

# INVESTIGACIÓN EN MARCHA

TESIS DOCTORAL  
CURSO 2024-2025

**DOCTORADO EN  
MEDIO AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD**

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE



Evaluación de instrumentación, desde “bajo-coste” hasta avanzada, para el estudio de procesos orientados a la comprensión de los problemas de Calidad del Aire y Contaminación Atmosférica en ambientes interiores y exteriores



# Doctorando: Mila Ródenas García

Directores: Eduardo Yubero y Amalia Muñoz

Tutora: Nuria Galindo

Departamento/Centro/Instituto:

Dpto. de Física Aplicada. U. Miguel Hernández  
Dpto. Química Atmosférica, Fundación CEAM



Evaluación de técnicas experimentales para la determinación de contaminantes con impacto en la Contaminación Atmosférica y en la Calidad del Aire (AQ), tanto en ambientes interiores como exteriores.

Se plantean dos subtemas a desarrollar →

# Objetivo del trabajo

## Medidas de compuestos orgánicos volátiles (COVs) y composición de aerosoles usando instrumentación avanzada y sensores (LCS) para medidas de AQ.

Evaluar la calidad de los datos de distintos instrumentos y técnicas para la medida de COVs (y OVOCs: oxigenados) y aerosoles.

Avanzar en la extracción de información obtenida a partir de instrumentación puntera (e.j. PTR-ToF-MS y CIMS)

Discutir la idoneidad e implicaciones del uso de las distintas técnicas en la determinación de COVs y aerosoles, en modelos químicos y en la evaluación de la calidad del aire.

Discutir las características de las técnicas en base a su tecnología y al propósito para el que son usadas.

Recomendaciones de uso

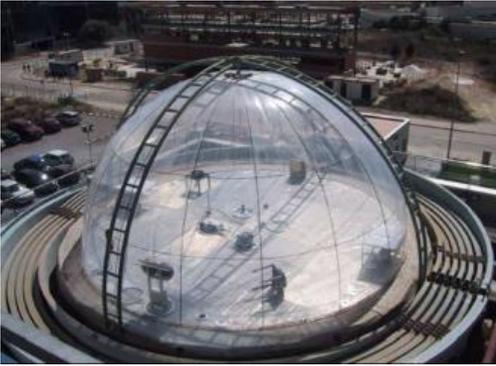
## Evaluación de contaminantes ambientales procedentes de actividades antropogénicas

Identificación de emisiones procedentes de la quema de biomasa (BB) dependiendo de la fase de combustión y tipo de madera.

Estudio de la transformación de las emisiones en condiciones diurnas y nocturnas: fase gas (e.g. VOCs y COVOs) y particulada

Discusión de implicaciones en la calidad del aire, la salud y el cambio climático.

# Metodología: Recursos



Cámaras de simulación atmosférica EUPHORE del departamento de Química Atmosférica de la Fundación CEAM e instrumentación para medida de contaminantes en fase gas y particulada (e.g. PTR-ToF.MS, CIMS).

**Campaña:** medidas en EUPHORE para testeo de etalómetros y medidores de carbono negro y total bajo distintas fuentes de emisión: humos de coches y quema de biomasa (BB). Determinación de emisiones y sus transformaciones. Estudio de propiedades ópticas y caracterización química de aerosoles.

**Contexto:** La BB es una de las principales fuentes de material particulado, generando aerosoles orgánicos, carbono marrón y negro, dando lugar a nuevos productos. Todo ello tiene repercusiones sobre la calidad del aire (AQ) y sobre la salud, a la vez que afecta a las propiedades ópticas de las partículas y, por tanto, al clima.



**Campaña:** medidas en EUPHORE para evaluación de las emisiones en fase gas y en fase particulada de la quema de biomasa (BB) . Determinación de emisiones y sus transformaciones.

**Contexto:** La BB produce gran cantidad de gases y es una de las principales fuentes de material particulado. , generando aerosoles orgánicos, carbono marrón y negro, dando lugar a nuevos productos. A pesar de su repercusión en la AQ, salud y cambio climático, existen importantes lagunas de conocimiento en los procesos químicos que gobiernan dicha actividad.



**Campaña:** evaluación del comportamiento de sensores de CO<sub>2</sub> en EUPHORE.

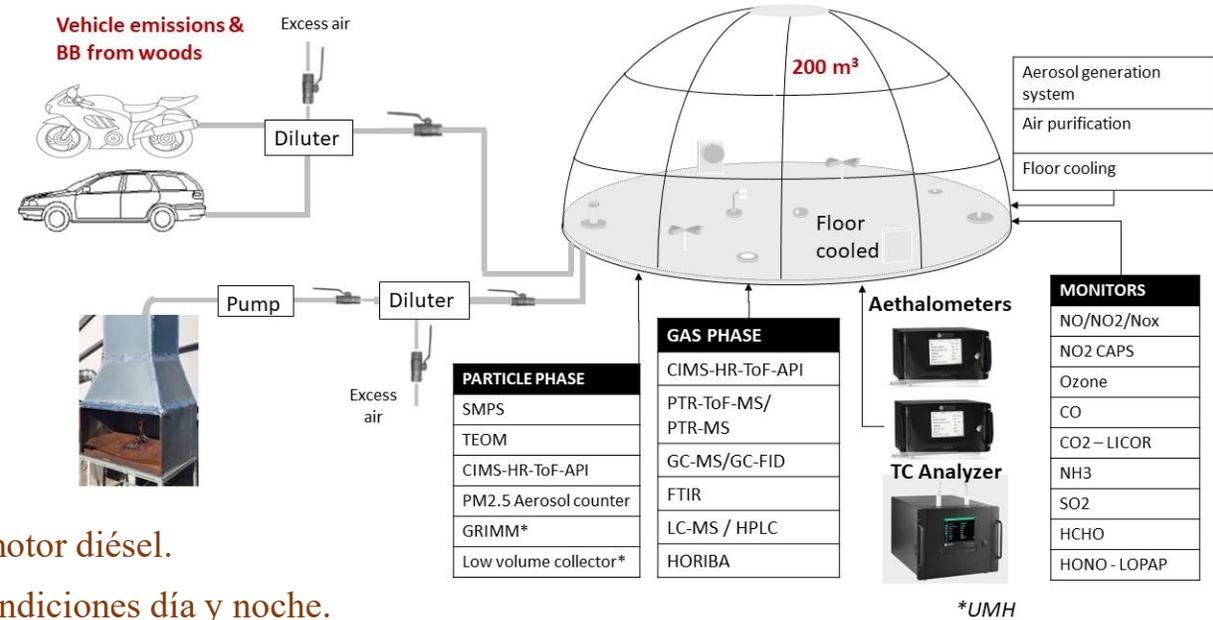
Sensores de bajo coste, e.g. CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM.

**Contexto:** La concentración de CO<sub>2</sub> se popularizó como indicador del riesgo de infección por COVID y se usa como indicador de la tasa de ventilación → relacionado con la calidad del aire interior



Bibliografía relacionada con la temática

Matlab: análisis estadístico de datos incluyendo métodos clásicos y avanzados (e.g. análisis de clusters)



✓ **Campaña** realizada con la siguiente estrategia experimental:

- Quema de madera de naranjo, haya y viñas (estufa abierta) & humos de motor diésel.
- Emisiones en fases de combustión de llama y humo & su evolución en condiciones día y noche.

✓ **Artículo:** *Chemical and optical properties of biomass burning emissions and their atmospheric aging: A comprehensive chamber study.*  
 Estudio sobre **propiedades ópticas y composición química de aerosoles** según el tipo de madera, fase de combustión y oxidación.  
 Pendiente de responder a revisiones de la revista Atmospheric Environment.

✓ **Congresos:**

- EAC, Sept 2025, Lecce (Italia): Un poster como primera autora.
- EGU, Abril 2025, Viena (Austria): 4 orales y 1 poster como coautora sobre BB e instrumentación (no asisto).

✓ **OTROS:**

- **Proyecto ATMOBE.** Parte equipo investigador (*Understanding the atmospheric chemistry of BB emissions*). MICIN PID2022-142366OB-I00. 2023-26.
- Artículo: *Advantages and limitations of the analytical methods currently employed for the assessment of inorganic pollutants in indoor and outdoor air*, Ródenas et al., Trends in Analytical Chemistry, 2024. (No incluido en Doctorado)
- Artículo: Coautora en artículo aceptado sobre degradación de pesticidas en campo. Environmental Technology & Innovation journal

✓ **Campaña** realizada con la siguiente estrategia experimental:

- Uso de estufas de interior
- Quemada de madera de pino, roble y pellets en estufas de interior
- Emisiones en las fases de combustión de llama y humo.
- Exposición de emisiones a condiciones día y noche: formación de productos y envejecimiento de partículas.



✓ **Análisis de datos:** En proceso.

✓ **Artículo:** Se usarán los resultados para hacer un artículo. Foco en **gases y aerosoles**  
En proceso sección introducción

✓ **Congresos y otros:**

- EAC, Sept 2025, Lecce (Italia): Una ponencia oral como primera autora.
- Ponencia oral: Unraveling the complex composition and optical properties from biomass burning. A comprehensive study at EUPHORE. Red Estratégica ACTRIS España 2025, Málaga, 2025
- Proyectos ACTRIS, ATMOBE, ATMO-ACCESS, Net4CleanAir: informes, asistencia a reuniones, asistencia a webinars

# Estado actual. Sensores de bajo coste

- ✓ **Campaña experimental** de intercomparación de LCS de CO<sub>2</sub> comerciales en EUPHORE realizada.

Condiciones: 400-3500 ppm CO<sub>2</sub> y 0-80% HR

38 LCS de CO<sub>2</sub> testeados frente a referencia

Experimentos diseñados para el estudio de:

Linealidad y repetibilidad entre sensores

Dependencia de la HR

Posibles interferencias de otros gases

- ✓ **Artículo**

*Assessment on the performance of CO<sub>2</sub> low-cost sensors at the EUPHORE chambers*

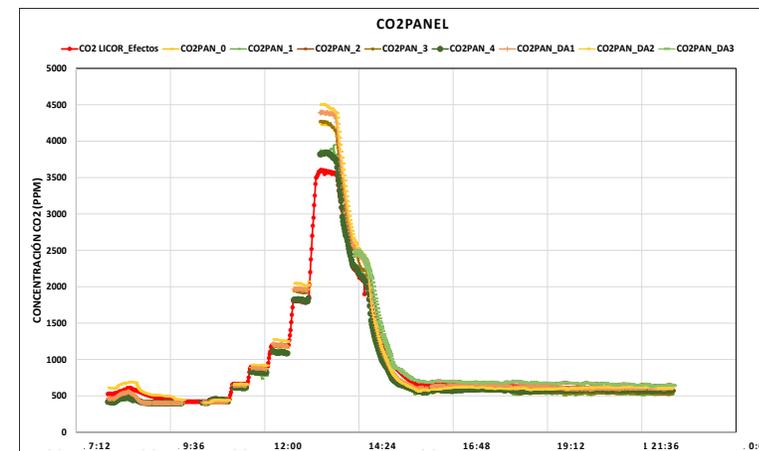
Casi finalizado pero **a discutir si es factible su envío** porque son sensores muy estables y el interés después del periodo COVID es mucho menor.

- ✓ **OTROS:**

Medidas con sensores de PM<sub>2.5</sub> en quemas de paja de arroz

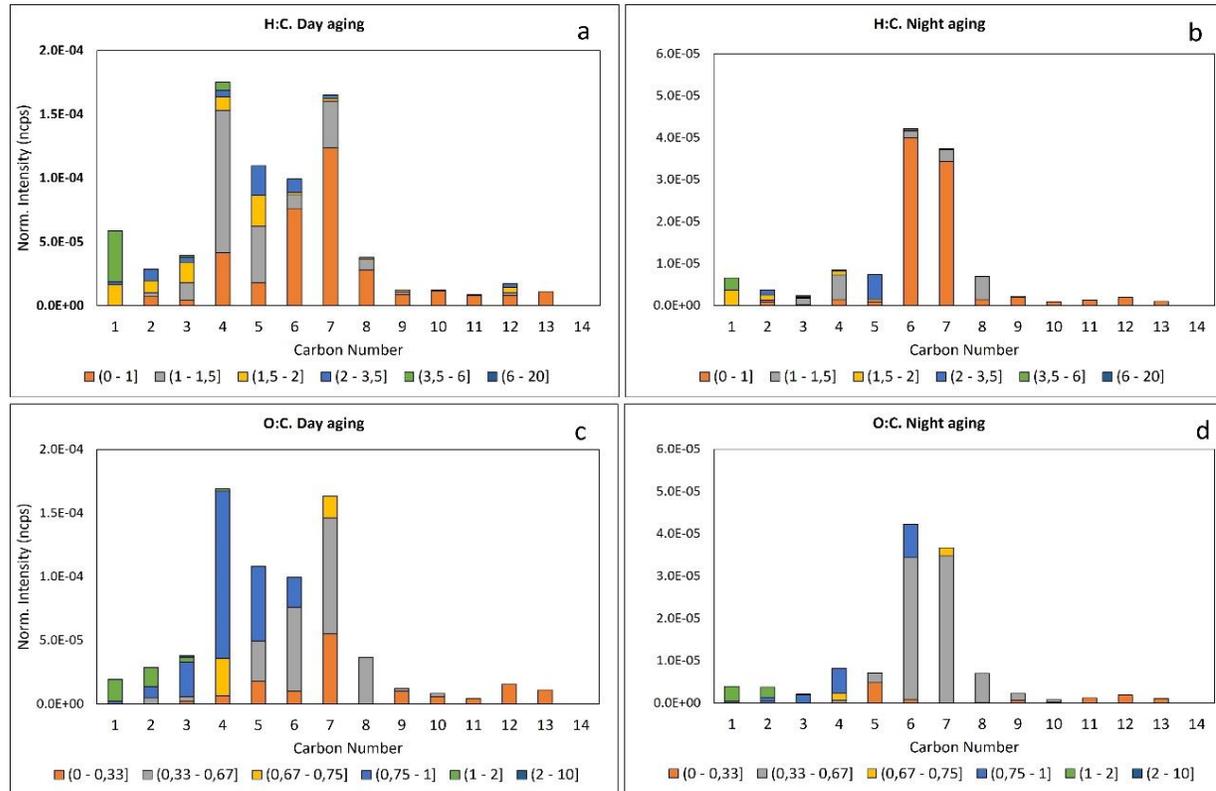
Ponencia invitada como formadora en el curso "Sensores y drones":  
*Sensors for Indoor Air*. Suiza y Chipre-online, Nov 2024.

Proyectos ACTRIS, ATMOBE, ATMO-ACCESS, Net4CleanAir



# Resultados. Quema de biomasa - I

## Estudio de la composición química de los aerosoles según la oxidación de las emisiones



### Oxidación diurna

- Mayores O:C & H:C ratios → compuestos más oxidados y funcionalizados.
- Rango más amplio de Carbonos → mayor fragmentación y química más compleja.
- Compuestos diversos, dominados por orgánicos oxigenados (alcoholes, ácidos, aldehídos, cetonas, etc.).

### Oxidación nocturna

- Ratios O:C y H:C más bajos → menor oxidación y transformación limitada.
- Rango más estrecho de número de carbonos.
- Formación notable de compuestos nitro, incluyendo nitroaromáticos.

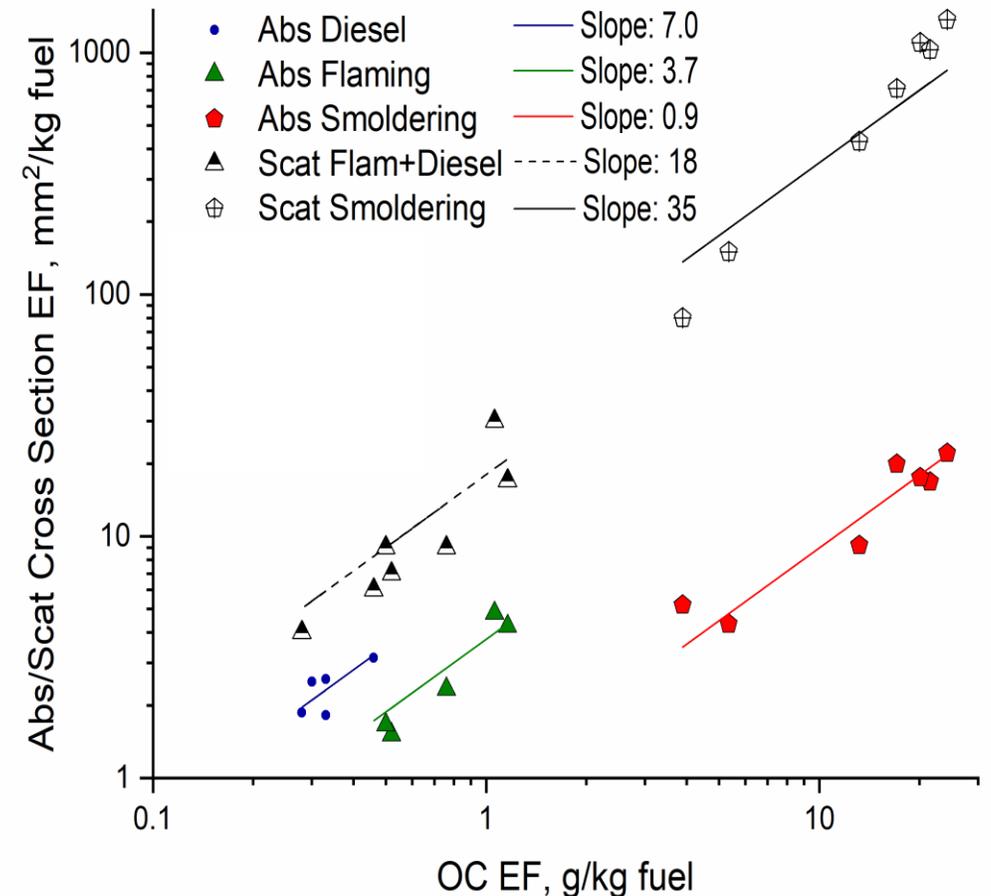
Este tipo de análisis se hará también para el segundo artículo, con otras maderas e incluyendo la fase gas.

# Resultados. Quema de biomasa - I

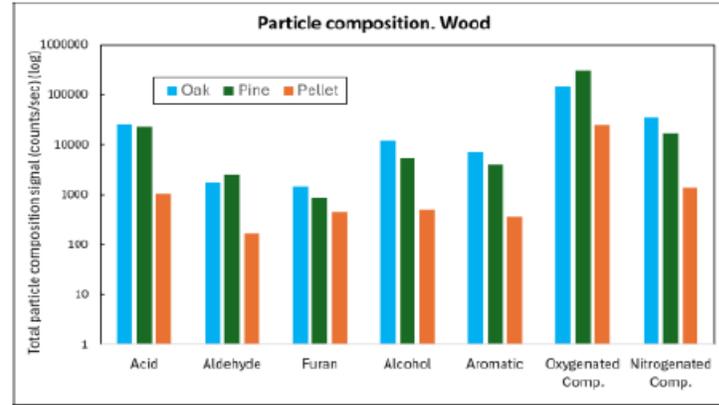
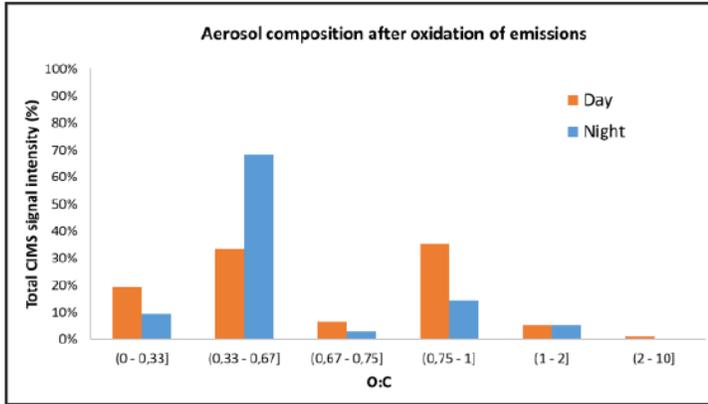
## Propiedades ópticas: absorción y scattering de carbono orgánico según tipo de combustión

- **Diesel:**  
OC más oscuro (más absorbente,  $7.0 \text{ mm}^2/\text{g}$ ),  
menor BrC & OC Abs CS
- **Flaming:**  
Absorción moderada ( $3.7 \text{ mm}^2/\text{g}$ ), mayor OC mass
- **Smoldering:**  
Menor absorción ( $0.9 \text{ mm}^2/\text{g}$ ) mayor OC & BrC Abs CS  
Mayor correlación OC–scattering CS

*Factores de emisión de BrC abs. cross section (470 nm) y aerosol scattering cross section (450 nm) (Scatt CS)*

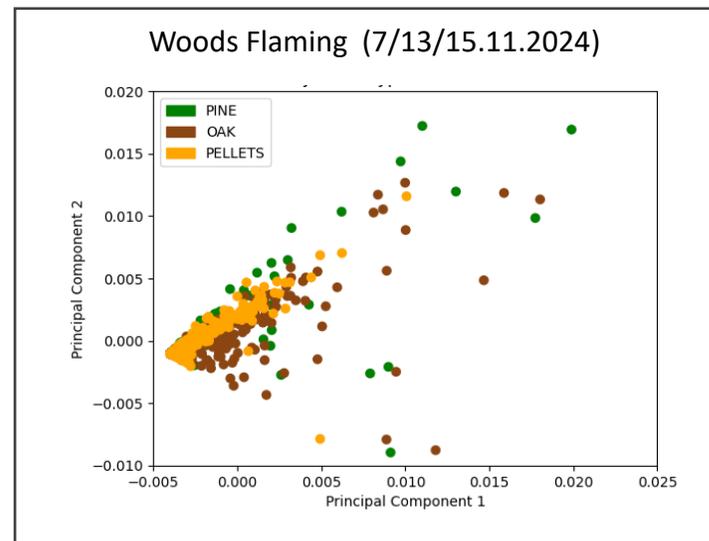
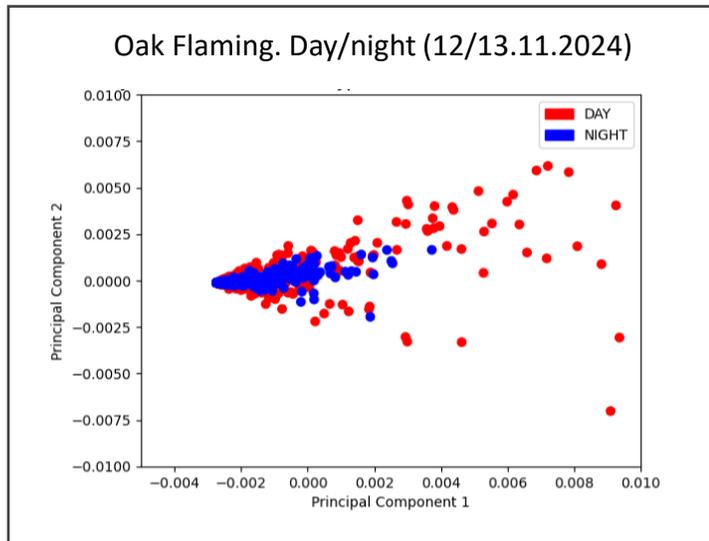


## Estudio de la composición química de los aerosoles según la oxidación de las emisiones y tipo de madera



### Análisis composición aerosoles:

- Mayor espectro de contaminantes durante la fotooxidación
- Diferencia en emisiones de distintas maderas por familias de contaminantes

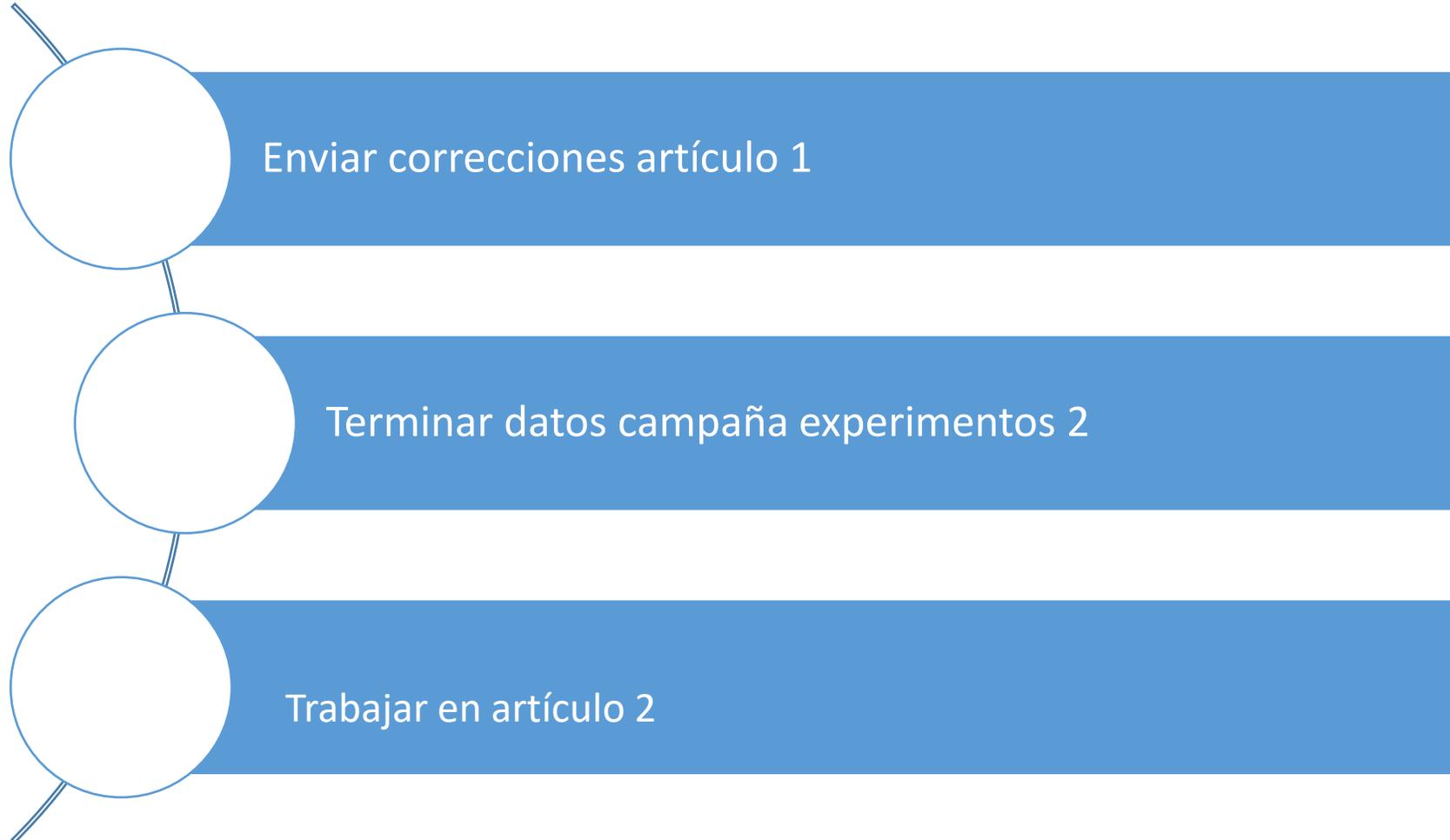


### Análisis PCA:

- Mayor variabilidad en la composición de aerosoles envejecidos en condiciones diurnas
- Diferencia en emisiones de distintas maderas

# Trabajo pendiente

---



**GRACIAS!!**