

## PROGRAMA DE INCENTIVOS PARA LA FORMACIÓN DE DOCENTES-INVESTIGADORES

Nombre del programa de posgrado: Maestría en Química Ambiental.

Nombre de la Institución: Facultad de Ciencias Químicas.

Nombre del beneficiario: Mirla Catalina Conteiro Ruiz Diaz.

Publicaciones realizadas durante el programa: Presentación en el V SIMPOSIO QIAF 2020-21.

Título de tesis: DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LA FORMACIÓN FOTOQUÍMICA DE OZONO

TROPOSFÉRICO EN UN ÁREA DE ELEVADA AFLUENCIA VEHICULAR DEL GRAN ASUNCIÓN, PARAGUAY.

## RESUMEN

El ozono troposférico es un contaminante secundario producido en la superficie terrestre a partir de la reacción fotoquímica de sus precursores (NOx y COVs). El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal la determinación de la formación fotoquímica del ozono troposférico (O<sub>3</sub>) generado en un área del Gran Asunción-Paraguay, en un punto reconocido por su elevada afluencia vehicular, mediante el uso de un equipo portátil AEROQUAL® Serie 500. El período de medición abarcó la estación otoñal a partir del 18 de marzo al 18 de junio de 2021, durante las 24 h del día. Con el fin de realizar el correcto análisis de los resultados obtenidos se midieron en simultáneo, los parámetros meteorológicos de temperatura (°C) y humedad relativa (%) con el mismo sensor, acumulando 26665 datos para cada parámetro medido. Mientras que, los datos de velocidad (m s<sup>-1</sup>), dirección del viento (°) y precipitación (mm) fueron suministrados por la Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas del Departamento de Servicios Meteorológicos e Hidrológicos de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil. Asimismo, los datos del parámetro radiación solar (W m<sup>-2</sup>), fueron proporcionados por la estación de calidad del aire del Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. En este sentido, el análisis estadístico de los datos fue realizado a través del software R-Project, mientras que los gráficos fueron diseñados con los paquetes estadísticos R-Openair y Minitab®19. El estudio realizado, arrojó un valor promedio de 2,29 μg m<sup>-3</sup> para la concentración de ozono troposférico, con una desviación estándar de 3,73. Asimismo, se logró registrar un pico máximo de 58 μg m<sup>-3</sup>. Es de destacar que las mayores concentraciones se registraron en horas de la madrugada, al medio día y se midieron picos durante los fines de semana. Con los resultados obtenidos es posible indicar, que las concentraciones del contaminante ozono troposférico no superaron los valores límites permisibles por la legislación nacional ni internacional.

**Palabras-clave:** Ozono troposférico, tráfico vehicular, contaminación atmosférica.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Determinar la formación fotoquímica del ozono troposférico (O<sub>3</sub>) generado en un área de afluencia vehicular en un período de tiempo representativo con una elevada frecuencia de muestreo en un punto determinado del Gran Asunción.

### Objetivos específicos

- Realizar la medición cuantitativa de la concentración cinco-minutal del ozono troposférico generado por el área de influencia de las Avenidas Defensores del Chaco y Eusebio Ayala durante tres (3) meses de muestreo continuo.
- Determinar los parámetros ambientales que permitan complementar el análisis de la concentración medida de ozono troposférico tales como: humedad relativa, temperatura ambiente, dirección y velocidad del viento.
- Realizar el análisis temporal de las medidas mediante un tratamiento estadístico de los registros usando el Software R-Project y el paquete de análisis OpenAir.
- Comparar y analizar el cumplimiento de los parámetros permisibles de la concentración del ozono troposférico según normativa vigente nacional e internacional.

## APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

El aporte de este trabajo se relaciona con el tratamiento y análisis de datos medidos, dotando de base científica de referencia para estudios nacionales y/o regionales que admitan la elaboración de normativas ambientales que podrán ser adoptadas a futuro para la toma de decisiones gubernamentales, que logren la reducción de los efectos producidos por la contaminación del aire en la salud humana y ambiental.

## ACTIVIDADES REALIZADAS

- Se aplicó una técnica de muestreo para la valoración de la calidad del aire en ambientes exteriores, validada por la OMS (OMS 2006), utilizando analizadores automáticos activos.
- Se realizó la medición de las concentraciones de ozono troposférico utilizando un equipo portátil con intervalos continuos de 5 (cinco) minutos, los cuales fueron almacenados en la memoria interna del equipo.
- Simultáneamente, a la medición de la concentración de ozono troposférico, se realizó la medición de las variables meteorológicas: temperatura y humedad relativa del aire, las cuales complementaron el análisis de los resultados obtenidos en la campaña de muestreo.
- Los datos de las variables de dirección, velocidad del viento 5-minutal y precipitación, fueron proveídos por la estación automática, ubicada en la Secretaría Nacional del Deporte, la cual forma parte de la Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas del Departamento de Servicios Meteorológicos e Hidrológicos de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (DINAC).
- Recopilados los registros, se procedió al tratamiento analítico de los mismos, aplicando el paquete estadístico R-Openair, específico para el análisis de datos de calidad del aire.

Figura 1. Concentración de Ozono (μg m<sup>-3</sup>) para la campaña de medición entre el 18 de marzo y 18 de junio de 2021.

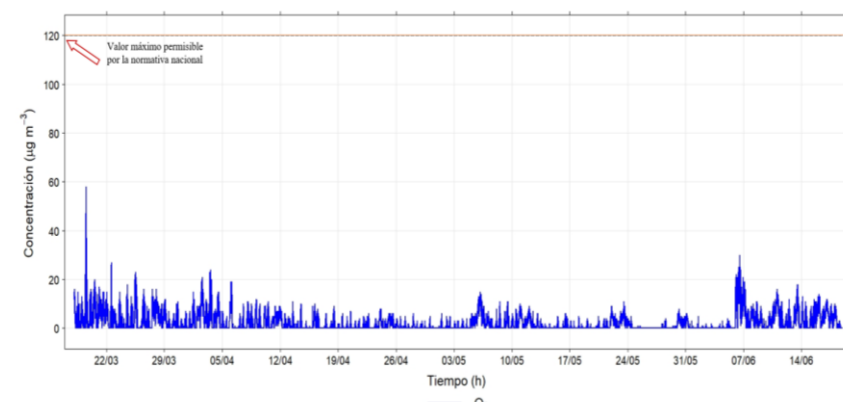
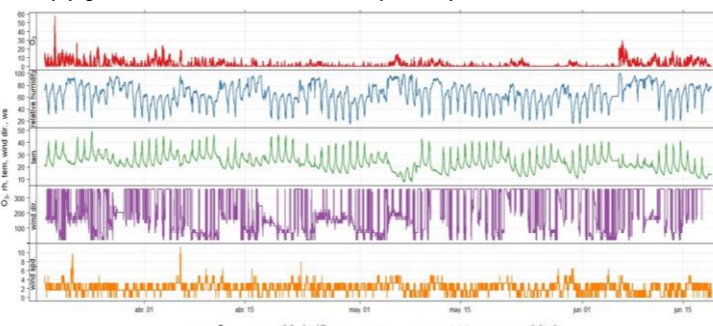


Figura 2. Resultados de la campaña de medición entre el 18 de marzo y 18 de junio de 2021, de las variables: concentración de O<sub>3</sub> (μg m<sup>-3</sup>), humedad relativa del aire (%), temperatura ambiente (°C), dirección (°) y velocidad del viento (m s<sup>-1</sup>).



## RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla 1. Estadísticos de los parámetros de interés, obtenidos y proveídos durante la campaña de medición.

Parámetro	Promedio	Moda	Valor mínimo	Valor máximo	Desviación estándar	Valor límite permisible
O <sub>3</sub> (μg m <sup>-3</sup> )	2,29	< valor límite de detección <sup>1</sup>	< valor límite de detección <sup>1</sup>	58	3,73	120
Humedad relativa (%)	65,15	74	14,5 <sup>2</sup>	99,5	17,35	NA
Temperatura (°C)	24,09	21	7,8	49,1 <sup>3</sup>	6,55	NA
Dirección del viento (°)	76,81	N	0 <sup>4</sup>	338	85,14	NA
Velocidad del viento (m s <sup>-1</sup> )	2,13	0 <sup>5</sup>	0 <sup>5</sup>	11,27	1,23	NA

<sup>1</sup>El valor límite mínimo de detección del sensor es igual a 0,001 ppm=1,96 μg m<sup>-3</sup>

<sup>2</sup>El intervalo de detección de humedad relativa por el sensor es (10 - 90 %)

<sup>3</sup>El intervalo de detección de temperatura por el sensor es (0 - 40 °C).

<sup>4</sup>El valor de 0 (°) en la dirección del viento indica que el mismo proviene de la coordenada Norte

<sup>5</sup>El valor de 0 (m s<sup>-1</sup>) para la velocidad del viento indica que dicho parámetro se encontraba en calma

NA: NO APLICABLE

Figura 3. Variación temporal de Ozono (μg m<sup>-3</sup>) durante la campaña de medición entre el 18 de marzo y 18 de junio de 2021.

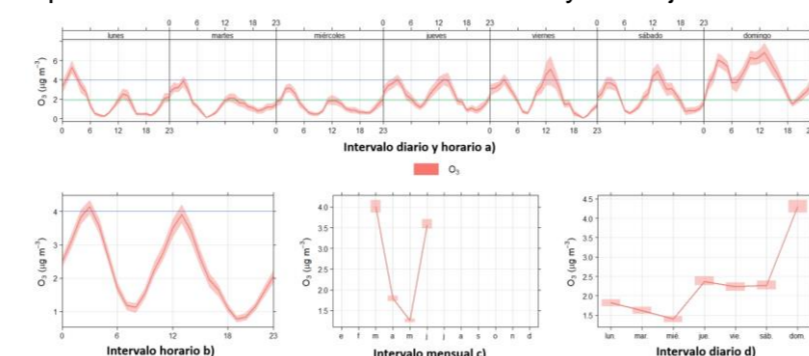
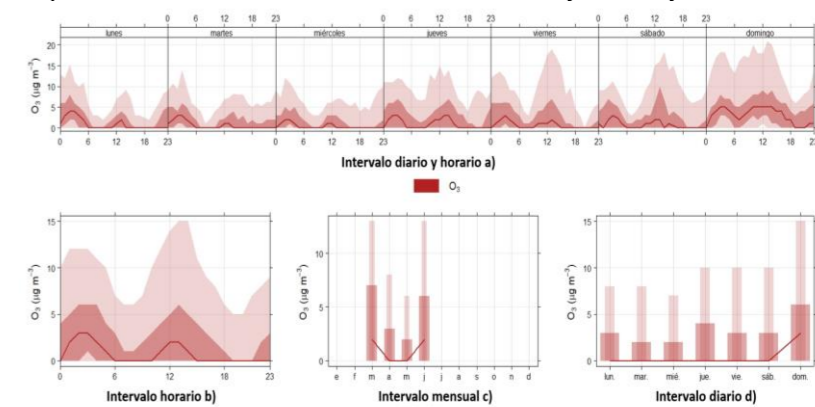


Figura 4. Variación temporal de Ozono (μg m<sup>-3</sup>) durante la campaña de medición entre el 18 de marzo y 18 de junio de 2021.



## CONCLUSIONES

- Hubo formación de ozono troposférico en horas de la madrugada de lunes a miércoles que no superaron el valor promedio de (4 - 6 μg m<sup>-3</sup>), además para horarios del mediodía durante estos días de la semana, no se superó el valor promedio de concentración de (3 μg m<sup>-3</sup>). Asimismo, para el intervalo de jueves a sábados, en horarios de la madrugada y al mediodía no se midieron valores promedio mayores a (6 μg m<sup>-3</sup>). En contrapartida, los domingos mostraron picos en horas de la madrugada entre los valores promedios de (4 - 6 μg m<sup>-3</sup>), y al medio día concentraciones levemente superiores a (6 μg m<sup>-3</sup>).
- Existe correspondencia entre la formación del gas en estudio y los parámetros meteorológicos. Se observó la relación directa existente para las variables (temperatura y radiación solar) con la formación del O<sub>3</sub> y la relación inversa con los parámetros humedad relativa y precipitación húmeda (lluvia). Mientras, que la velocidad promedio igual a (2,13 m s<sup>-1</sup>) y la componente Norte del viento aportan transporte del contaminante y la dilución de este.
- Medir una baja concentración de ozono (menor al valor límite de detección del equipo utilizado) no descarta la existencia de elevadas concentraciones de este en otros puntos. A pesar de que no se hayan sobrepasado los límites permisibles de concentración según normativa nacional (Resolución MADES 259/2015) ni internacional (OMS, 2021).

## VISIÓN Y PLANES FUTUROS

- Proseguir con la investigación y el estudio de la formación fotoquímica del ozono troposférico en áreas con elevada incidencia antropogénica y en un período que abarque análisis de series temporales mayores (como mínimo durante un año).
- Seguir estudiando al O<sub>3</sub>, mediante el monitoreo simultáneo de varios puntos en la ciudad de Asunción.
- Realizar un monitoreo continuo de las variables de calidad del aire, a fin de contar con una base de datos con información científica publicable del O<sub>3</sub> y otros contaminantes criterio.

“Este programa de posgrado fue cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACYT con recursos del FEEI”