

Spatio-temporal statistical analysis of PM₁ and PM_{2.5} concentrations and their key influencing factors at Guayaquil city, Ecuador

PROBLEMA

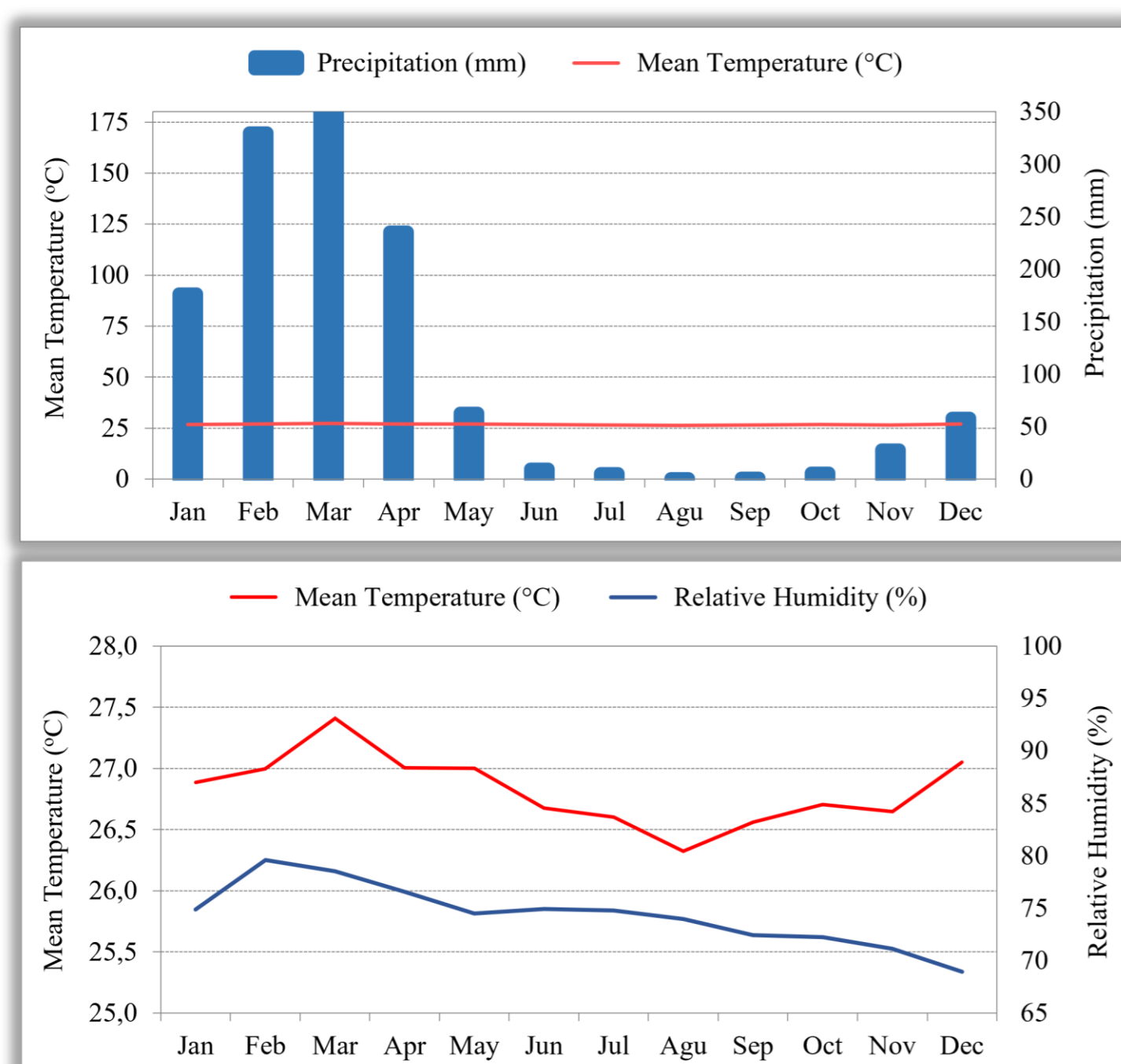
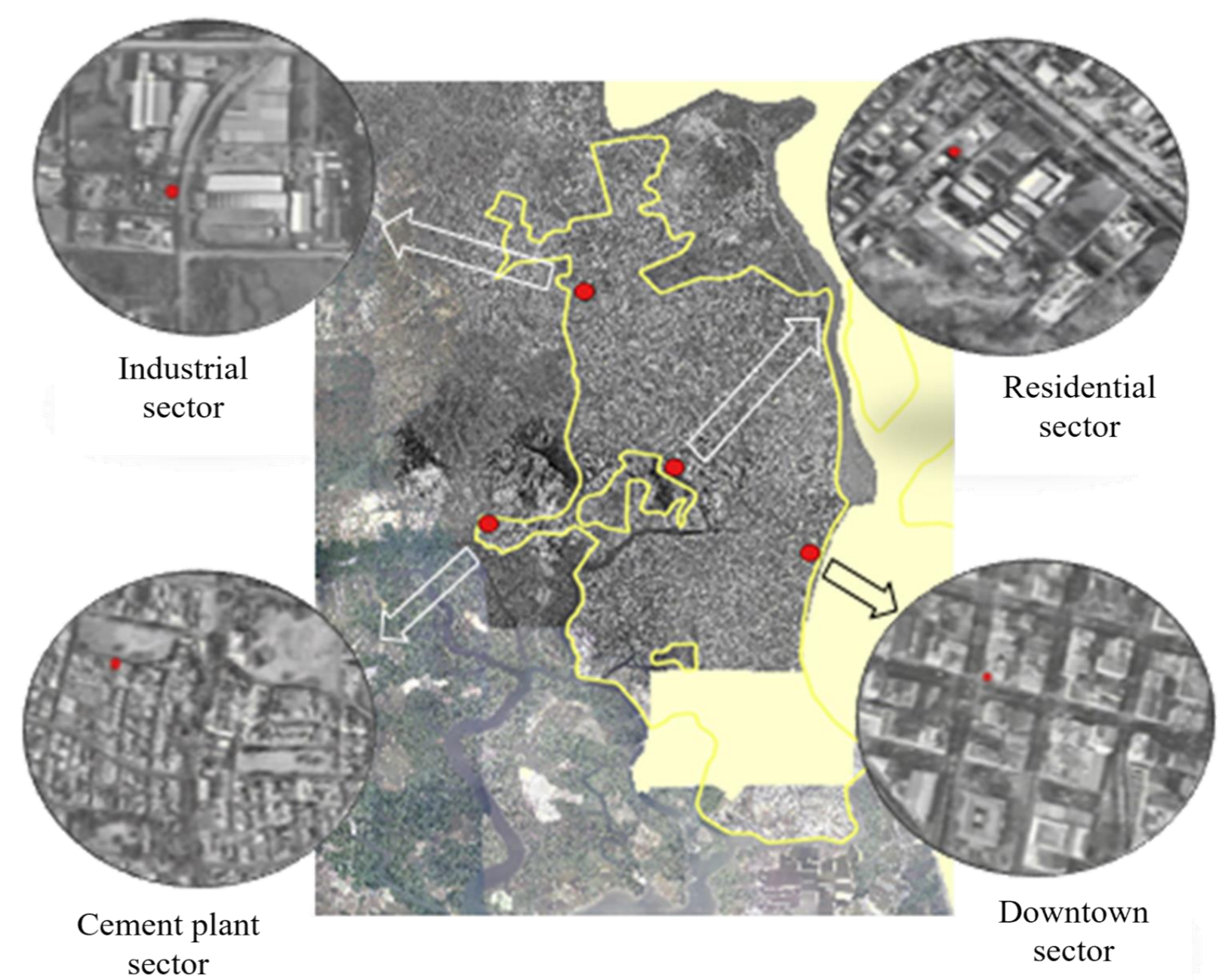
El material particulado PMi: PM₁ ≤ 1µm; PM_{2.5} ≤ 2.5µm, es considerado uno de los principales contaminantes atmosféricos a nivel mundial. El PMi es una mezcla de partículas sólidas y líquidas de diferentes tamaños y características químicas y físicas. La exposición a largo y corto plazo al PMi se asocia con resultados adversos para la salud que pueden terminar en eventos de morbilidad importantes y mortalidad. Aun así, en muchas ciudades como Guayaquil en Ecuador, no hay información gubernamental oficial sobre la calidad del aire y sus riesgos asociados, ni estudios científicos que caractericen la calidad del aire de esa ciudad. Estudios previos en el tema han probado la influencia de las actividades humanas de emisión, las variables meteorológicas y la topografía sobre la concentración del PMi.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este estudio es establecer las características espacio-temporal de las concentraciones de PM₁ y PM_{2.5} en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, e identificar los factores claves que influyen sobre las mismas, mediante un análisis estadístico de regresión y correlación, que proporcionen la información necesaria para impulsar políticas ambientales dirigidas a fortalecer la calidad del aire de la ciudad.

PROPUESTA

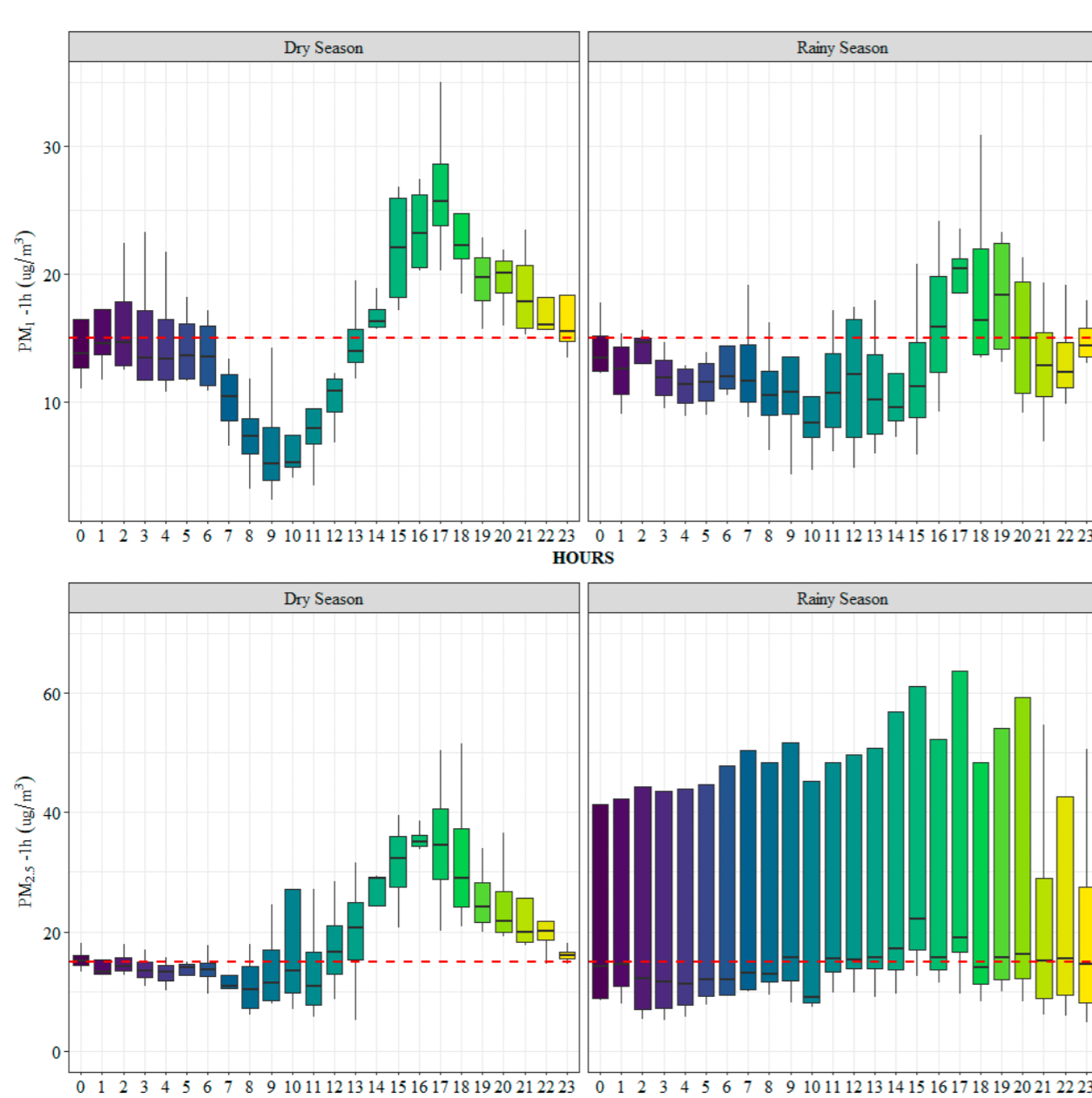
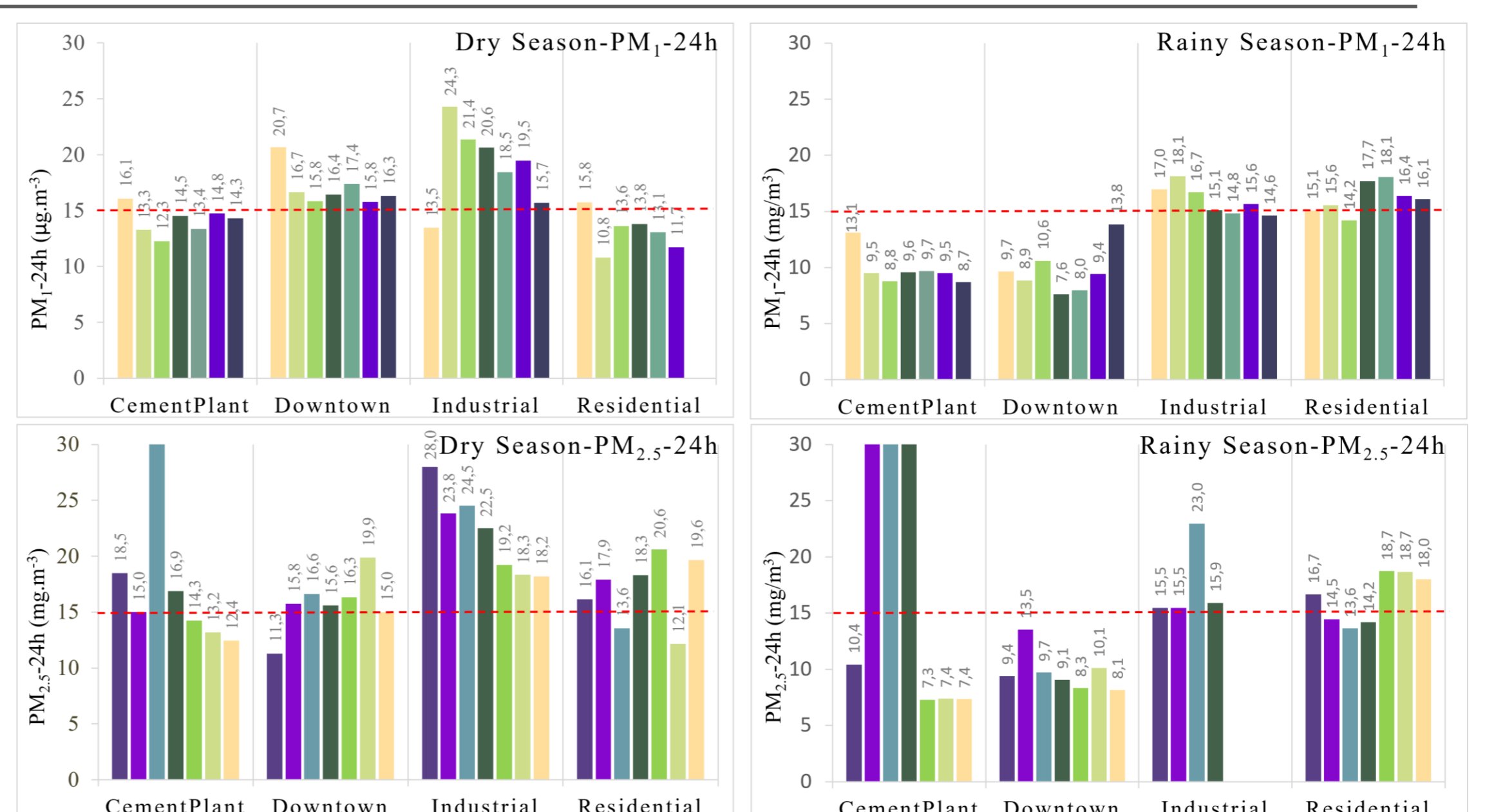
Guayaquil situada en el Océano Pacífico ecuatorial ocupa una superficie de 355 km² con una población de ≈2.7 MM habitantes y uso de suelo urbano-industrial. Esta ciudad cuenta con un puerto marítimo, varias plantas de cemento, termoeléctricas, un grupo de medianas y pequeñas industrias y alto tráfico vehicular (≈ 362,857 vehículos). El clima es cálido (T_{prom} ≈ 27°C) y húmedo (H_{prom} ≈ 80%) con una época de seca y otra de precipitación (500-2000 mm/año).



Entre octubre 2016 y marzo 2017 se llevó a cabo una campaña de muestro de PM₁ y PM_{2.5} en cuatro sectores representativos de las diferentes actividades de la ciudad: sector Cementeras, sector Centro, sector Industrial, sector Residencial. El muestro se realizó con un muestreador de partículas en tiempo real, modelo EPAM 5000 (Haz-Dust™), el cual detecta un rango de 0.001–20.0 and 0.01–200.0 mg/m⁻³, con un flujo de 4.0 L min⁻¹. El EPAM 5000 reporta cada minuto la concentración PMi, temperatura, humedad relativa, dirección/velocidad viento. En cada sector de muestro primero se muestreó PM₁ durante 7 días consecutivos y después PM_{2.5} también por 7 días. Las mediciones se repitieron en los cuatro sectores en época de seca y de precipitación.

RESULTADOS

El análisis espacial-temporal revela que, las concentraciones de PM₁-24h y PM_{2.5}-24h son menores en la estación de precipitaciones por la deposición húmeda. PMi-24h supera el 48% de las veces el umbral propuesto por OMS₂₀₂₁.



Las concentraciones de PMi-h alcanzan el máximo entre 14h00-18h00 y el mínimo entre 06h00 y 10h00 producto de la inversión térmica y el horario de las actividades antropogénicas. En los sectores hay variación en la concentración de PMi debido a la propia actividad antropogénica de cada sector.

Se encontraron asociaciones de PMi con la temperatura y humedad relativa. Los factores más influyentes en las concentraciones de PMi son las emisiones.

CONCLUSIONES

- El estudio espacio-temporal cuestiona la calidad del aire en Guayaquil al superar el PM_{2.5}-24h el umbral de la OMS₂₀₂₁ de manera reiterativa. El sector industrial es el más cuestionado de los cuatro sectores.
- El modelo de regresión lineal múltiple mostró que la orografía llana del sector Cementera y la época de precipitación favorecen las menores concentraciones de PM_{2.5}-24h. Mientras, las emisiones vehiculares e incendios forestales favorecen el aumento de PM₁-24.

RECONOCIMIENTOS

Nohemí Espino, Fiana Dávalos and Alejandra Arévalo por su aporte en el muestro y análisis estadístico preliminar.
INAMHI y Universidad de Nottingham.

- Los resultados de los modelos de regresión logística son los mismos que los de los modelos de regresión lineal, lo que corrobora las variables que contribuyen con las PMi.
- La influencia de las variables meteorológicas sobre la concentración horaria se puso de manifiesto mediante un análisis bivalente de la función de correlación cruzada: mayores concentraciones de PMi-h se asocian con T_{horarias} más altas y HR_{horarias} más bajas; la velocidad_{horaria} del viento no responde a ningún patrón.