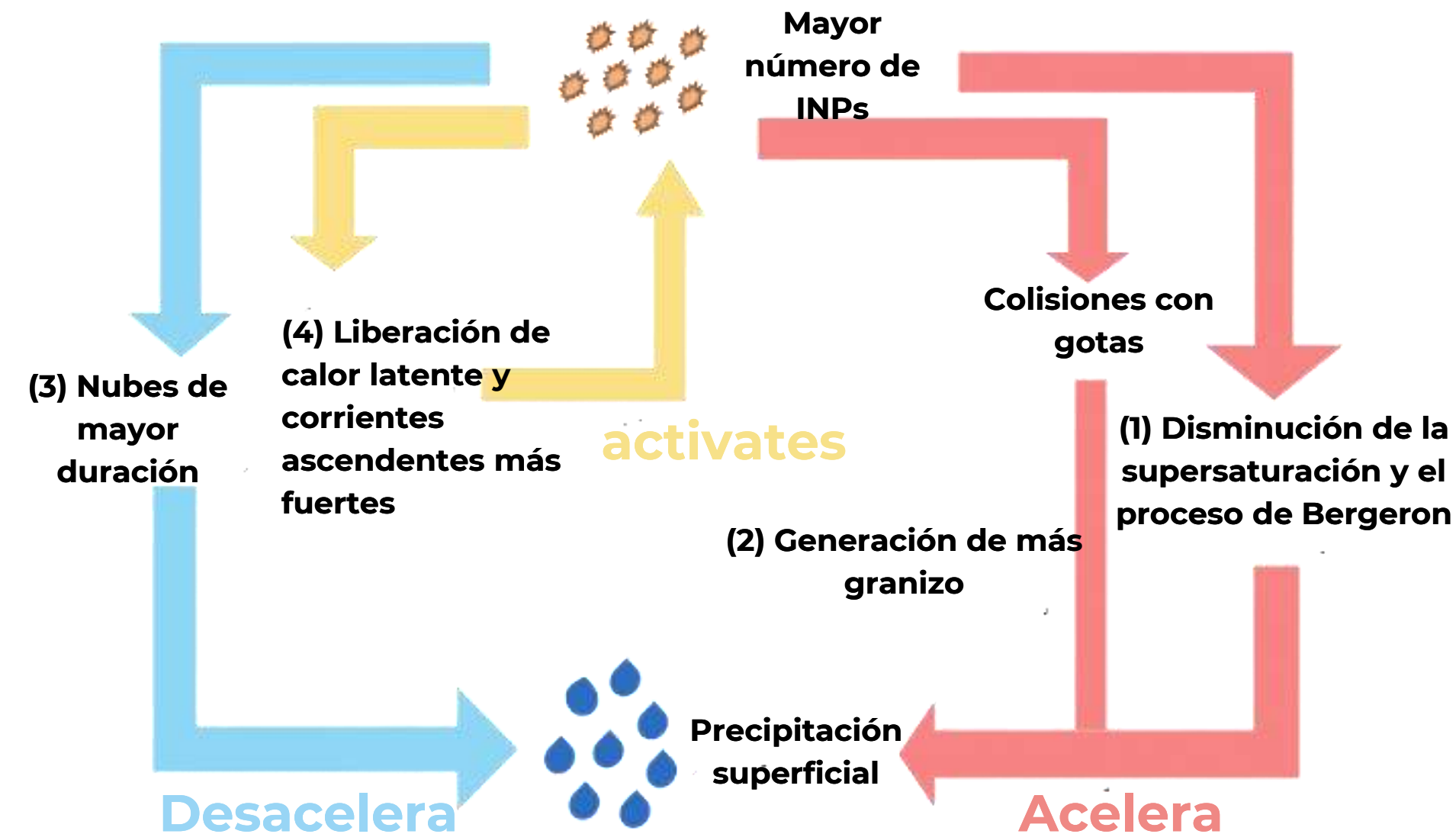


■ Motivación: Por qué nos interesa estudiar los aerosoles?

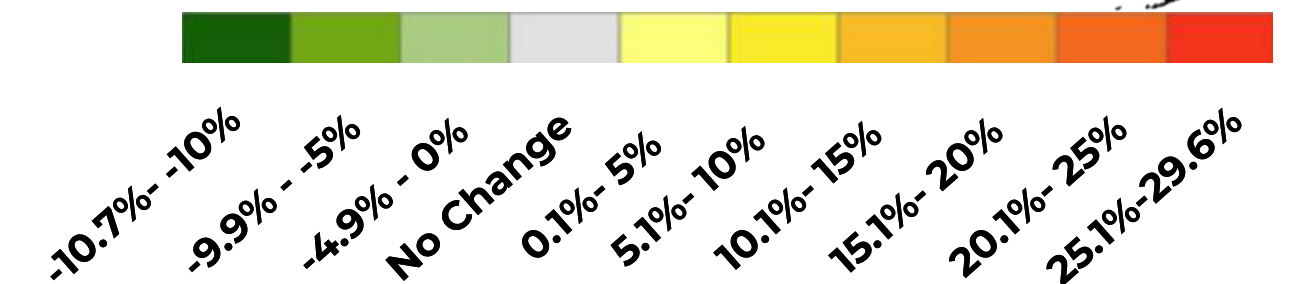
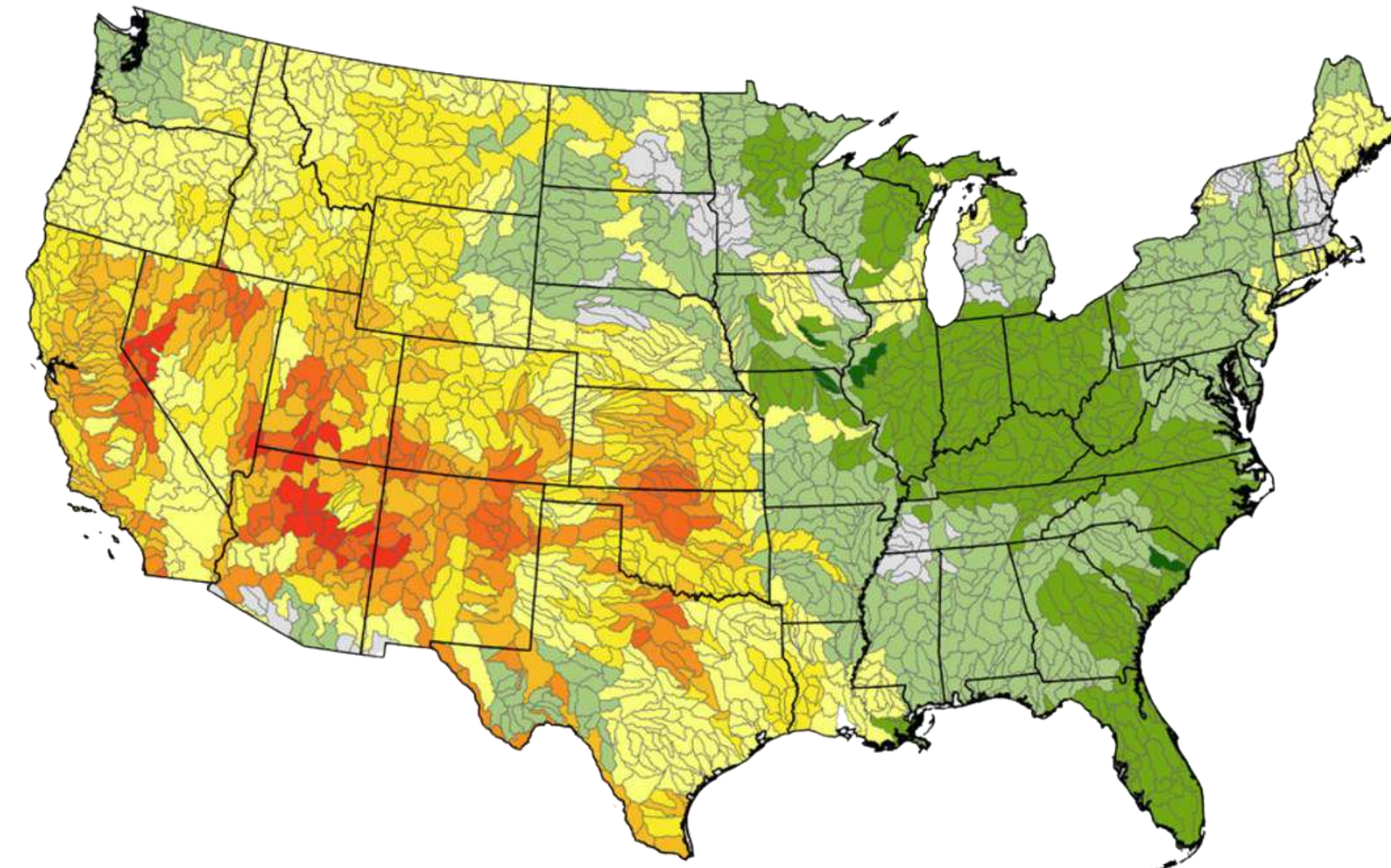


Motivación: Por qué nos interesa estudiar los aerosoles?

Cambio porcentual en el índice de estrés hídrico según el cambio proyectado en los suministros superficiales entre 1900-1970 y 2041-2060



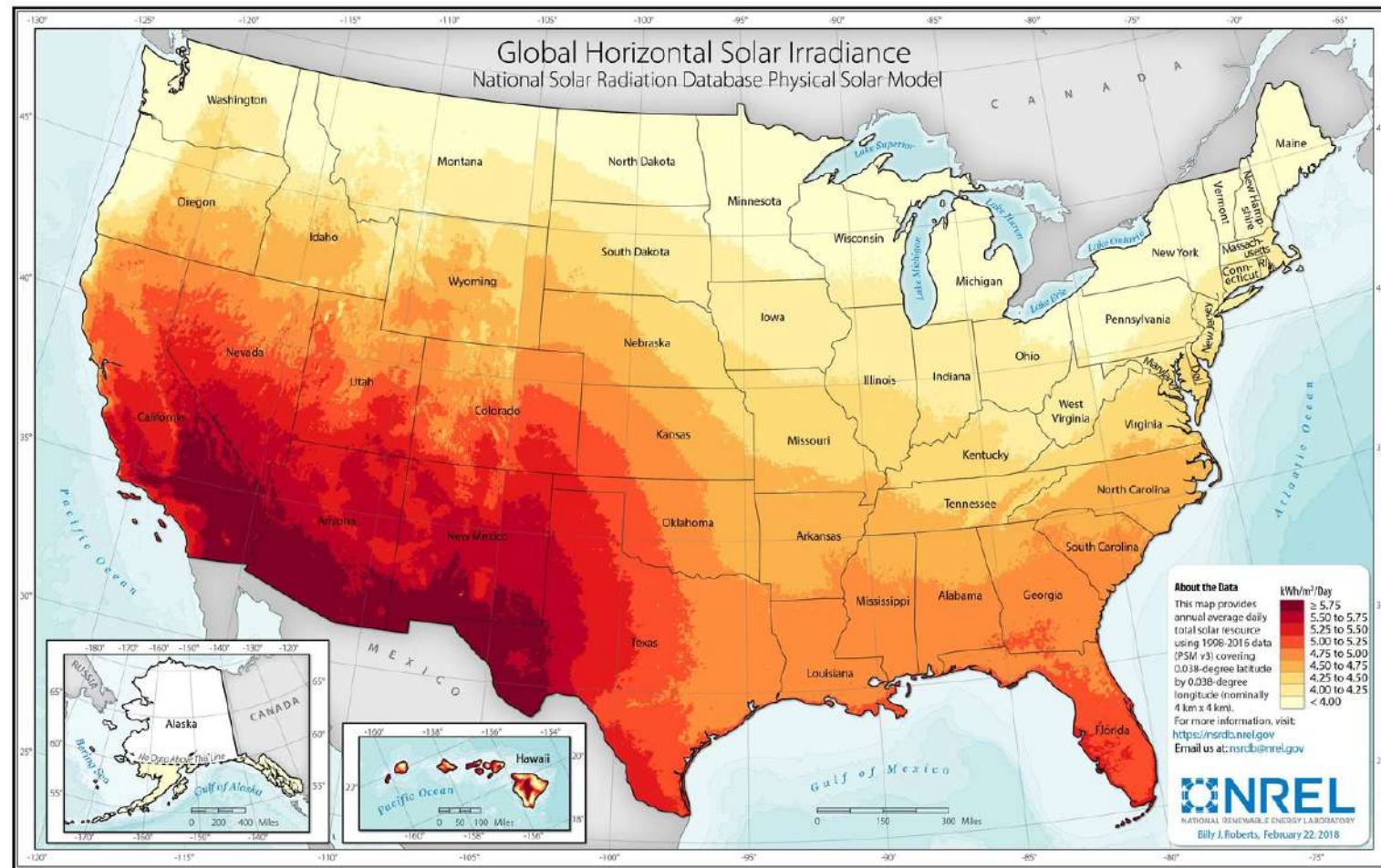
Adapted from Sullivan et al., Atmos. Chem. Phys., 2018



Averyt et al., Environ. Res. Lett., 2013

Motivación: Por qué nos interesa estudiar los aerosoles?

Los aerosoles, disminuyen directamente el potencial de generación de energía fotovoltaica, atenuando la radiación por efecto de absorción o por dispersión



Sengupta et al., Renew. Sustain. Energy Rev., 2018

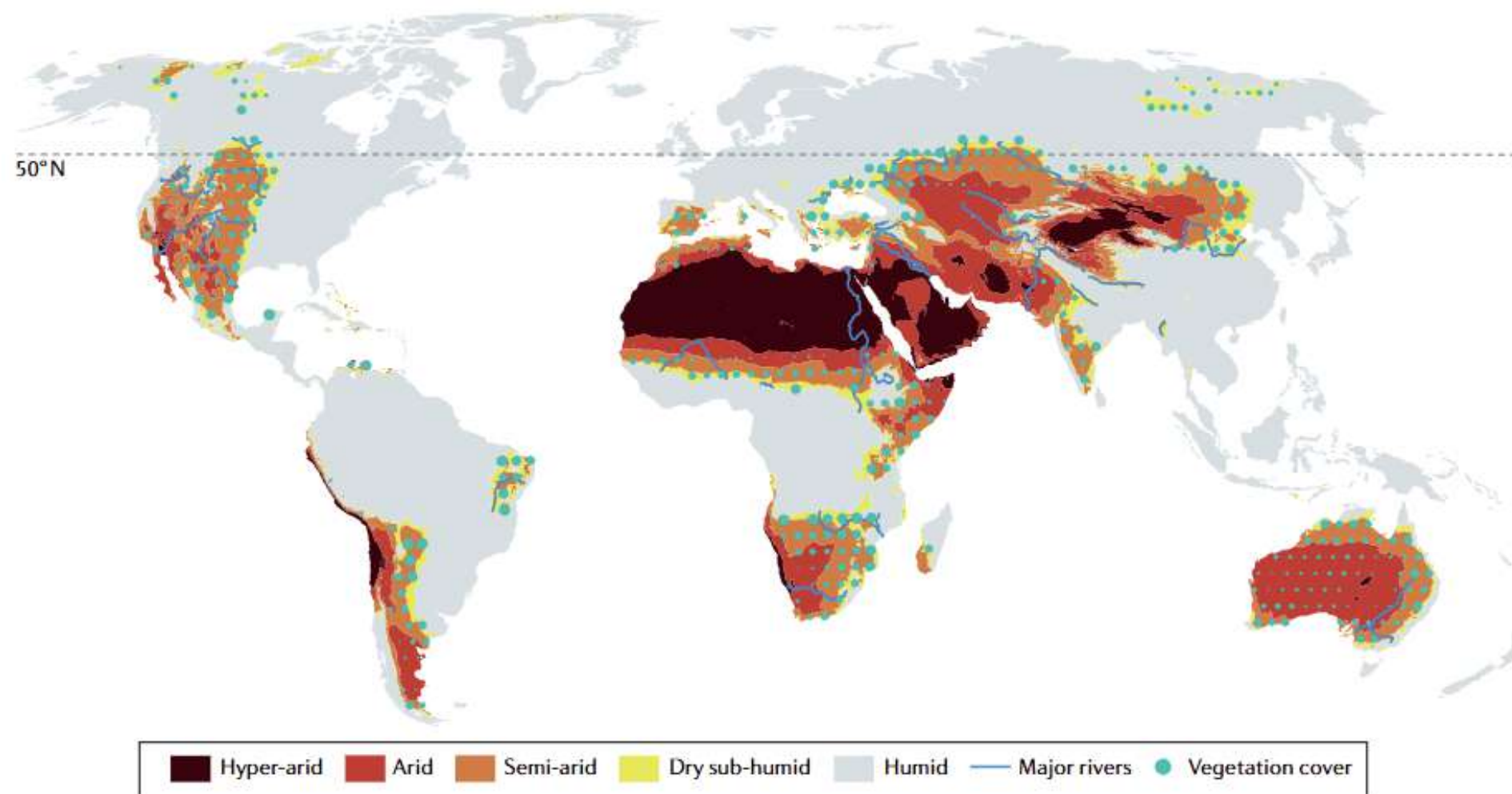


Efectos en la generación de energía fotovoltaica

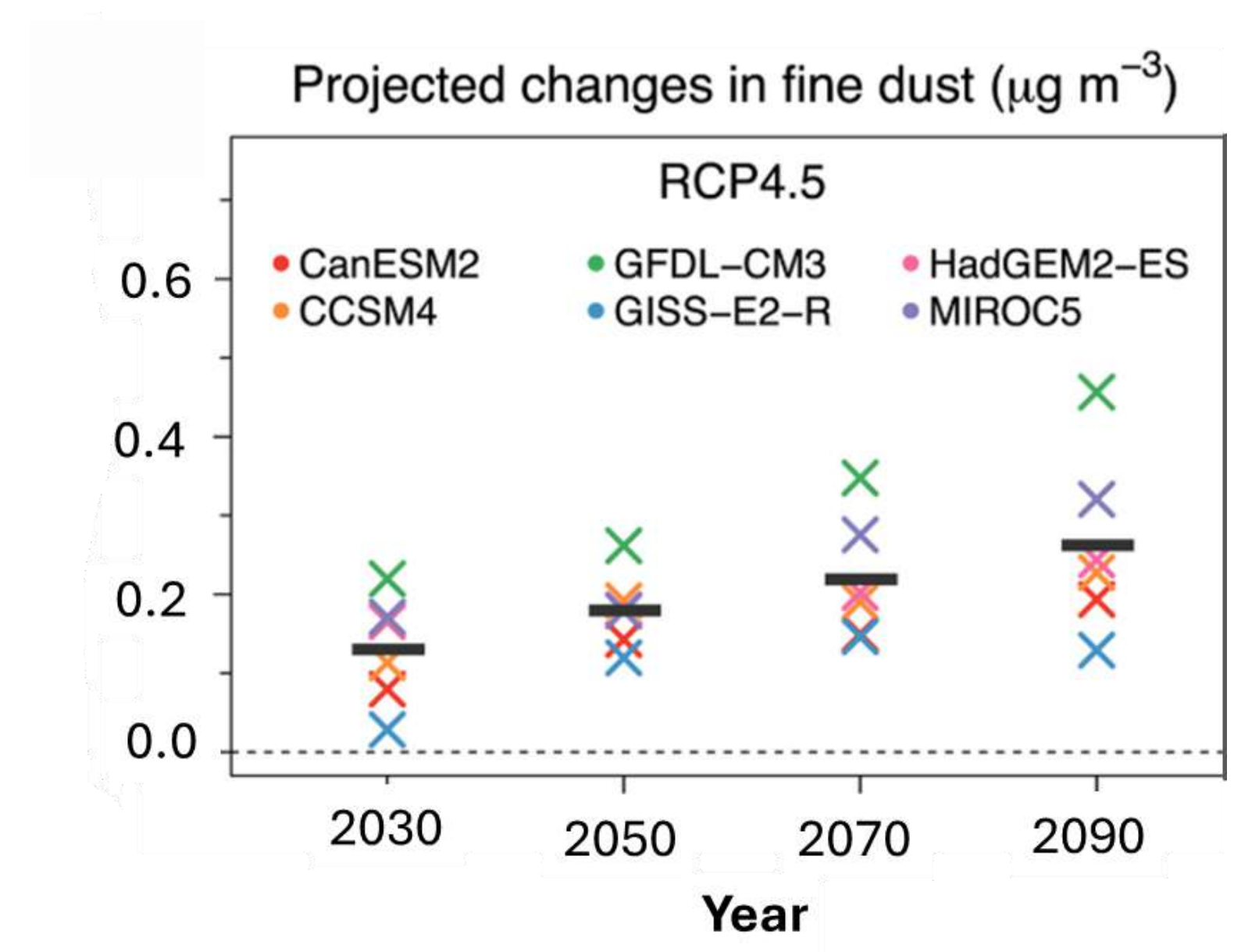
■ **Motivación: En zonas con mayor potencial de generación de energía, también encontramos el aerosol más abundante de nuestra atmósfera**

El polvo es el tipo de aerosol más abundante en la Tierra y representa aproximadamente el 75 % de la masa total de aerosoles a nivel mundial.

Kok et al., Atmos. Chem. Phys., 2021



Lian et al., Nat. Rev. Earth Environ., 2021



Achakulwisut et al., GeoHealth, 2019

■ Motivación: Pregunta de Investigación

¿Con qué frecuencia, cuándo y en qué magnitud afectan los eventos extremos de aerosoles la generación de energía fotovoltaica en Arizona?

Salt River Project (SRP)

AERONET

Identificar eventos de AOD por encima del percentil 90 a partir de la serie de tiempo histórica de AERONET

01



Salt River Project (SRP)

AERONET

Identificar eventos de AOD por encima del percentil 90 a partir de la serie de tiempo histórica de AERONET

01

Modelo HYSPLIT

Determinar el origen de las masas de aire usando retrotrayectorias calculadas a partir del modelo HYSPLIT

02



Salt River Project (SRP)

AERONET

Identificar eventos de AOD por encima del percentil 90 a partir de la serie de tiempo histórica de AERONET

01

Modelo HYSPLIT

Determinar el origen de las masas de aire usando retrotrayectorias calculadas a partir del modelo HYSPLIT

02

Red IMPROVE

Identificar la composición química de los eventos extremos identificados en la actividad 1

03



Salt River Project (SRP)

AERONET

Identificar eventos de AOD por encima del percentil 90 a partir de la serie de tiempo histórica de AERONET

01

Red IMPROVE

Identificar la composición química de los eventos extremos identificados en la actividad 1

03

Modelo HYSPLIT

Determinar el origen de las masas de aire usando retrotrayectorias calculadas a partir del modelo HYSPLIT

02

Reanálisis Copernicus

Caracterizar el perfil vertical de la proporción de mezcla de polvo según los eventos identificados en la actividad 1

04

Salt River Project (SRP)

AERONET

Identificar eventos de AOD por encima del percentil 90 a partir de la serie de tiempo histórica de AERONET

01

Modelo HYSPLIT

Determinar el origen de las masas de aire usando retrotrayectorias calculadas a partir del modelo HYSPLIT

02

Red IMPROVE

Identificar la composición química de los eventos extremos identificados en la actividad 1

03

Reanálisis Copernicus

Caracterizar el perfil vertical de la proporción de mezcla de polvo según los eventos identificados en la actividad 1

04

Red meteorológica

Analizar las condiciones meteorológicas previas a los eventos extremos de aerosoles

05

■ Salt River Project (SRP): Perfiles verticales de la proporción de mezcla de polvo

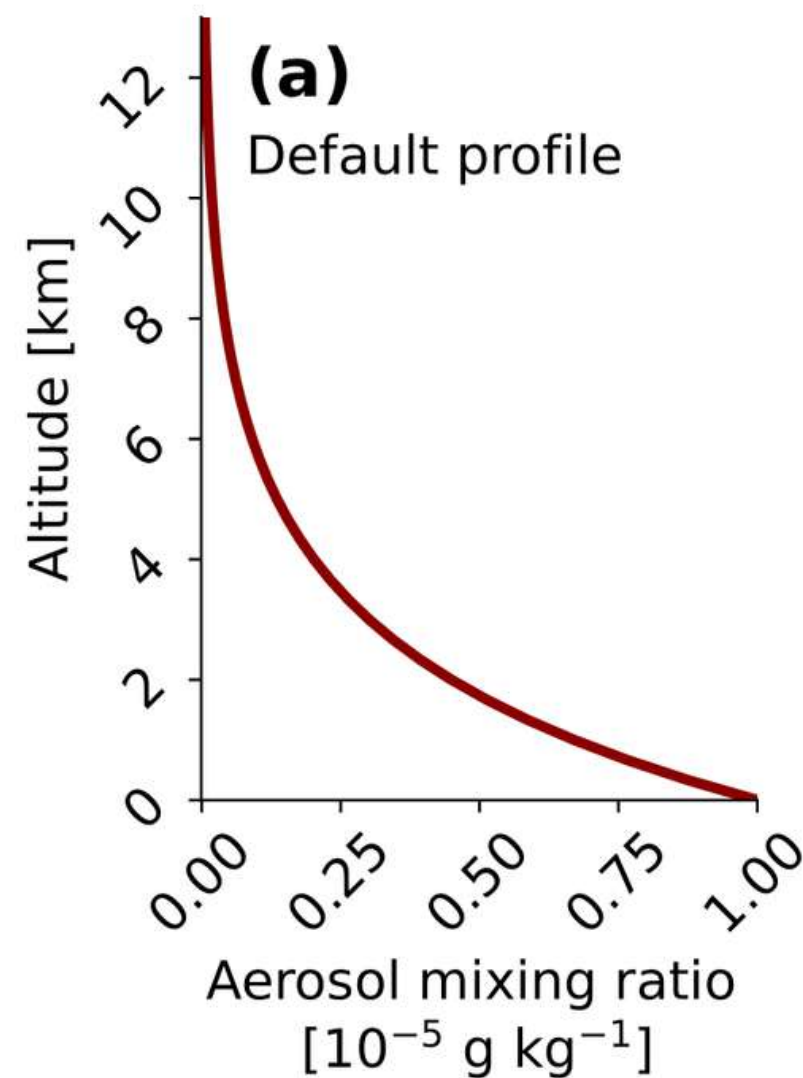
Reanálisis Copernicus

Caracterizar el perfil vertical de la proporción de mezcla de polvo según los eventos identificados en la actividad 1

04

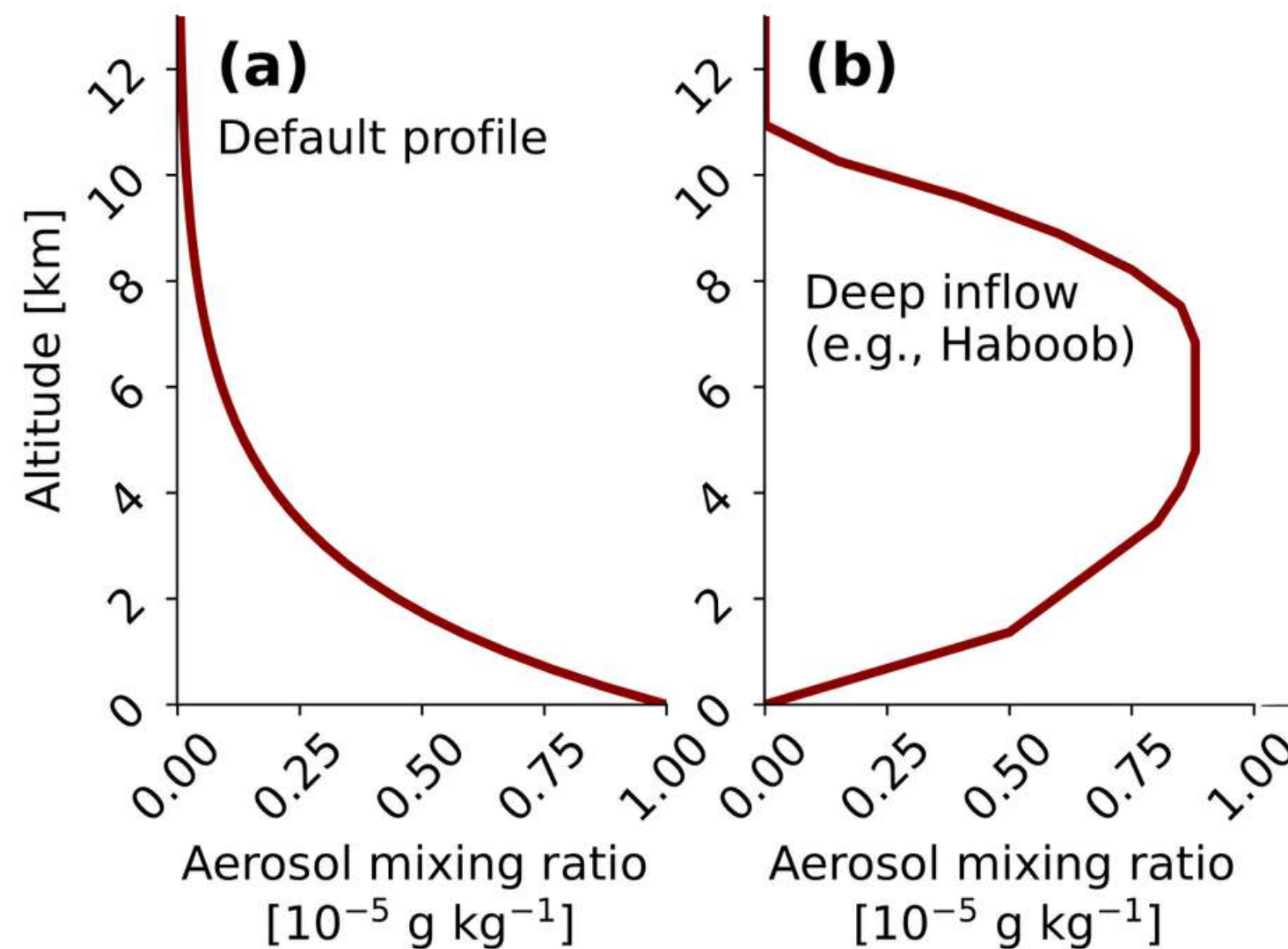
■ Salt River Project (SRP): Perfiles verticales de la proporción de mezcla de polvo

Los modelos de pronóstico como Weather Research and Forecast, usan el perfil vertical de decaimiento exponencial



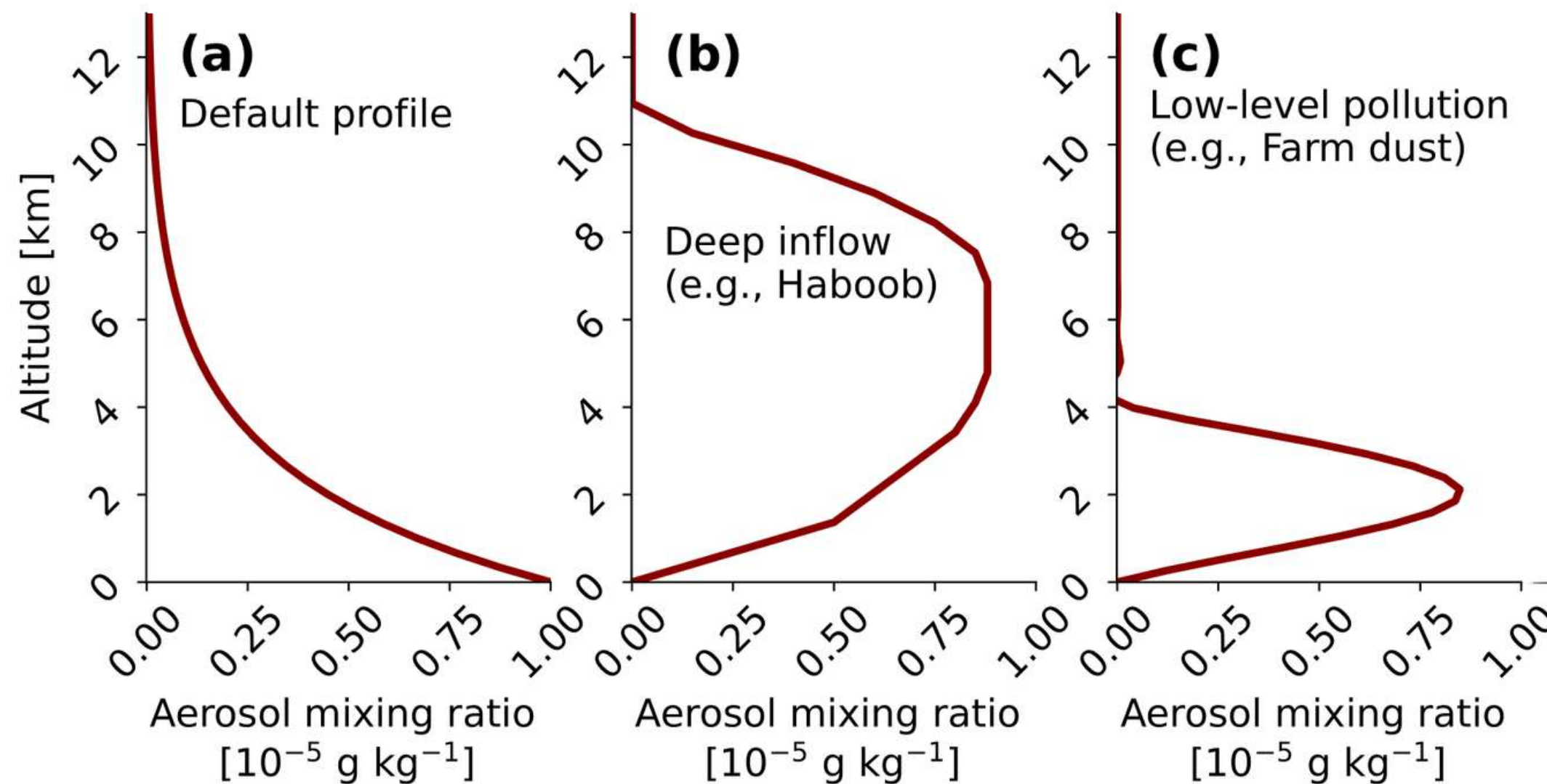
■ Salt River Project (SRP): Perfiles verticales de la proporción de mezcla de polvo

Los modelos de pronóstico como Weather Research and Forecast, usan el perfil vertical de decaimiento exponencial



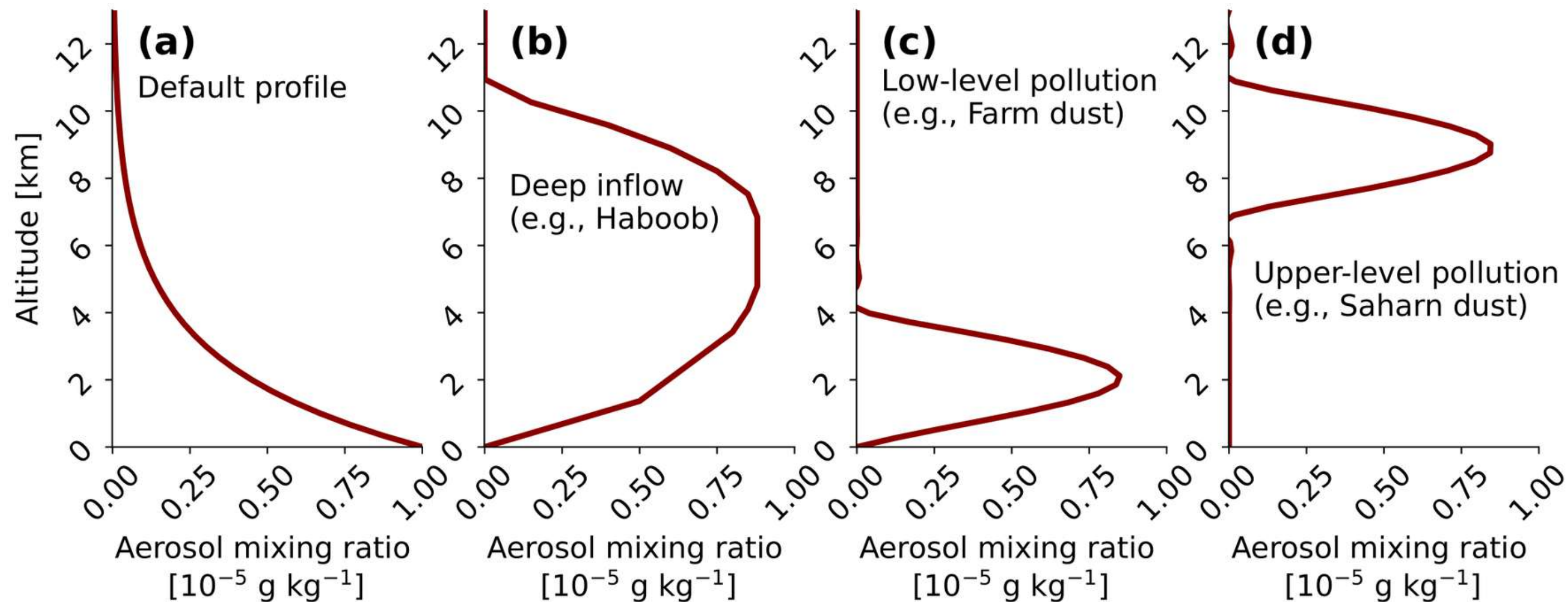
■ Salt River Project (SRP): Perfiles verticales de la proporción de mezcla de polvo

Los modelos de pronóstico como Weather Research and Forecast, usan el perfil vertical de decaimiento exponencial



■ Salt River Project (SRP): Perfiles verticales de la proporción de mezcla de polvo

Los modelos de pronóstico como Weather Research and Forecast, usan el perfil vertical de decaimiento exponencial



■ Análisis: Red AERONET (Aerosol Robotic Network)

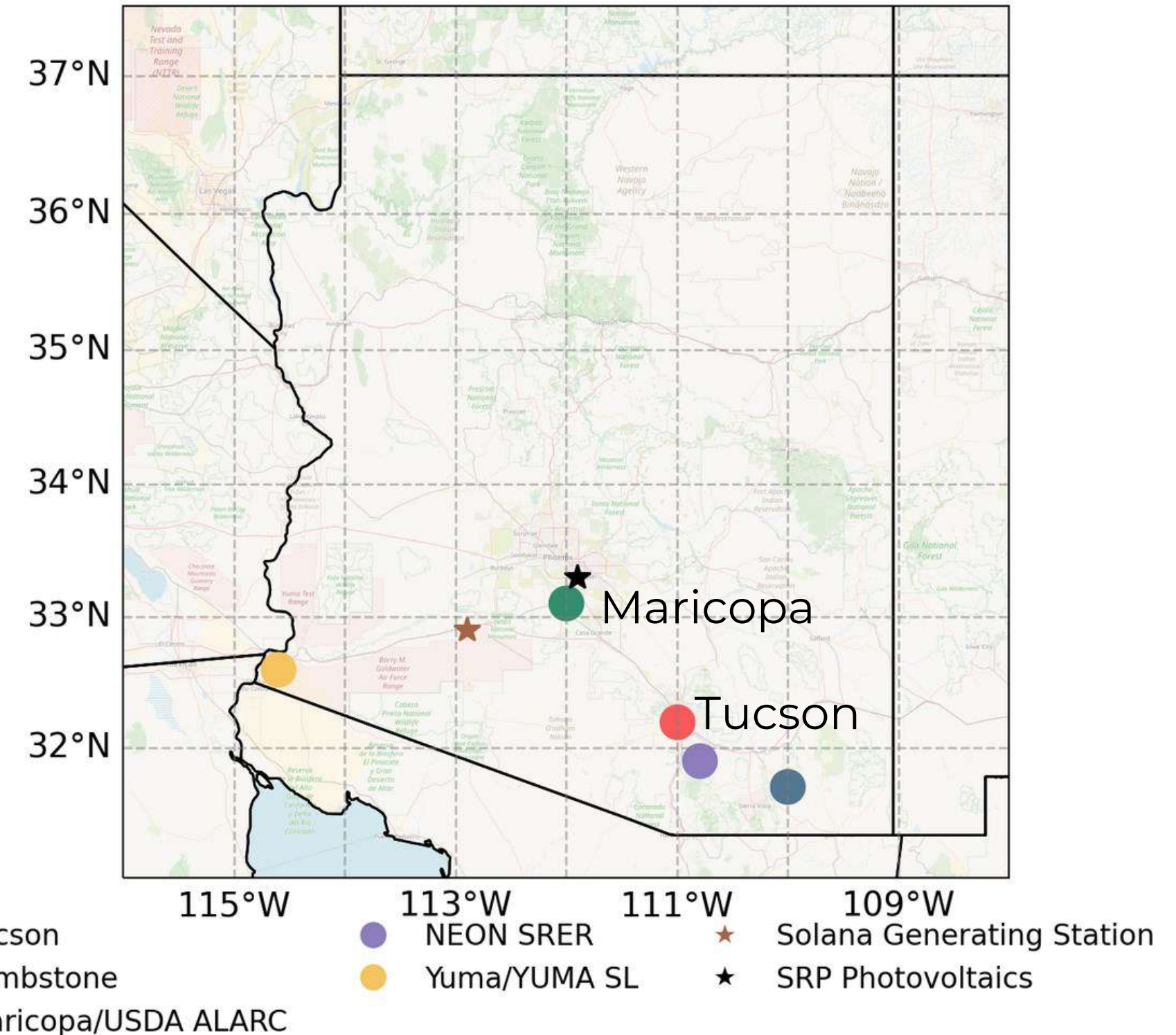
Las mediciones de radiómetro se realizan en ocho longitudes de onda: 340, 380, 440, 500, 670, 870, 940 y 1020 nm.

La profundidad óptica del aerosol se calcula a partir de la extinción del haz directo de cada longitud de onda, de acuerdo a la Ley de Beer

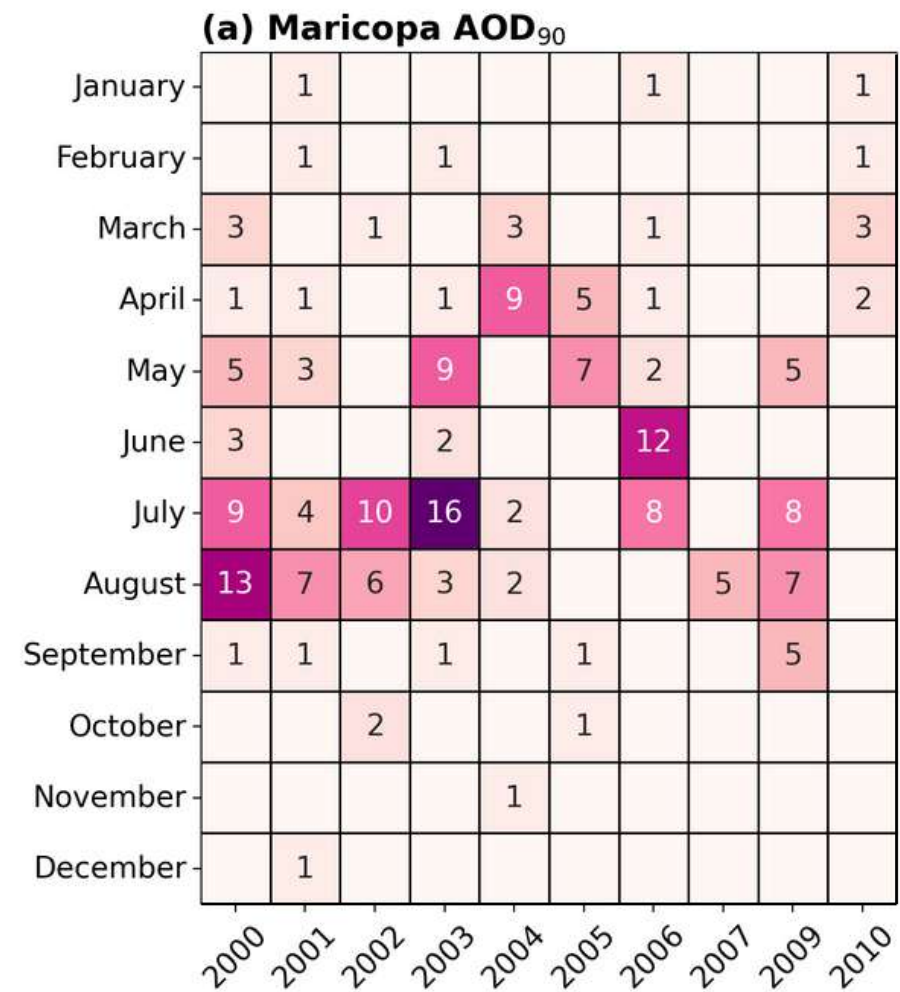


Análisis: Área de estudio- Estaciones de AERONET

<i>Nombre</i>	<i>Fechas de funcionamiento</i>
Tucson	19 Nov-1993 - Presente
Maricopa	24-Mar-2000 - 09-Jul-2010
USDA ALARC	23-June-2020 - 17-Nov-2022
NEON SRER	10-Feb-2017 - Presente
Yuma	22-May-2010 - 22-Nov-2021
Yuma SL	13-Apr-2021 - Presente
Tombstone	18-Jun-2004 - 16-Nov-2004

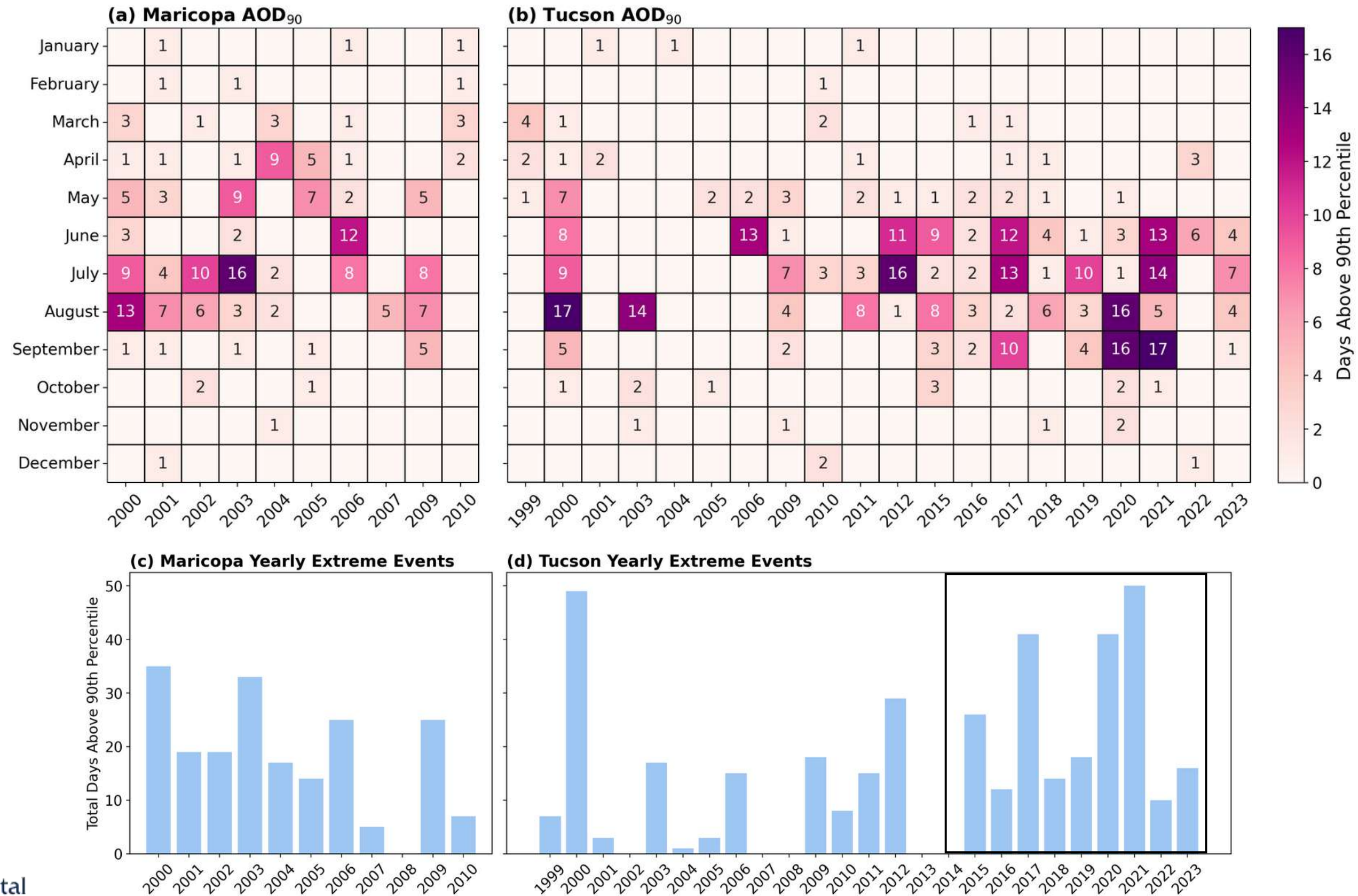


Análisis: Están incrementando los eventos extremos de aerosoles?

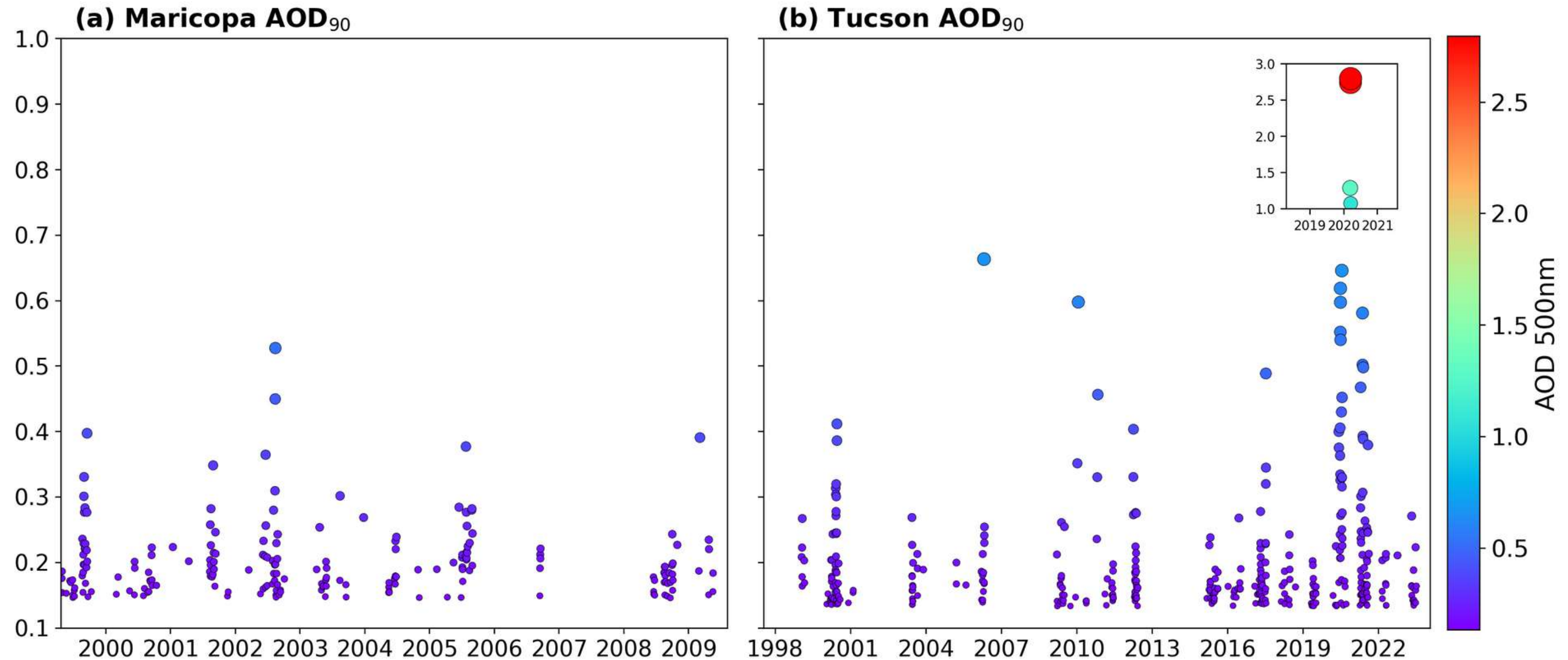




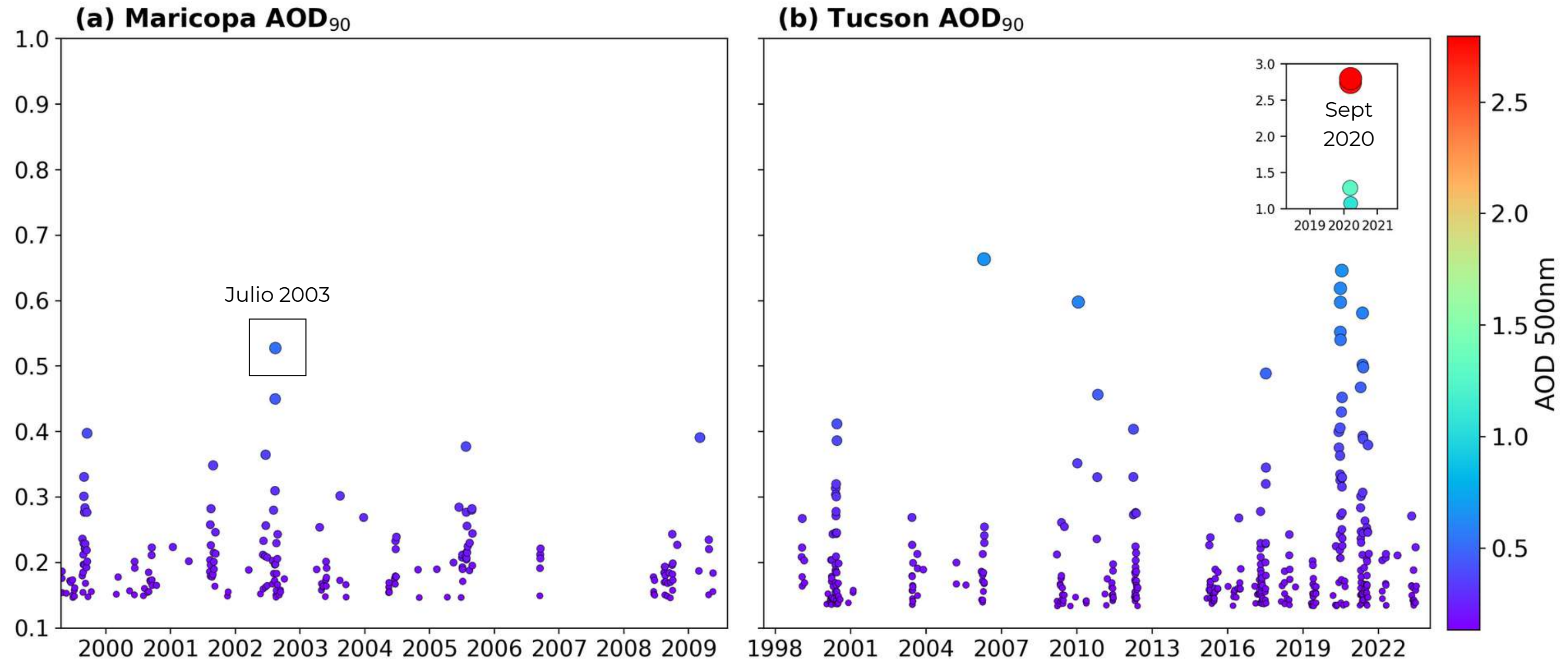
Análisis: Están incrementando los eventos extremos de aerosoles?



■ Análisis: Qué tan extremos son estos eventos?



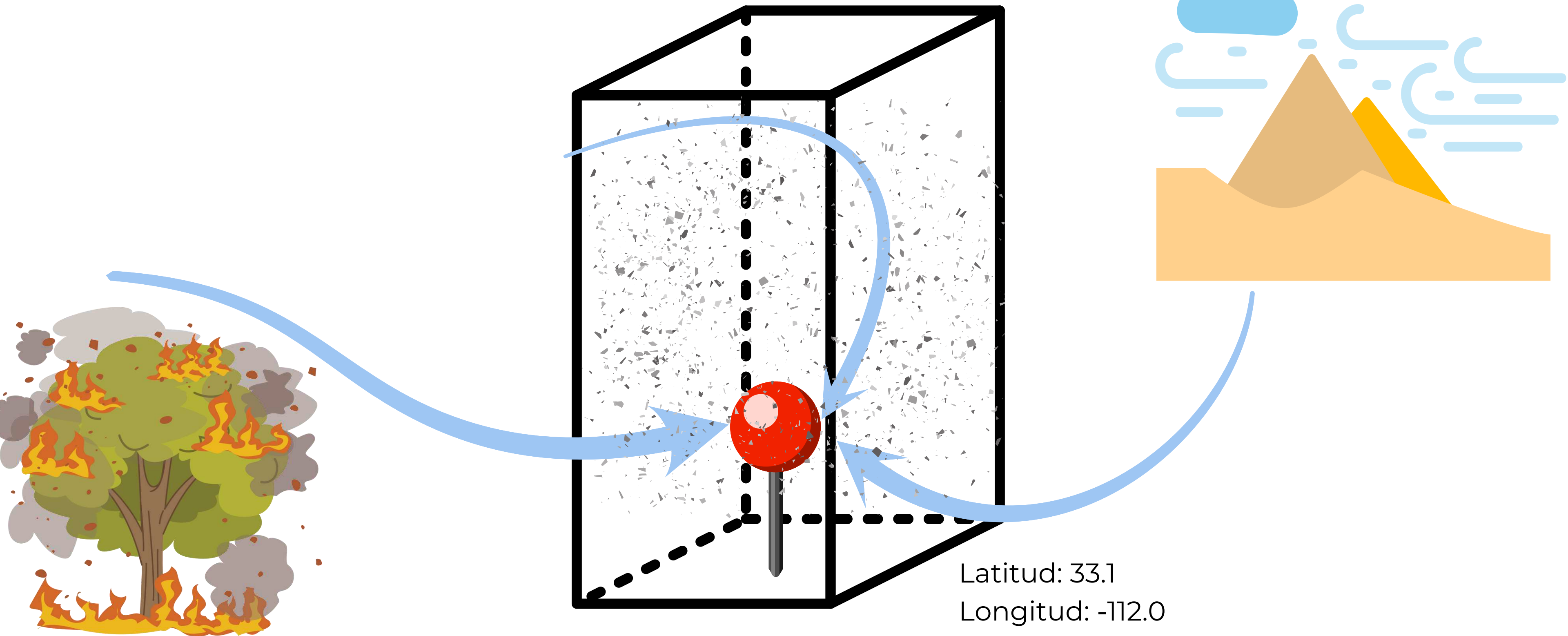
Análisis: Qué tan extremos son estos eventos?



AOD₉₀ = 0.145
AOD_{max} = 0.53
AOD_{max} = AOD_{mean} + 8.7 std

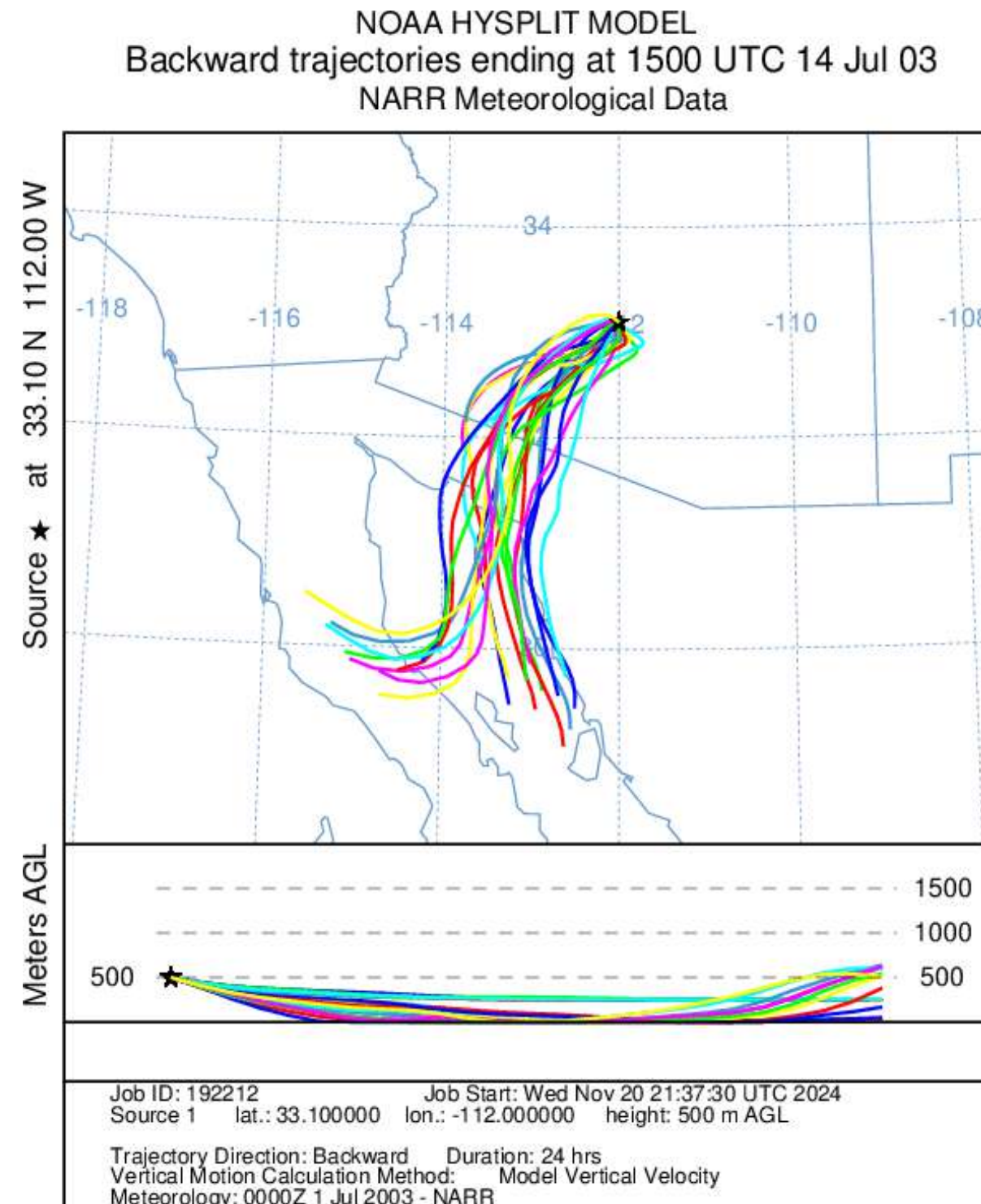
AOD₉₀ = 0.133
AOD_{max} = 2.8
AOD_{max} = AOD_{mean} + 31.3 std

■ Análisis: Modelo HYSPLIT



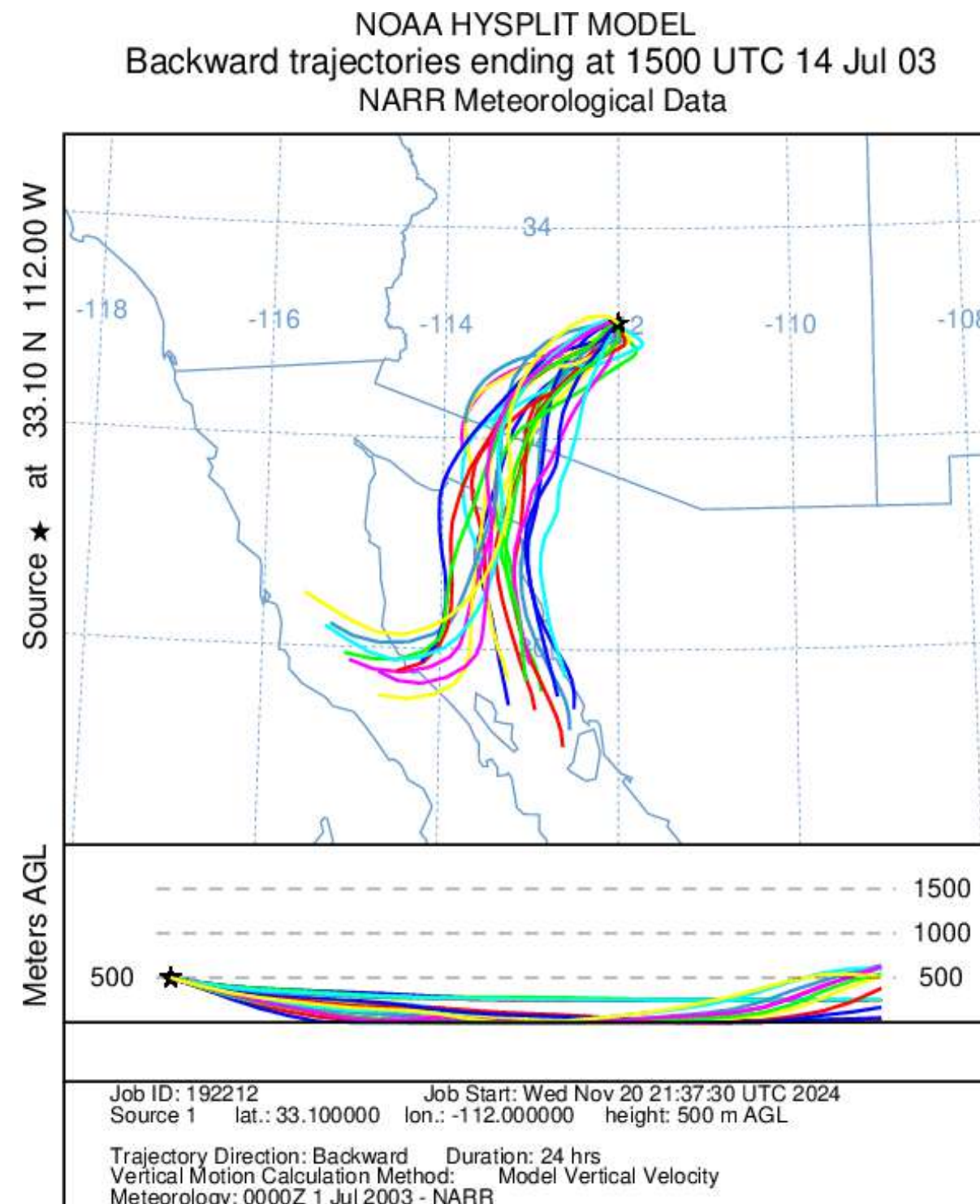
Análisis: De dónde provienen estos aerosoles?

a) Maricopa 2003

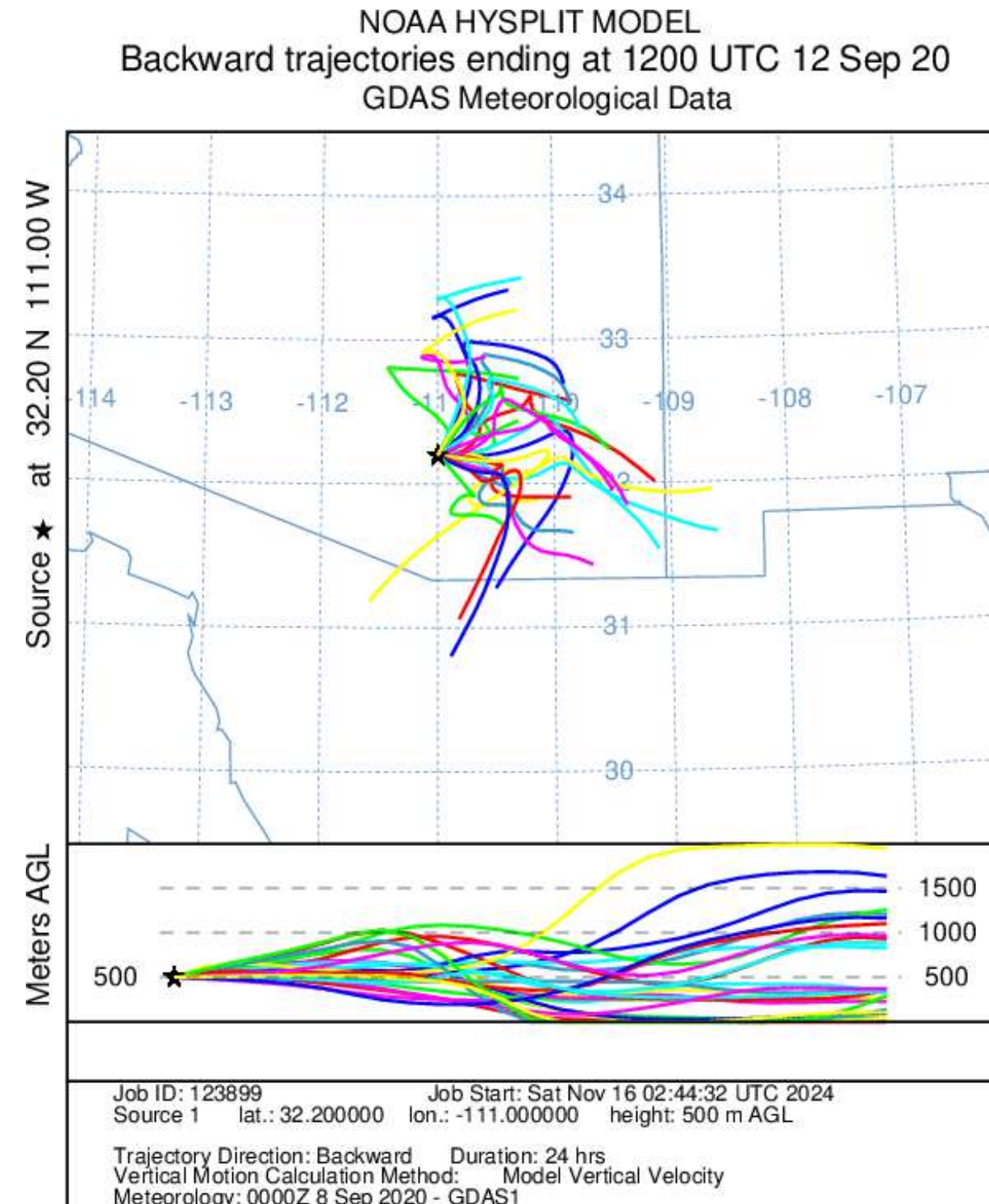


Análisis: De dónde provienen estos aerosoles?

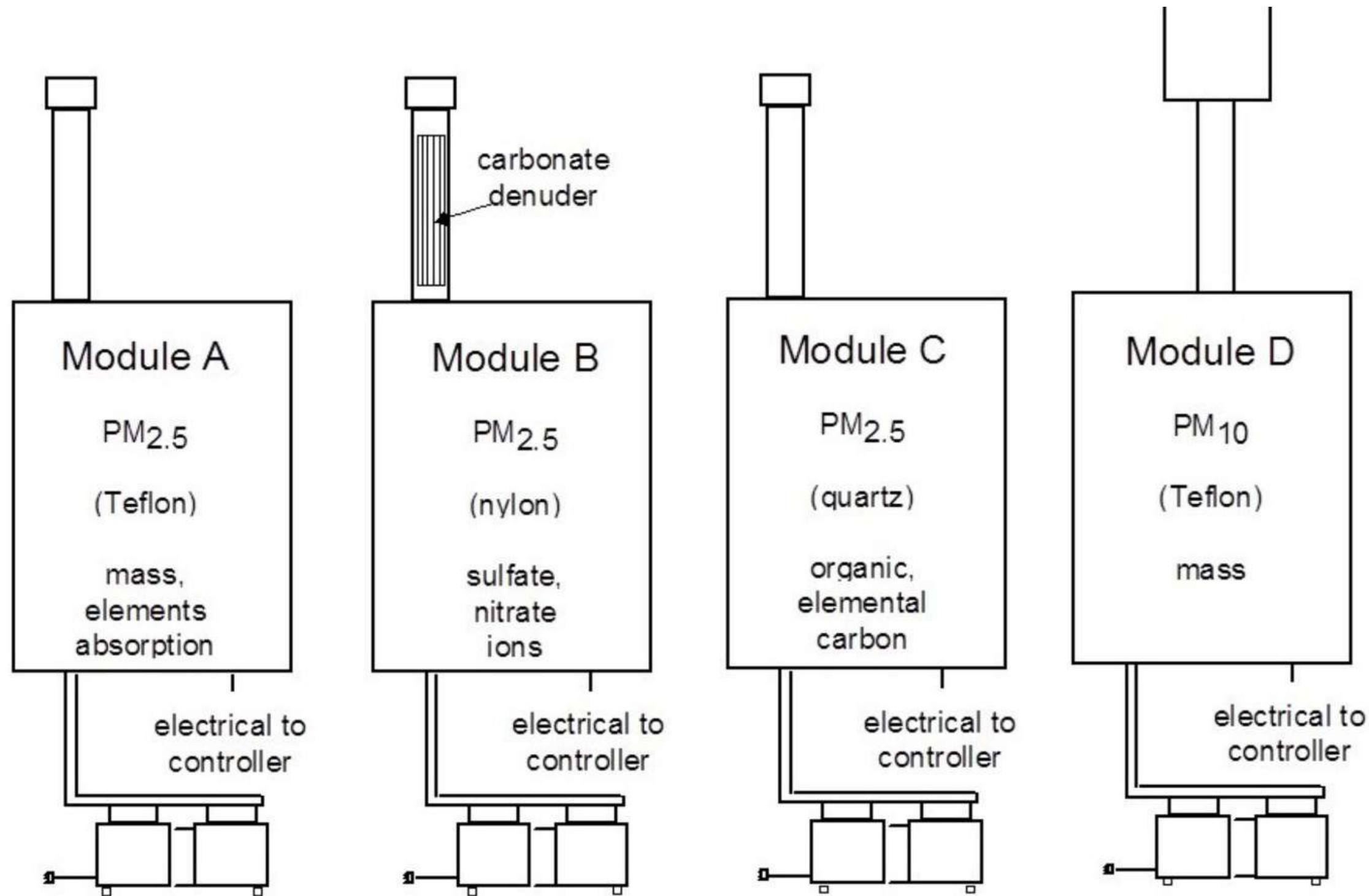
a) Maricopa 2003



b) Tucson 2020



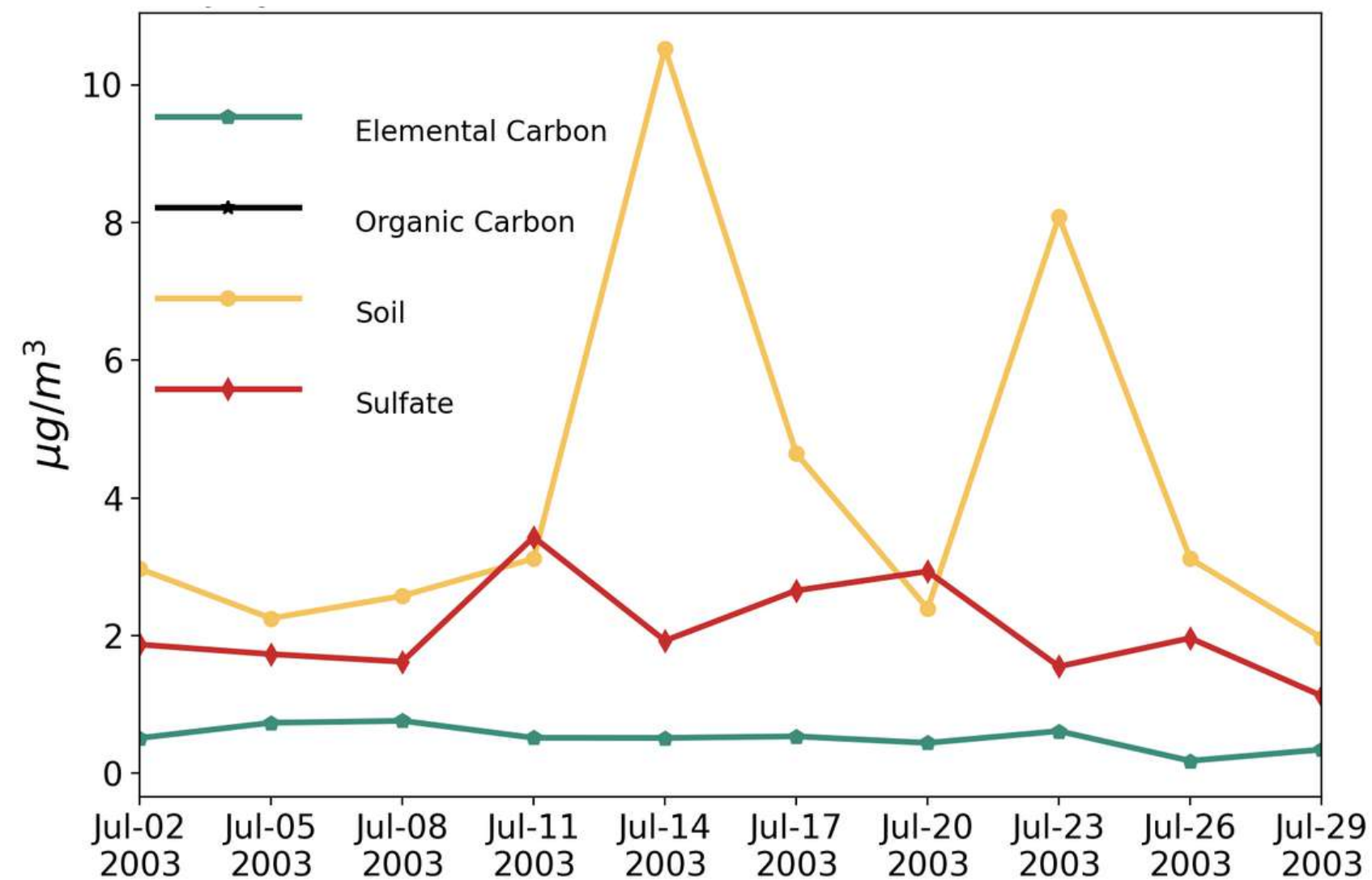
Composición química: Red IMPROVE (Interagency Monitoring of Protected Visual Environments)



IMPROVE toma muestras de 24 horas cada tres días. El monitor de partículas IMPROVE consta de cuatro módulos de muestreo independientes. Tres módulos (A, B y C) recolectan únicamente partículas finas ($PM_{2.5}$), mientras que el cuarto (módulo D) recolecta tanto partículas finas como gruesas (PM_{10}).

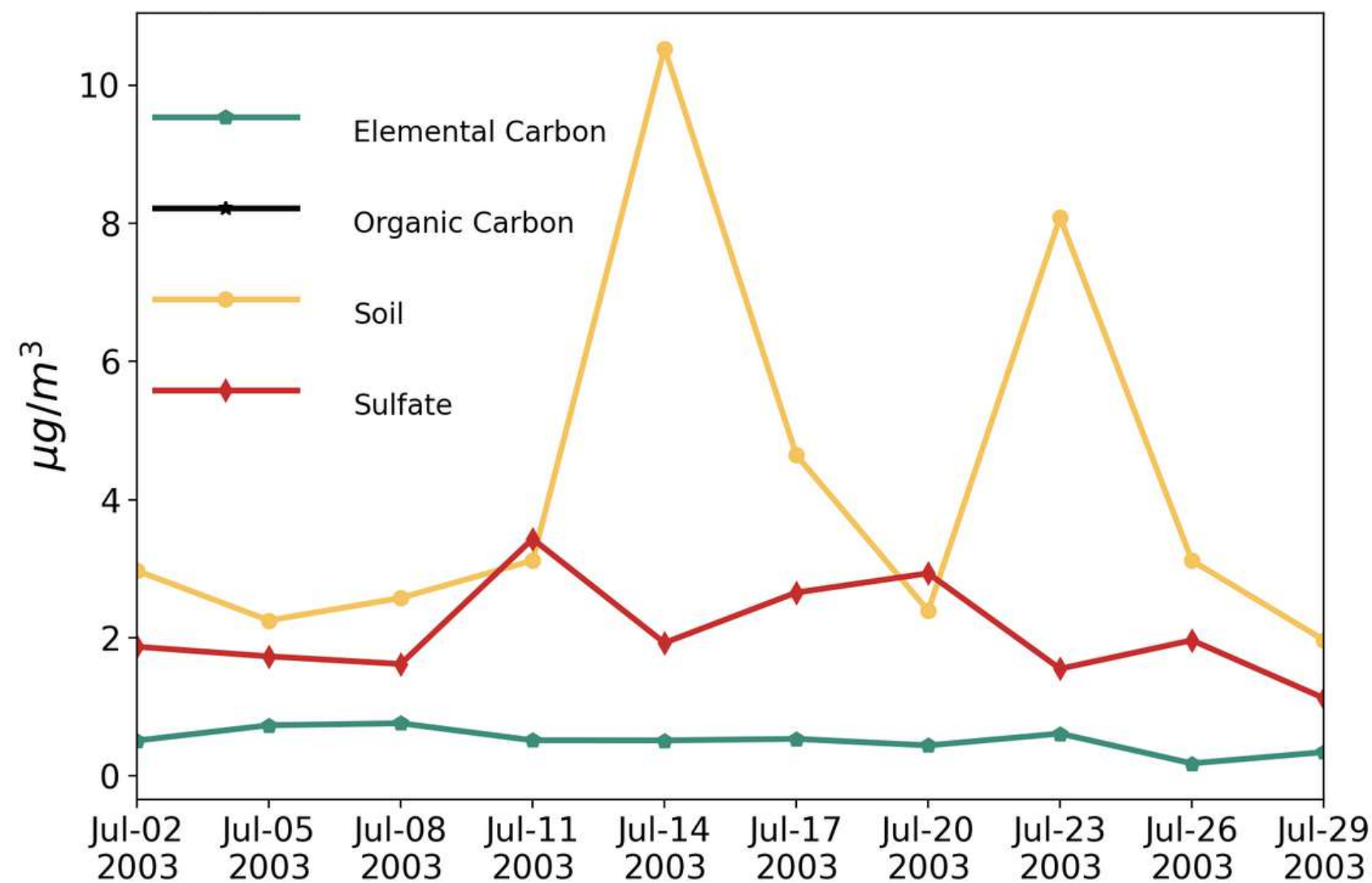
Composición química: Red IMPROVE (Interagency Monitoring of Protected Visual Environments)

a) Maricopa 2003

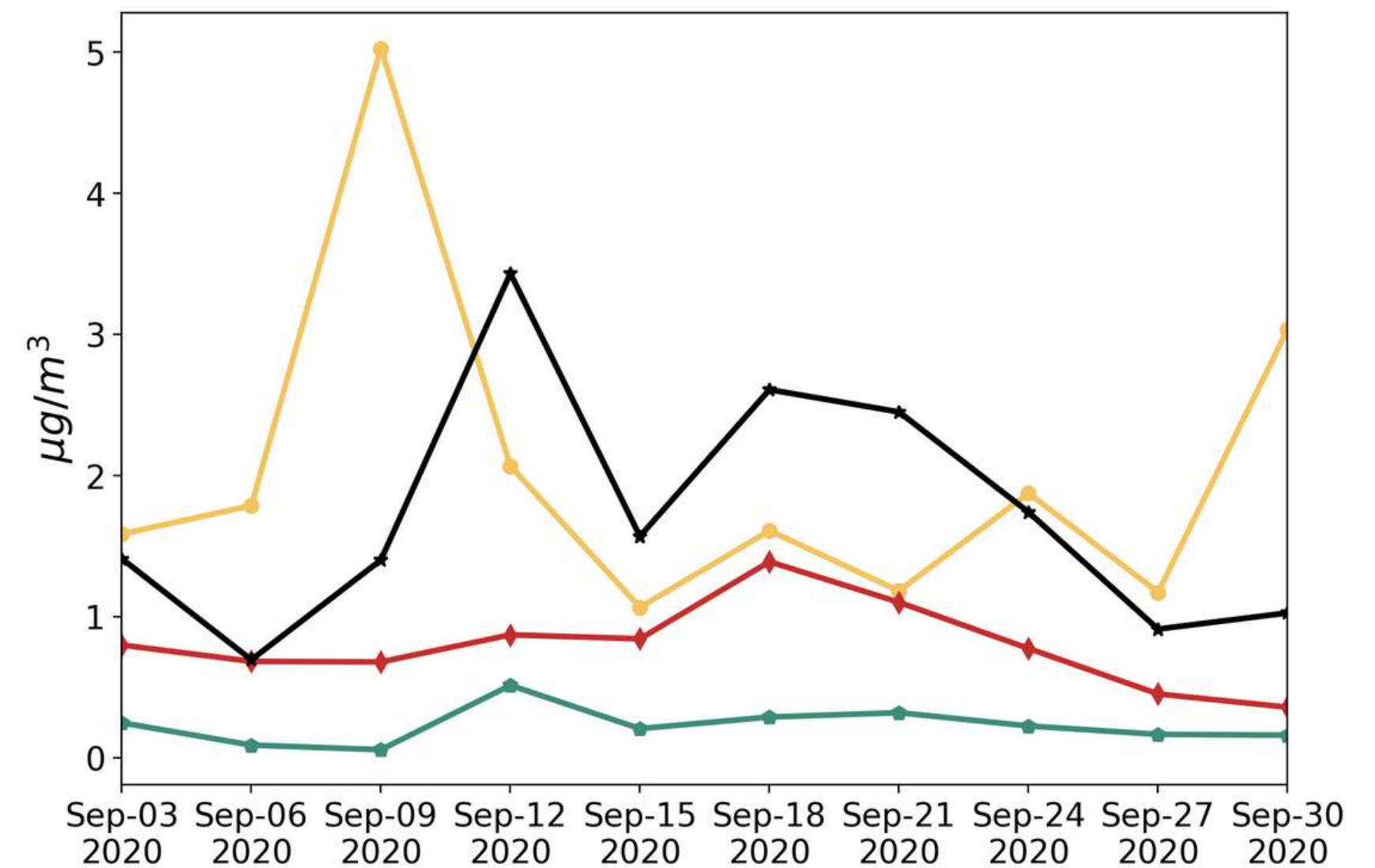


Composición química: Red IMPROVE (Interagency Monitoring of Protected Visual Environments)

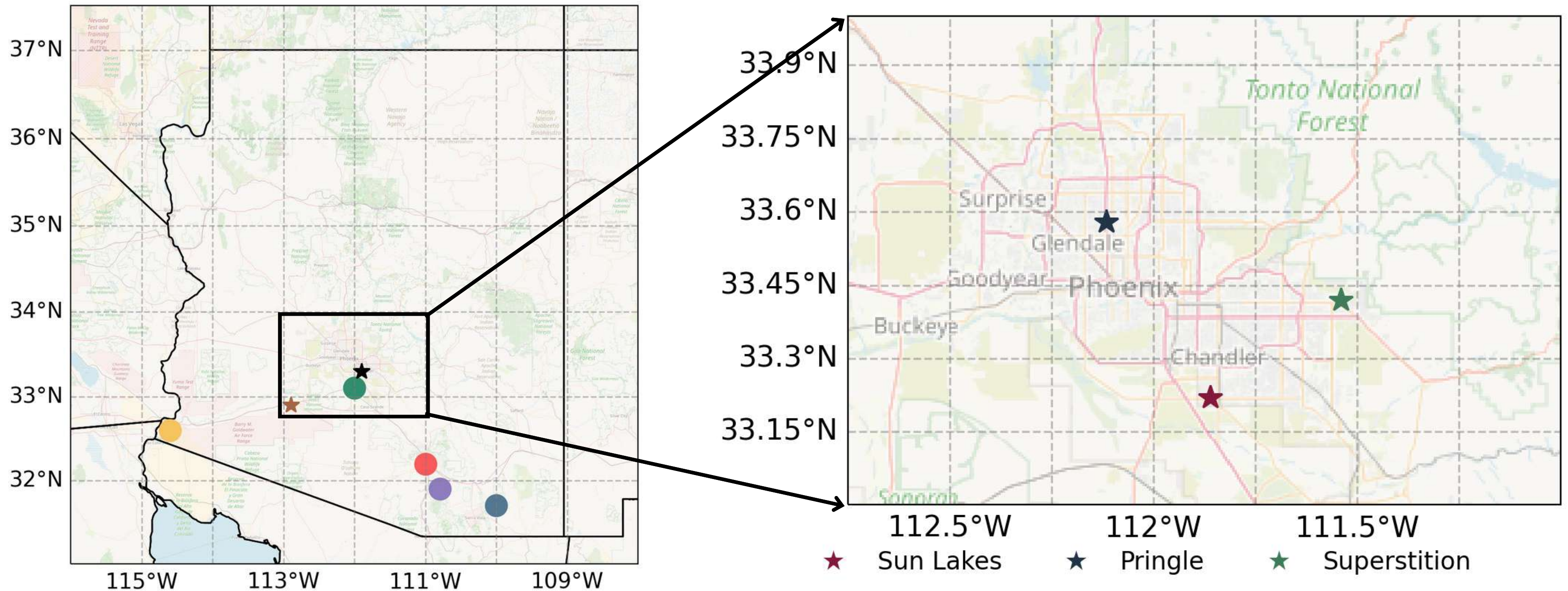
a) Maricopa 2003



b) Tucson 2020

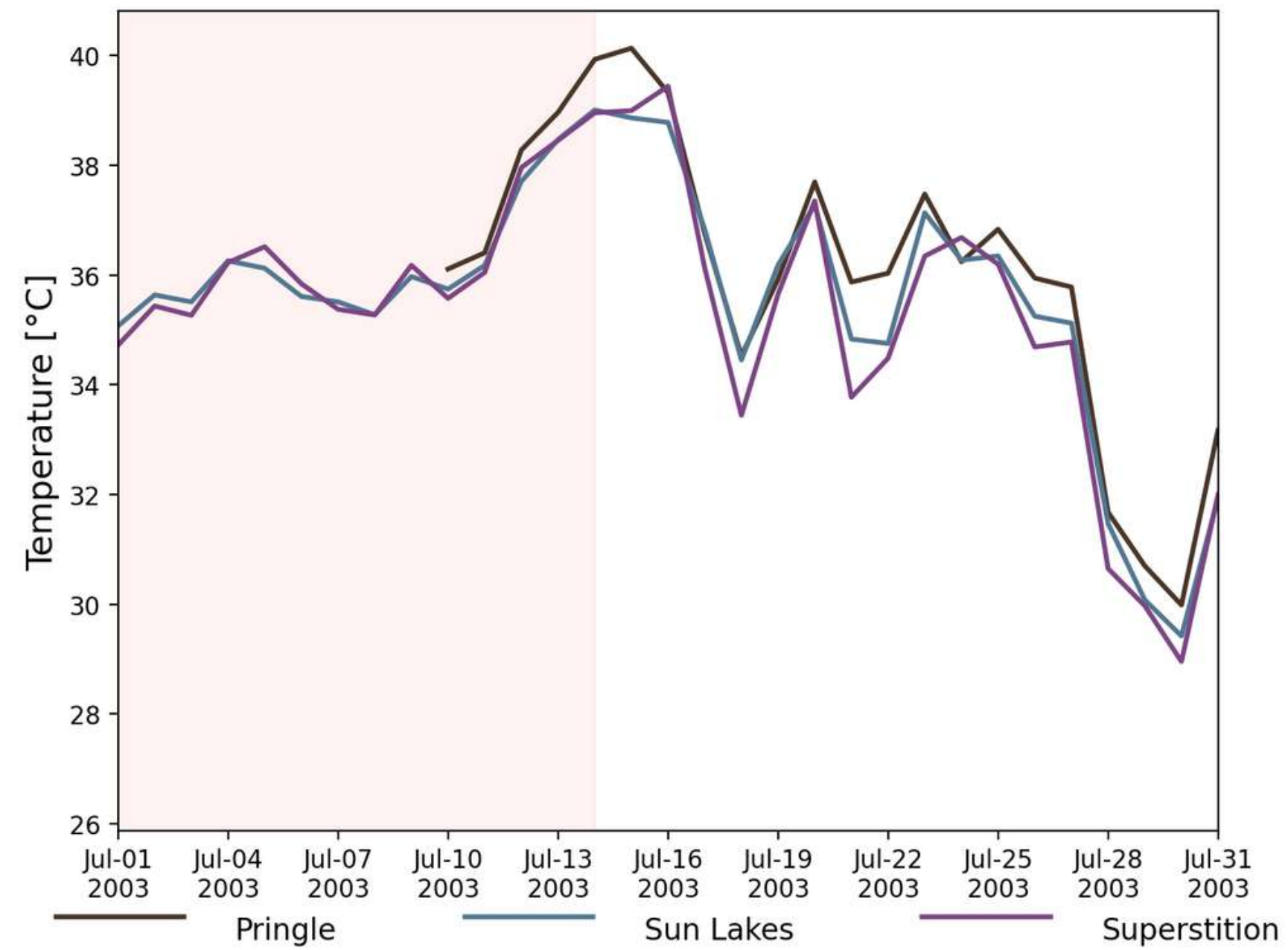


Estaciones meteorológicas de SRP (Salt River Project)

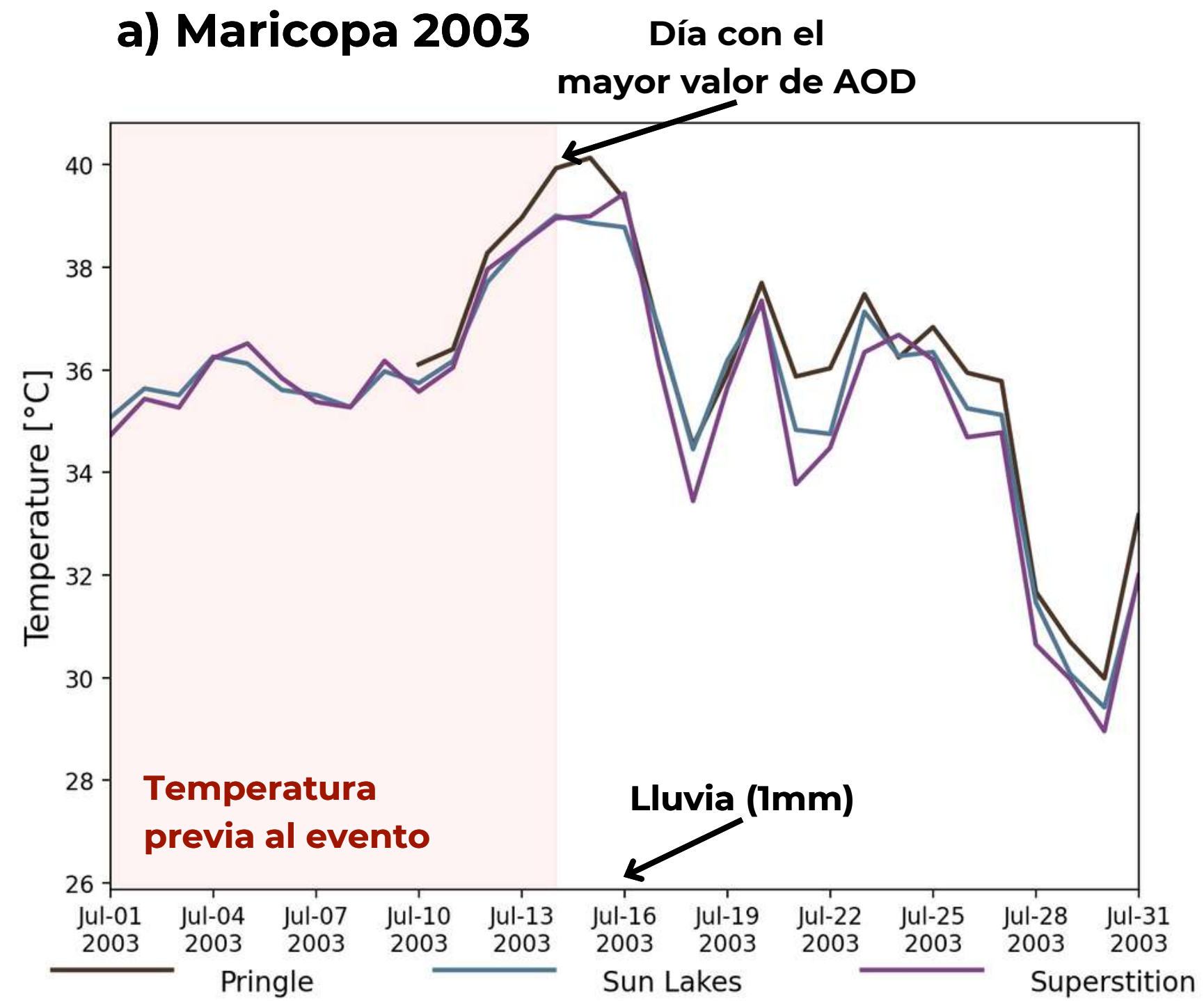


Temperatura previa a los eventos

a) Maricopa 2003



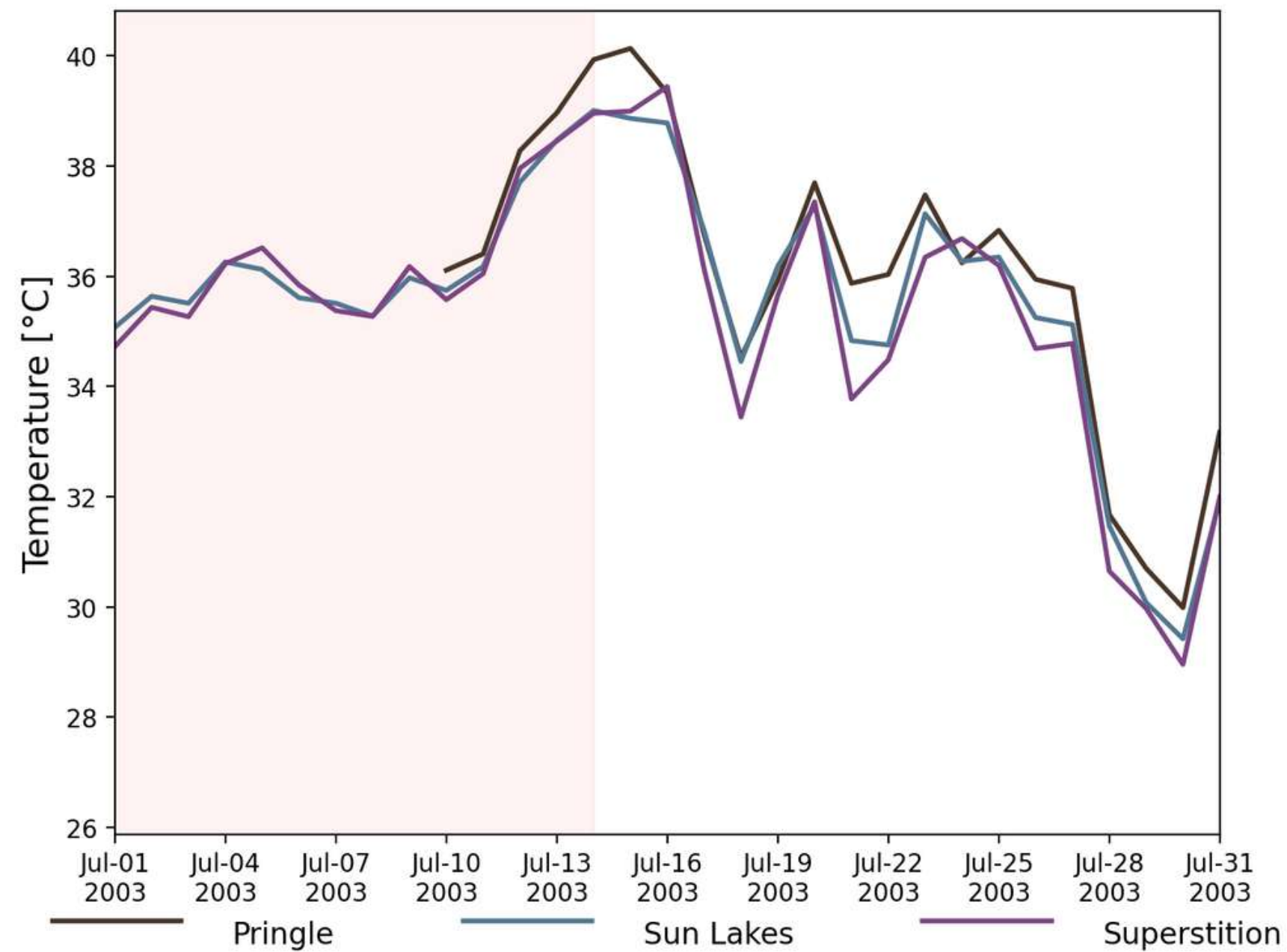
Temperatura previa a los eventos



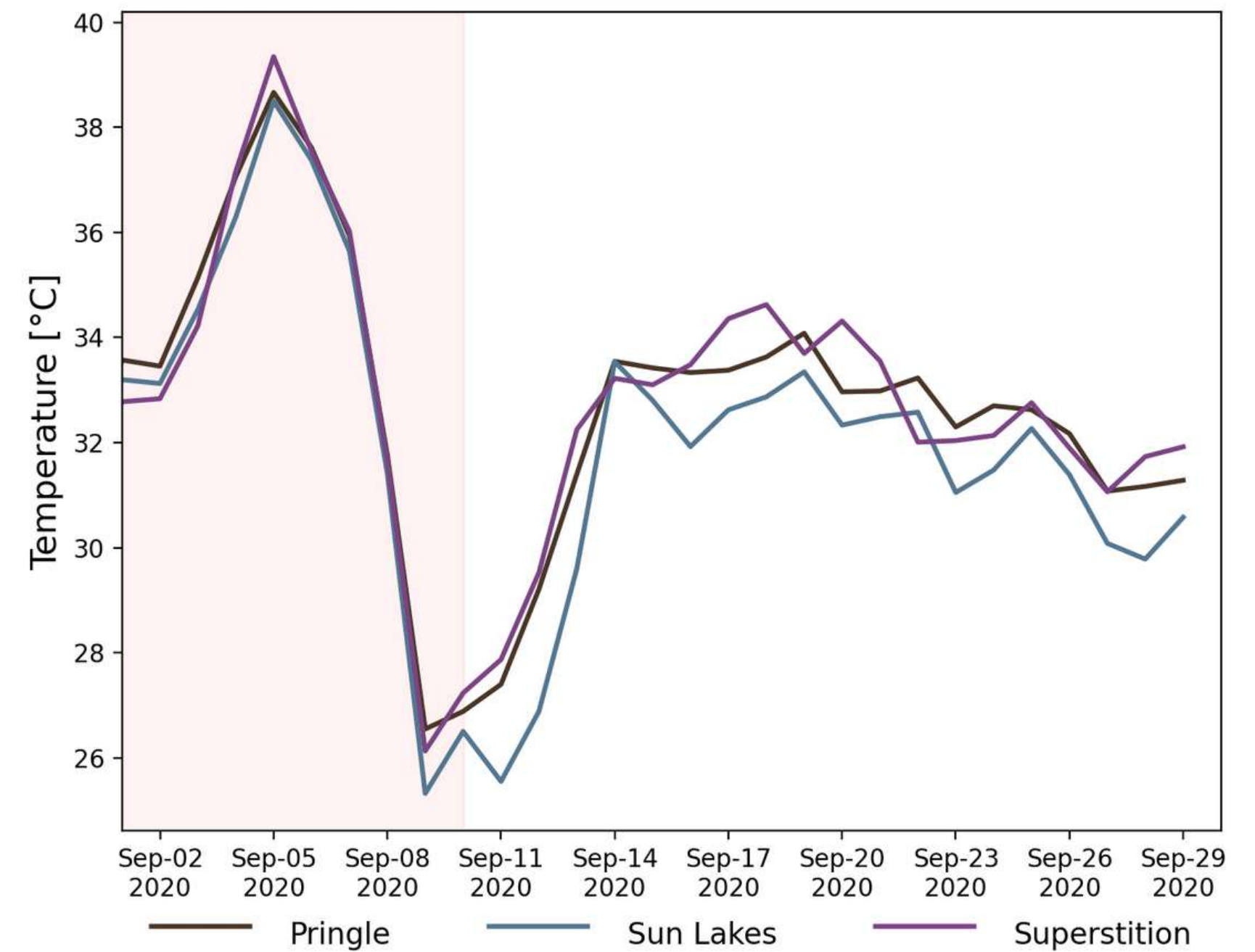
Temperaturas elevadas reducen el contenido de humedad en el suelo, resultando en suelo suelto que es más susceptible de ser elevado en la atmósfera

■ Temperatura previa a los eventos

a) Maricopa 2003



b) Tucson 2020

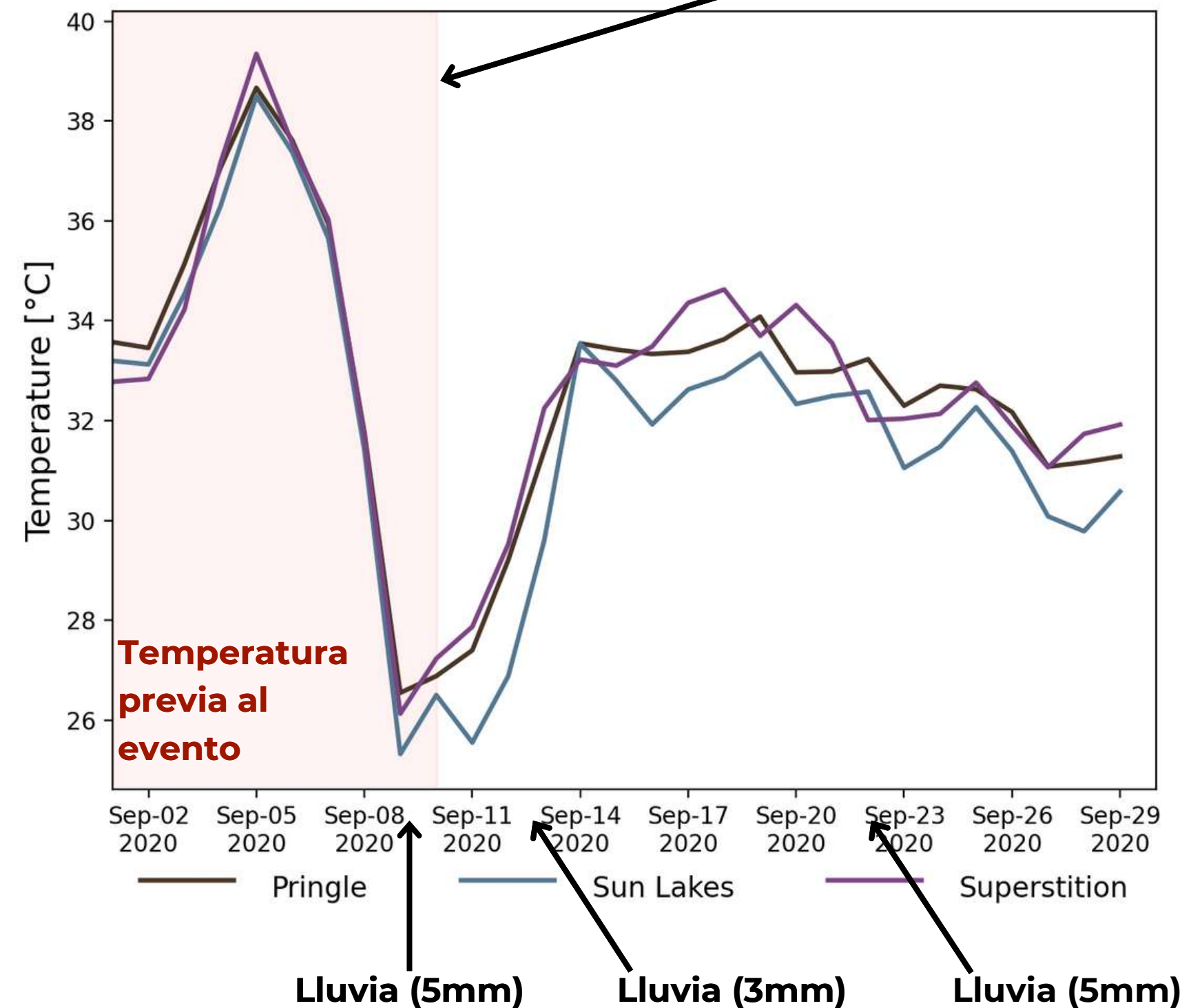


Temperatura previa a los eventos

Un aumento de aerosoles puede aumentar la nucleación de vapor de agua en la atmósfera, provocando el evento de lluvia y una posterior caída de la temperatura.

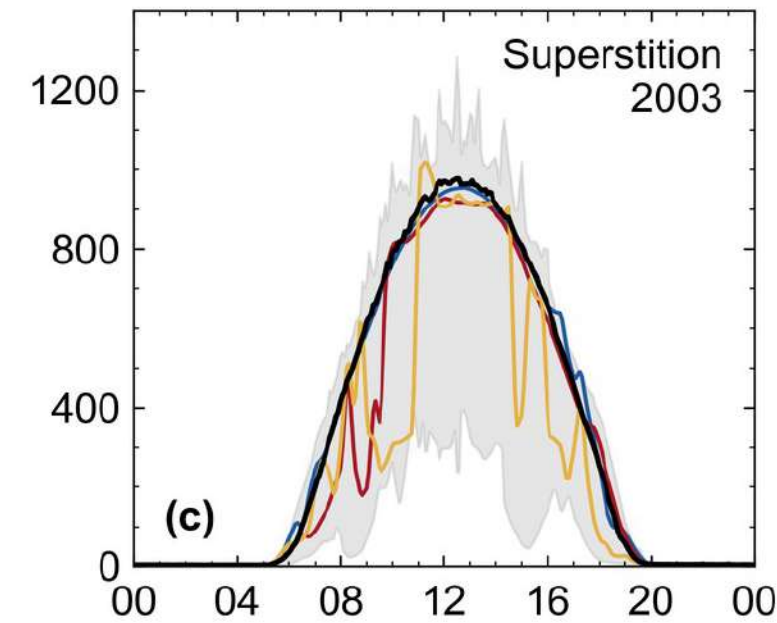
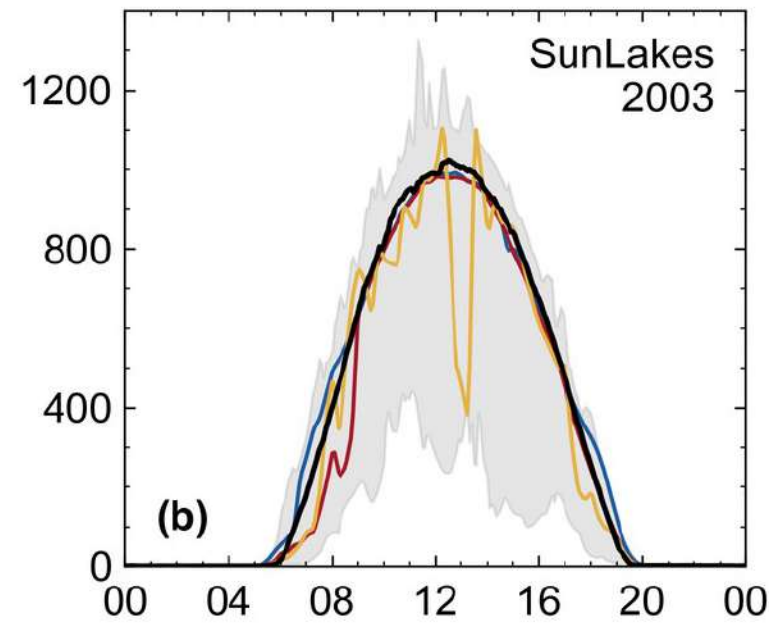
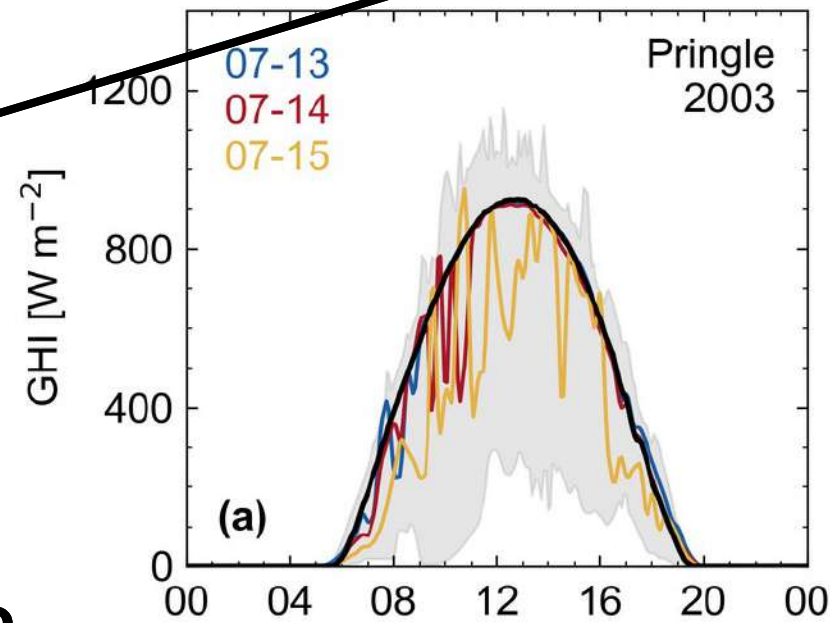
b) Tucson 2020

Día con el mayor valor de AOD



■ Qué efecto hubo en la Irradiancia durante estos eventos?

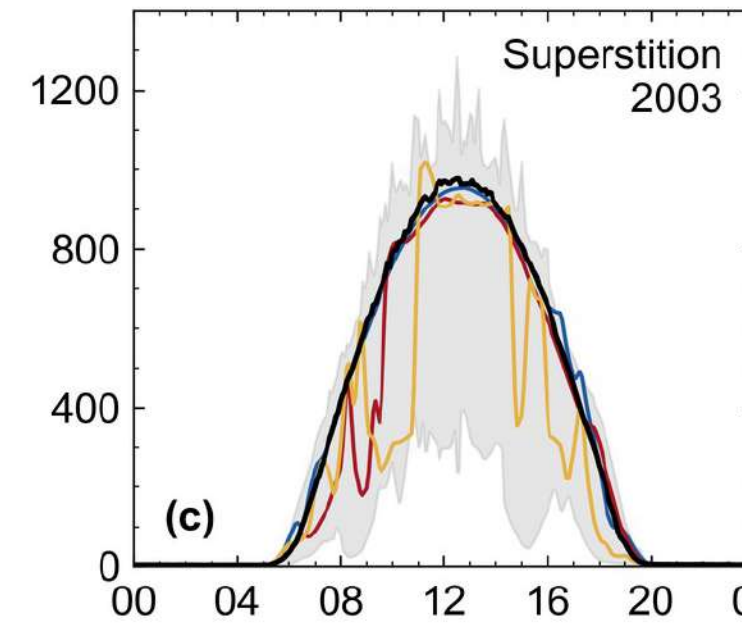
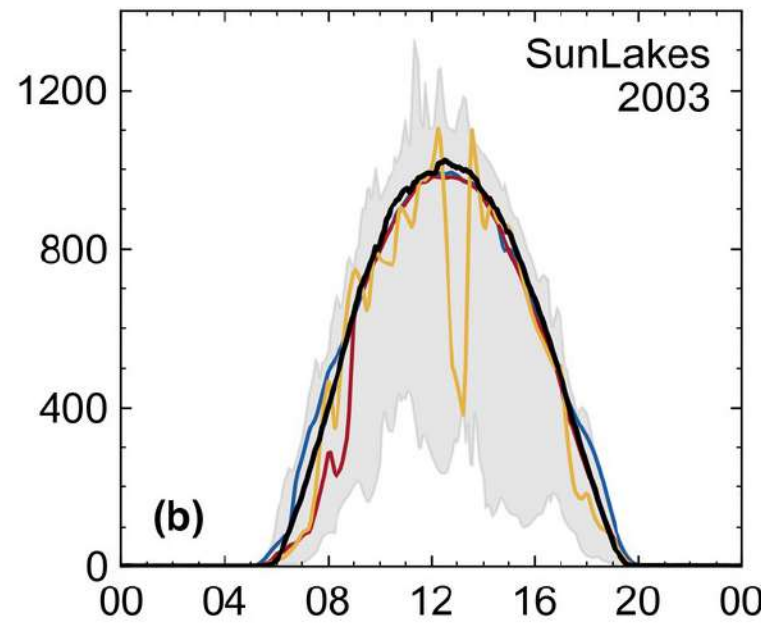
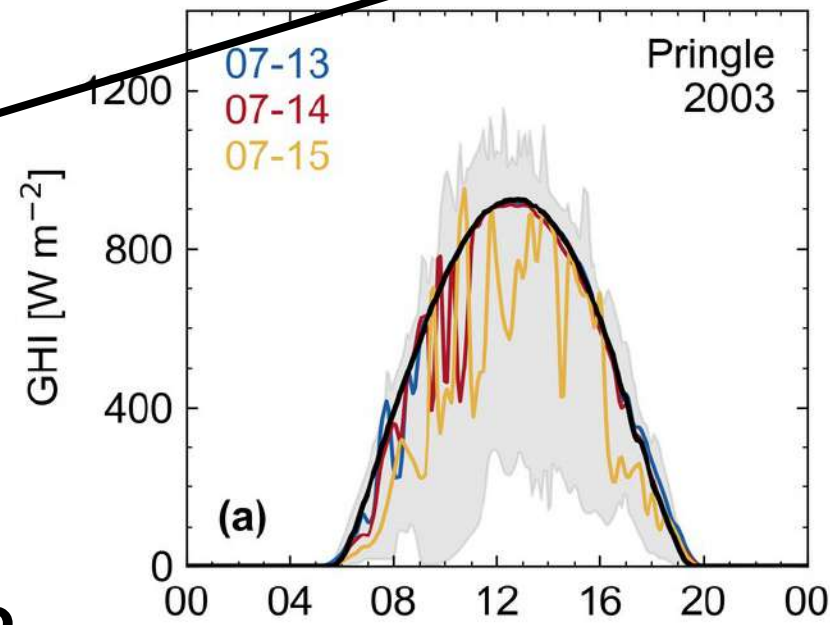
a) Maricopa 2003



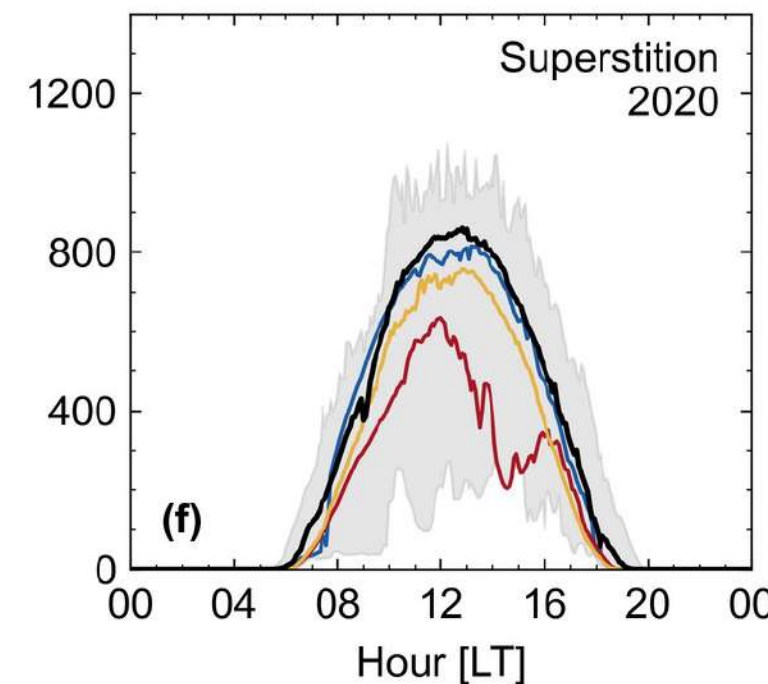
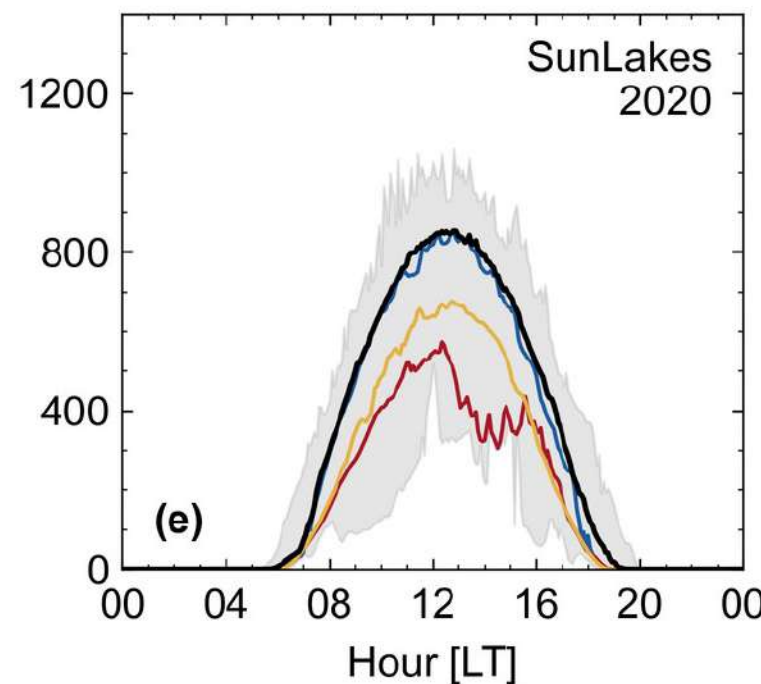
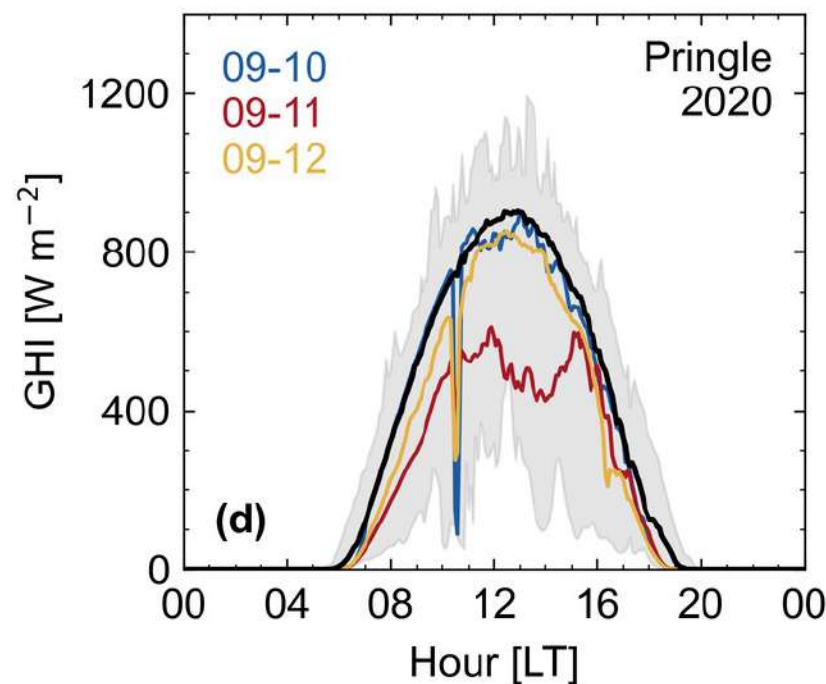
Reducciones más localizadas y de corta duración del GHI, con un impacto limitado en el ciclo diario general

Que efecto hubo en la Irradiancia durante estos eventos?

a) Maricopa 2003



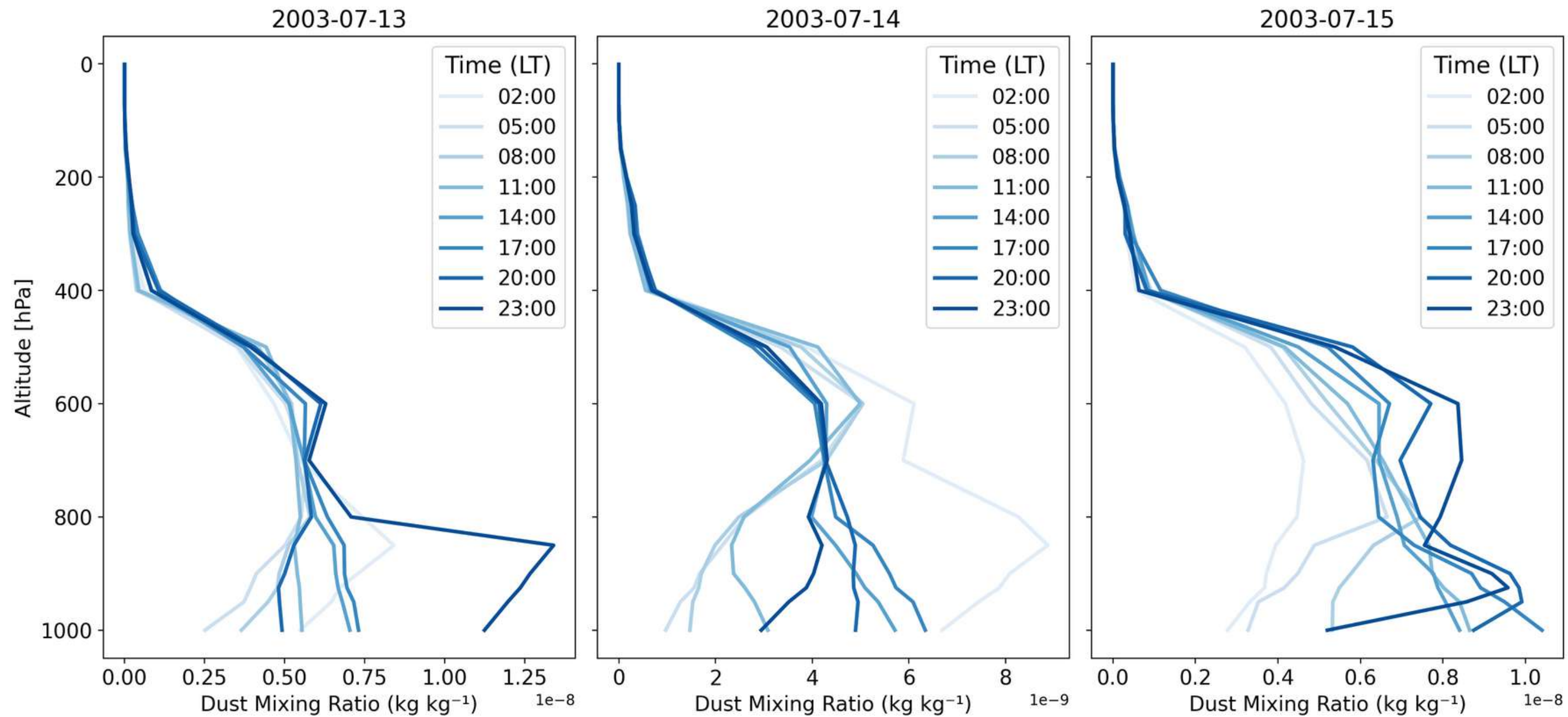
b) Tucson 2020



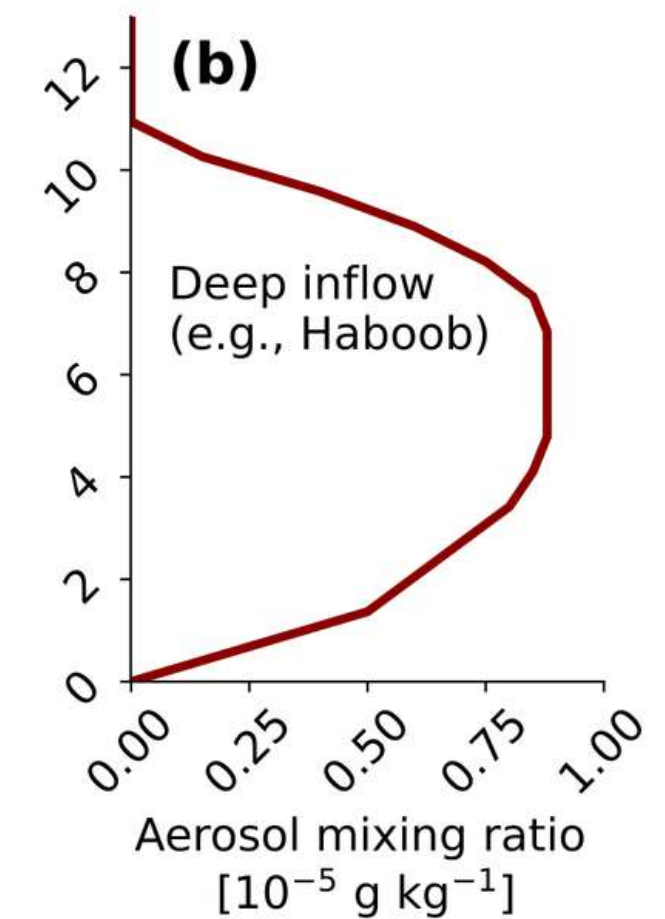
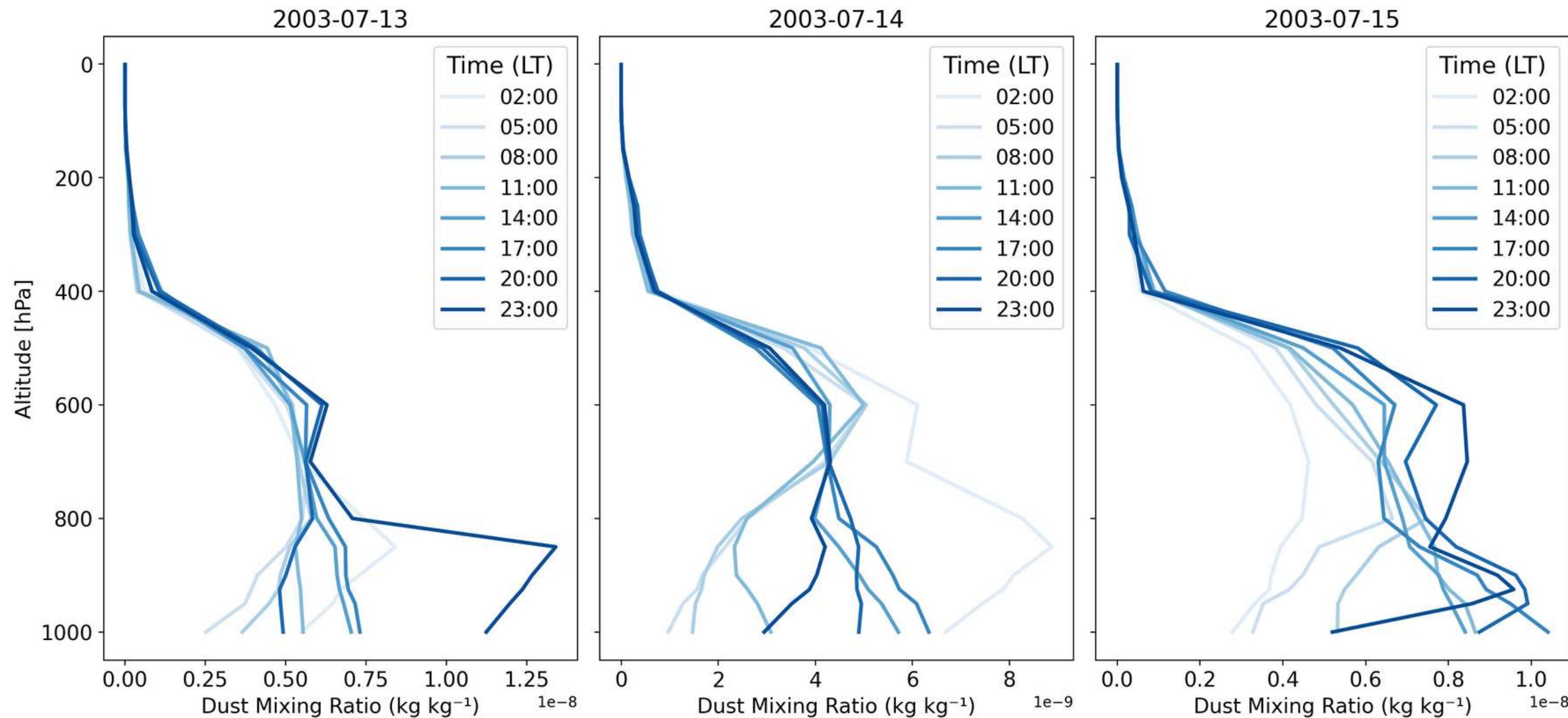
Reducciones más localizadas y de corta duración del GHI, con un impacto limitado en el ciclo diario general

Se observa una reducción sustancial y persistente del GHI a lo largo de todo el ciclo diario, en relación con la línea base media (línea negra).

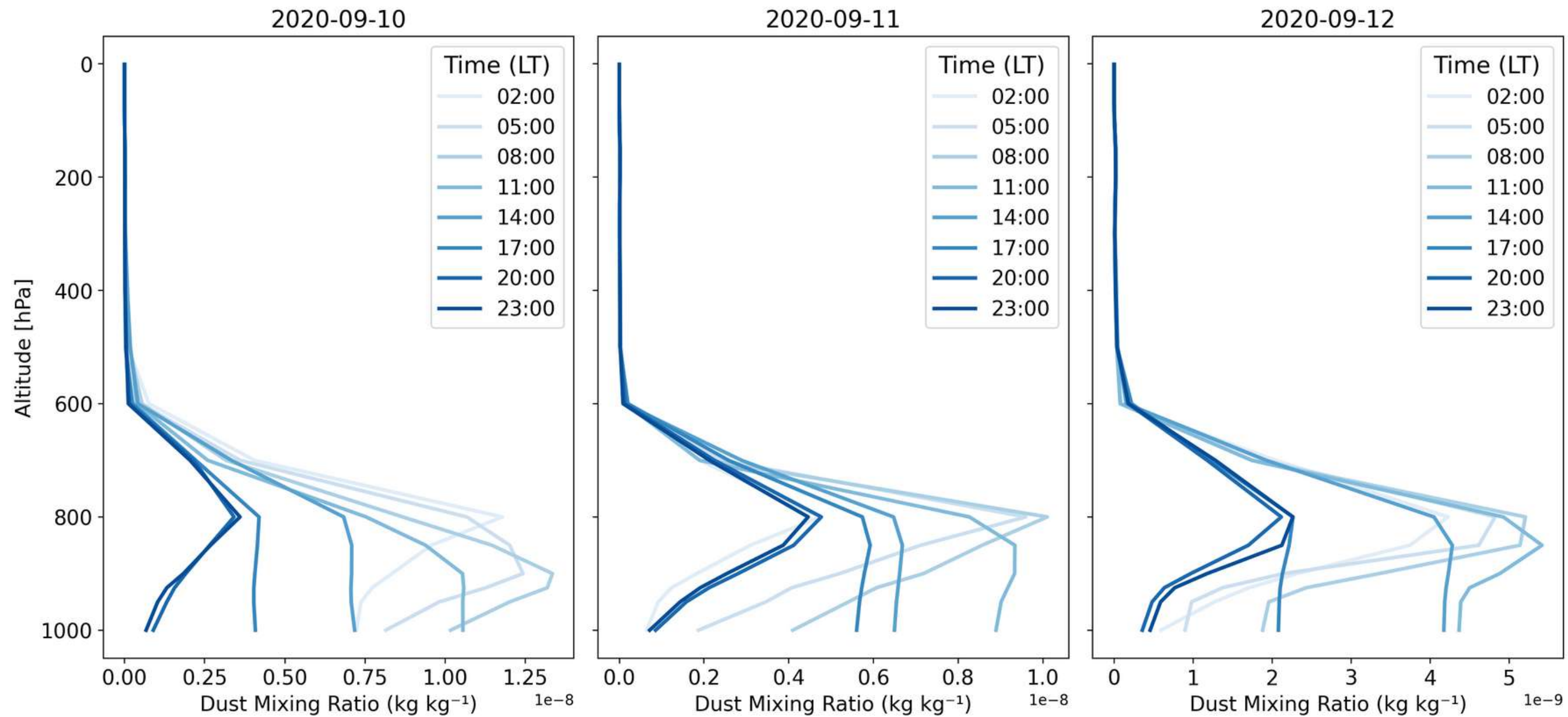
■ Es posible asociar el perfil de vertical de concentraciones polvo a una función exponencial?



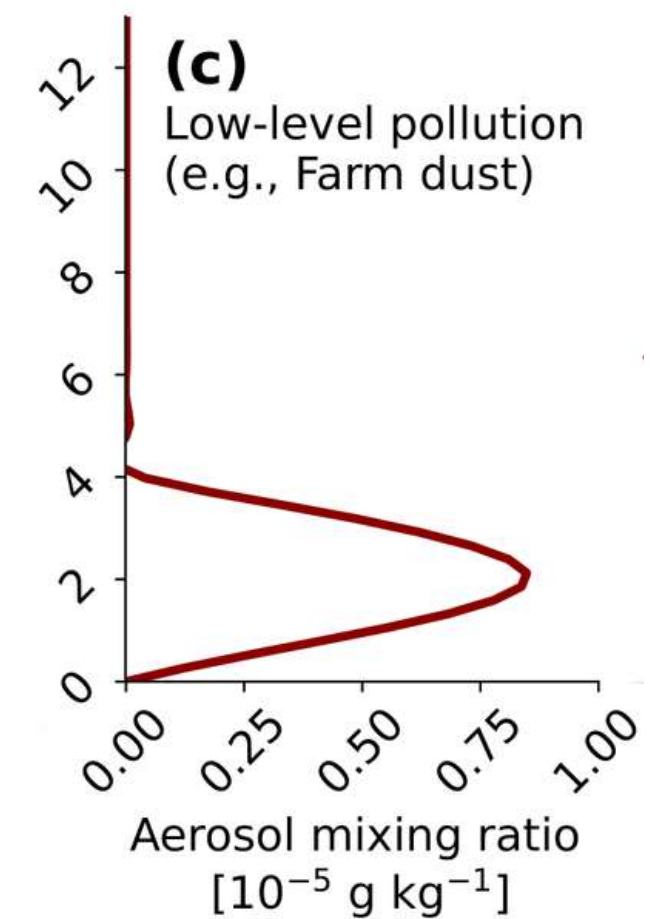
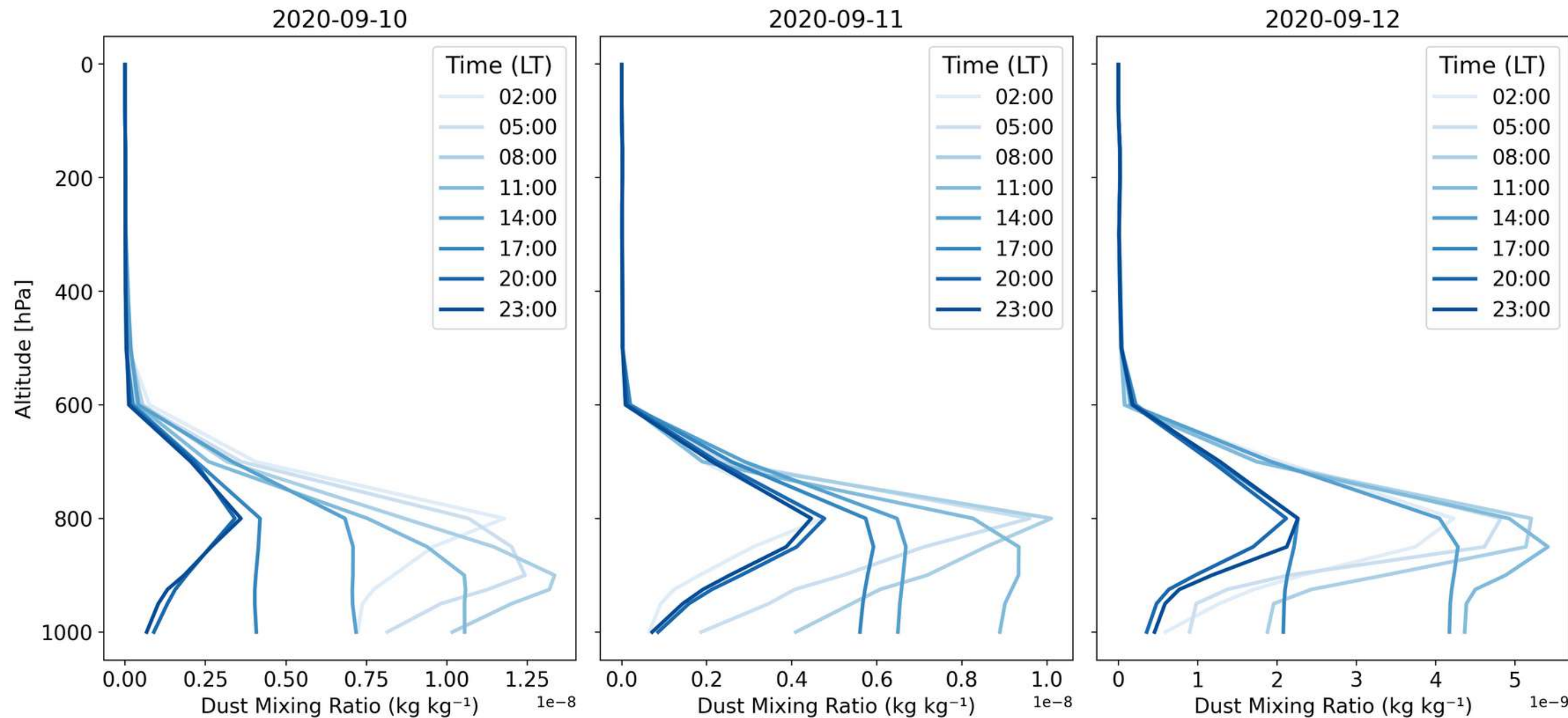
■ Es posible asociar el perfil de vertical de concentraciones polvo a una función exponencial?



■ Es posible asociar el perfil de vertical de concentraciones polvo a una función exponencial?



■ Es posible asociar el perfil de vertical de concentraciones polvo a una función exponencial?



■ Conclusiones

- Los eventos extremos de aerosoles afectan **negativamente la Irradiancia** y, por lo tanto, la **generación de energía fotovoltaica** en Arizona.
- Los eventos extremos están impulsados por diferentes **condiciones sinópticas**, las cuales presentan **firmas distintas en la GHI**.
- Se identificaron dos eventos con diferente **composición química, origen de las masas de aire y distintos factores desencadenantes**.
- La **proporción de mezcla de polvo** (concentración de polvo) presentan **diferentes perfiles verticales** según las características del evento extremo.

Agradecimientos

Dr. Sylvia Sullivan
Edgardo Sepulveda Araya
Thabo Makgoale
Dr. Patrick Bunn



Sydney Butler



La investigación fue financiada mediante fondos iniciales proporcionados por la Universidad de Arizona (UA) y el proyecto Salt River Project (SRP): SRP UA-03 para el año fiscal 2024-2025.



Muchas gracias!

Contacto: julianamejia@arizona.edu