

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**



**Influencia de los parámetros meteorológicos para el
aumento y/o disminución de ozono troposférico en la
UAAAN campus Saltillo.**

**Por:
DANIEL FLORES SEVERO**

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2018

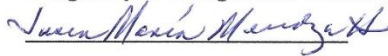
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Influencia de los parámetros meteorológicos para el aumento y/o disminución
de ozono troposférico en la UAAAN campus Saltillo.

Por:
DANIEL FLORES SEVERO

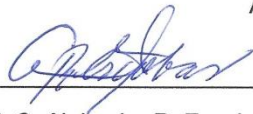
TESIS
INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Dirigido por el siguiente comité:



M. C. Juana María Mendoza Hernández.

Asesor principal



M. C. Alejandra R. Escobar

Sánchez.

Coasesor



M. C. Alberto Rodríguez Hernández

Coasesor

Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"



Coordinación de la División
de Ingeniería



Dr. Luis Samaniego Moreno

Coordinador de la División de Ingeniería.

Buenavista, Saltillo Coahuila, México

Febrero 2018

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme salud y fortaleza para cumplir una meta más en mi vida y permitirme contar con el apoyo de mi familia y seres queridos para terminar una parte de mi educación.

A **mi familia**, que siempre me ha apoyado incondicionalmente y que han confiado en mí para lograr esta meta en mi vida: a **mi madre María Inés Severo Benítez** por apoyarme y alentarme, las preocupaciones que paso día a día. A **mi padre Francisco Flores Huertas**, por su apoyo y enseñarme a ser responsable en todo. A mis **hermanos**, por todo, desde el apoyo moral hasta el apoyo económico. Ustedes han sido mi inspiración y fuerza para seguir adelante.

A **la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de terminar con esta etapa de mis estudios profesionales.

A los profesores:

M. C. Juana María Mendoza Hernández.

M. C. Alejandra Rosario Escobar Sánchez.

M. C. Alberto Rodríguez Hernández

Por haber confiado en mí y el apoyo brindado para realizar esta tesis, por el conocimiento que cada uno de ellos me compartieron para poder concluir con este trabajo de investigación.

Y a **los profesores compañeros y personas** que se cruzaron durante mi carrera les agradezco ya que en algún momento tuve su apoyo, ya sea consciente o inconscientemente, por hacerme fuerte en los momentos difíciles y más fuerte en los momentos fáciles, por sus críticas y enseñanzas, ya que, de cada experiencia, sea mala o buena se aprende.

DEDICATORIAS

A mi madre: **María Inés Severo Benítez**

A ti madre por haberme dado la vida y haberme cuidado y educado a pesar de los obstáculos que la vida te puso sigues a mi lado apoyándome día a día, muchas gracias por seguir luchando todos los días para seguir conmigo gracias mamá.

A mi padre: **Francisco Flores Huertas**

Por inculcarme los valores que a lo largo de mi vida he adquirido y enseñarme de la vida en el campo y como trabajarlo ya que sin eso no hubiera escogido esta noble y excelente carrera.

A mis hermanos:

Teresa Flores Severo.

Antonia Flores Severo.

Verónica Flores Severo.

Miguel Ángel Flores Severo.

Fernanda Flores Severo.

Victoria Flores Severo.

Rosa Irene Flores Severo.

Jimena Flores Severo.

Ya que este logro no es solo mío, es suyo por su cariño apoyo y aliento a seguir y terminar con lo que empecé, por esas palabras en los momentos difíciles y sobre todo por estar ahí.

Índice de contenido general.

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIAS	iii
RESUMEN	9
I. INTRODUCCIÓN.	11
1.1. Justificación	12
1.2. Objetivo.	12
1.2.1. Objetivos específicos.	12
1.3. Hipótesis.	12
II. ANTECEDENTES.	13
2.1. Un gas que viaja kilómetros.	13
2.2. Ozono y salud.	13
2.3. Consecuencias en los recursos naturales.	14
2.4. Efectos en la vegetación.	14
III. MARCO TEÓRICO	16
3.1. Ozono estratosférico y troposférico.	16
3.2. Ozono estratosférico.	18
3.2.1. Función.	18
3.2.2. Formación.	19
3.2.3. Propiedades.	19
3.3. Ozono troposférico.	20
3.3.1. Proceso histórico de la contaminación por ozono troposférico	20
3.3.2. Formación del ozono troposférico.	21
3.3.3. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).	22
3.3.4. Fuentes de emisión.	23
3.4. Influencia de la Meteorología en la producción de ozono.	23
3.4.1. Radiación solar.	23

3.4.2. Temperatura ambiental.	24
3.4.3. Viento.	24
3.4.4. Humedad relativa.	26
3.4.5. Precipitación.	26
3.4.6. Estaciones del año.	26
3.5. La contaminación por ozono y el cambio global.	27
3.6. Normatividad.	27
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.	30
4.1. Localización del sitio.	30
4.2. Descripción de instrumentos utilizados para la recolección de datos:	31
4.2.1. Monitoreo de ozono (O ₃).	31
4.2.2. Monitoreo de condiciones meteorológicas.	31
4.3. Descripción de la información. (Metodología)	32
V. ANÁLISIS DE DATOS.	33
5.1. Análisis 2015	33
5.2. Análisis 2016.	47
VI. RESULTADOS	71
6.1. Temperatura.	71
6.2. Humedad.	73
6.3. Velocidad media del viento.	75
6.4. Velocidad máxima del viento.	77
6.5. Dirección del viento.	79
6.6. Presión atmosférica	81
6.7. Radiación	83
VII. CONCLUSIÓN	85
VIII. LITERATURA CITADA.	88

Índice de figuras.

Figura 1: formación de ozono. (Morales, E, G, Raúl. 2010)	21
Figura 2: Atmosfera inestable. (Velásquez del castro, Gonzales Federico).	25
Figura 3: Atmosfera estable. (Velásquez del castro, Gonzales Federico).	25
Figura 4: Dispersión de contaminantes. (Velásquez del castro, Gonzales Federico).	25
Figura 5: Localización del sitio. (Elaboración personal)	30
Figura 6: Analizador de O ₃ (RUOA)	31
Figura 7: Estación de Monitoreo Calidad del Aire (RUOA)	31

Índice de tablas.

Tabla 1: Parámetros analizados.	32
Tabla 2: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	34
Tabla 3: Coeficientes de correlación parcial múltiple Junio 2015.	34
Tabla 4: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	36
Tabla 5: Coeficiente de correlación parcial múltiple julio 2015.	36
Tabla 6: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	38
Tabla 7: Coeficientes de correlación parcial múltiple Agosto 2015.	38
Tabla 8: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	40
Tabla 9: Coeficientes de correlación parcial múltiple Septiembre 2015.	40
Tabla 10: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	42
Tabla 11: Coeficientes de correlación parcial múltiple Octubre 2015.	42
Tabla 12: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	44

Tabla 13: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Noviembre 2015	44
Tabla 14: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	46
Tabla 15: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Diciembre 2015.	46
Tabla 16: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	48
Tabla 17: Conclusión de los Coeficientes de correlación parcial múltiple. Enero 2016.	48
Tabla 18: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	50
Tabla 19: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Febrero 2016	50
Tabla 20: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	52
Tabla 21: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Marzo 2016.	52
Tabla 22: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	54
Tabla 23: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Abril 2016.	54
Tabla 24: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	56
Tabla 25: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Mayo 2016	56
Tabla 26: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	58
Tabla 27: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Junio 2016	58
Tabla 28: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	60
Tabla 29: Conclusión de los Coeficientes de correlación parcial múltiple. Julio 2016.	60
Tabla 30: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	62
Tabla 31: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Agosto 2016.	62
Tabla 32: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).	64

Tabla 33: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Septiembre 2016. _____	64
Tabla 34: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA). _____	66
Tabla 35: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Octubre 2016 _____	66
Tabla 36: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA). _____	68
Tabla 37: Coeficientes de correlación parcial múltiple.. Noviembre 2016. _____	68
Tabla 38: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA). _____	70
Tabla 39: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Diciembre 2016. _____	70
Tabla 40: Variación de acuerdo a la temperatura, aumento por cada grado. _____	71
Tabla 41: Variación de acuerdo a la humedad, aumento por cada porciento. _____	73
Tabla 42: Variación de acuerdo a la velocidad media del viento, aumento por cada metro por segundo. _____	75
Tabla 43: Variación de acuerdo a la velocidad máxima del viento, aumento por cada metro por segundo. _____	77
Tabla 44: Variación de acuerdo a la dirección, aumento por cada grado de acuerdo a las manecillas del reloj en la rosa de los vientos. _____	79
Tabla 45: Variación de acuerdo a la presión atmosférica, aumento por cada hPa. _	81
Tabla 46: Variación de acuerdo a la radiación solar, aumento por cada w/m2. _____	83

Índice de gráficas.

Gráfica 1: Variación temperatura 2015. _____	72
Gráfica 2: Variación temperatura 2016. _____	72
Gráfica 3: Variación humedad 2015. _____	74
Gráfica 4: Variación humedad 2016. _____	74
Gráfica 5: Variación velocidad media del viento 2015. _____	76
Gráfica 6: Variación velocidad media del viento 2016. _____	76
Gráfica 7: Variación velocidad máxima del viento 2015. _____	78
Gráfica 8: Variación velocidad máxima del viento 2016. _____	78
Gráfica 9: Variación dirección del viento 2015. _____	80

Gráfica 10: variación dirección del viento 2016.	80
Gráfica 11. Variación presión atmosférica 2015.	82
Gráfica 12: Variación presión atmosférica 2016.	82
Gráfica 13: variación radiación solar 2015.	84
Gráfica 14: variación radiación solar 2016.	84

RESUMEN

El presente trabajo analiza la relación que existe entre el ozono (O_3) y los distintos parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica y radiación solar).

Se tomaron datos de los parámetros mencionados anteriormente de la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (ROUA) instalada en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) campus Saltillo.

Se realizó un análisis de correlación de cada factor meteorológico con el ozono para los meses de junio del 2015 a diciembre del 2016, arrojando como resultado las siguientes correlaciones y aumento o disminución de la concentración dependiendo de cada factor (\pm arriba de 5 alta \pm abajo de 5 baja Correlación.)

En la temperatura los resultados fueron correlaciones de 0.48 a 0.81 con un aumento por cada grado Celsius ($^{\circ}C$) de 0.10 a 5.07 partes por billón (ppb.) Esto con aumento en los meses con mayor temperatura. Para la humedad relativa los resultados fueron correlaciones de -0.44 a -0.81 con una disminución, ya que nos arrojó valores negativos, por cada uno por ciento de humedad relativa, va de 0.18 a -0.52 ppb. Esto con disminución en los meses más húmedos. En la velocidad media del viento, hubo correlaciones bajas de 0.17 a 0.64 con un aumento por cada metro por segundo (m/s) de -0.66 a 3.26 ppb. Aumentando conforme disminuía la velocidad media del viento. En la velocidad máxima se observaron correlaciones de 0.20 a 0.79 con un aumento por cada m/s de 0.59 a 2.86 ppb. De igual forma que la velocidad media, aumenta cuando la velocidad máxima del viento disminuye. En la dirección del viento se obtuvieron correlaciones de 0.14 a 0.59 con una disminución por cada grado de variación, de -0.01 a -0.5 ppb. Con la presión atmosférica se obtuvieron correlaciones bajas de 0.13 a 0.5 con un aumento por cada hecto pascal (hPa) de -2.6 a 1.9 ppb. En su mayoría correlaciones por debajo de 0.5. De igual manera, en la radiación solar, las correlaciones fueron bajas, de 0.31 a 0.53 y una disminución por cada vatio por metro cuadrado (w/m^2), de -0.2 a -0.003 ppb. En su mayoría correlaciones por debajo de 0.5.

I. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad la contaminación atmosférica es uno de los problemas más grandes en materia de salud y medio ambiente, el desarrollo de las actividades humanas produce emisiones de gases y partículas que provocan alteraciones en el complejo equilibrio entre las propiedades y funciones de la atmósfera.

El ozono troposférico es considerado uno de los principales contaminantes atmosféricos en todo el mundo, debido a su amplia distribución geográfica y especialmente por los efectos que provoca sobre la salud humana, los materiales, la vegetación y sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas. Es además un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global por lo que está directamente implicado en el cambio climático.

Ozono en Saltillo.

La contaminación atmosférica en la ciudad de Saltillo ha ido aumentando a grandes escalas. La calidad del aire en Saltillo es una preocupación permanente, ya que los signos más evidentes son la disminución en la calidad de la visibilidad e incremento de molestias y enfermedades asociadas.

Al sur de la ciudad se registran valores que rebasan los límites idóneos del Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA) (SEMERNAT 2015).

De acuerdo a mediciones preliminares en los últimos años del observatorio atmosférico de la RUOA ubicado en la UAAAN campus Saltillo, el ozono troposférico presenta concentraciones preocupantes que varían estacionalmente, en invierno, se registraron concentraciones bajas, mientras que en parte de primavera y verano aumenta la concentración.

El cambio climático ya está aquí, y constituye una amenaza bajo cualquier aspecto en salud y medio ambiente (flora y fauna), los contaminantes tendrán grandes influencias y dado que los elementos meteorológicos influyen en su comportamiento y concentraciones se debe analizar su relación.

1.1. Justificación

La presente tesis pretende extender el conocimiento del ozono troposférico y su relación con los diferentes parámetros meteorológicos (temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica y radiación solar). Esto facilitará la toma de decisiones que puedan permitir una adaptación y/o mitigación ante el futuro.

1.2. Objetivo.

Relacionar el ozono troposférico con los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad velocidad media, máxima y dirección del viento, presión atmosférica y radiación solar) registrados con el equipo del observatorio atmosférico perteneciente a la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) de la UNAM, instalado en la UAAAN campus Saltillo.

1.2.1. Objetivos específicos.

- Identificar parámetros meteorológicos que influyen en el aumento de la concentración de ozono troposférico.
- Identificar parámetros meteorológicos que influyen en la disminución de la concentración de ozono troposférico.

1.3. Hipótesis.

Los parámetros meteorológicos influyen en el aumento y/o disminución de la concentración de ozono troposférico en la UAAAN campus Saltillo.

II. ANTECEDENTES.

2.1. Un gas que viaja kilómetros.

El ozono (O₃) es un gas que viaja kilómetros arrastrado por el viento y aumentando de manera considerable su concentración en zonas lejanas a su procedencia. (Magazine geochronology and thermochronology).

2.2. Ozono y salud.

Tiene graves efectos en la salud. Los más afectados son los niños, las personas mayores, las mujeres gestantes y quienes padecen enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

Efectos a corto plazo: reduce la función pulmonar, irrita ojos y superficies mucosas, provoca dolor de cabeza y fatiga, induce nacimientos prematuros en mujeres gestantes, y agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares con resultado de hospitalización o muerte.

Efectos a largo plazo: afecta al desarrollo pulmonar, aumenta la incidencia y gravedad del asma, provoca alteraciones cognitivas similares al Alzheimer, e incrementa la mortalidad de enfermos respiratorios y cardiovasculares crónicos, diabetes e infarto.

Interacción del ozono con otros contaminantes: En exposiciones simultáneas de ozono (0.12-0.24 ppm) con dióxido de azufre, óxido nítrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico y partículas durante una o dos horas no se ha observado un aumento significativo de efectos respiratorios. Sin embargo, la exposición a elevados niveles de estos contaminantes (0.30 ppm) combinado con exposiciones de O₃ provocan una mayor respuesta de la función pulmonar que de forma individual, pero a concentraciones ambientales el efecto parece ser despreciable. (Revista Ecologistas en Acción 2004).

2.3. Consecuencias en los recursos naturales.

Muchos factores hacen que los efectos del ozono sean variables de una zona a otra; entre ellos podemos destacar: la sensibilidad de suelos y de las aguas a la acidez, la concentración de partículas y contaminantes en donde el nivel de deposición acidificante excede la capacidad tampón del medio. (InfoAgro 2016).

2.4. Efectos en la vegetación.

Se pueden presentar variedad de efectos desde daños celulares hasta efectos en el crecimiento cuando se tiene un alto nivel de ozono como para que el daño sea irreversible.

Efecto en su desarrollo.

El este caso se efectúa la producción de etileno ya que esta es una respuesta de defensa ante cualquier ataque. Al igual que puede inducir cambios en los patrones proteicos de muchas especies vegetales. Esto puede ser una forma de adaptación de los individuos al estrés producido por ozono (Noyes, P.D 2009).

Cambios ultra estructurales.

En el desarrollo bioquímico y fisiológico, los primeros cambios suelen aparecer en los cloroplastos; generalmente estos se presentan como una granulosidad en sus estomas, en una disminución de su tamaño y también en una desintegración y/o desorganización de los tilacoides. Dado que en el cloroplasto es donde se realizan la mayor parte de los procesos fotosintéticos estos daños afectarán a la fotosíntesis. (Rodríguez de Sancho María Enero del 2011).

Efectos fisiológicos.

En concentraciones muy elevadas destruye la clorofila, por consecuencia se tiene una disminución en la taza fotosintética. La fotosíntesis puede ser afectada,

disminuyendo la conductancia estomática, esto se debe a una reducción de la capacidad para fijar bióxido de carbono. (Ibáñez Juan José marzo, 2012).

Almacenamiento de carbohidratos y translocación.

Debido a que la conductancia estomática se ve afectada, se reduce la eficiencia para asimilar el bióxido de carbono, y como consecuencia, los niveles de azúcares y almidones en la planta se ven afectados, al igual que se le atribuye la senescencia prematura de las hojas viejas. Y todos estos procesos en conjunto ocasionan como resultado la disminución del crecimiento. (Rodríguez de Sancho María Enero del 2011).

Reproducción.

Varios estudios indican que puede afectar en los procesos reproductivos de las plantas, desde la capacidad de germinación del polen, hasta el número de frutos y la variabilidad y el número de semillas. (Ibáñez Juan José marzo, 2012).

Puede causar una gran variedad de efectos en los organismos vegetales que al final pueden incluso desembocar en alteraciones de las relaciones de competencia y composición de los ecosistemas vegetales, entre los que se encuentran los bosques. (Coyle, M. Fowler, D. Ashmore, 2003).

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Ozono estratosférico y troposférico.

Es un gas incoloro altamente reactivo formado por tres átomos de oxígeno (O_3). Este gas es un componente natural de la atmósfera, presente en sus dos capas inferiores: la tropósfera (desde la superficie terrestre hasta 10 km de altura) y la estratósfera (entre 10-50 km por encima de la superficie terrestre).

Se le conoce principalmente por su papel protector frente a la radiación ultravioleta en la estratósfera, donde se localiza el 90% de su concentración, formando la llamada “capa de ozono”. Esta capa filtra la mayor parte de la radiación solar ultravioleta (longitudes de onda inferiores a 300 nm) que es perjudicial para los seres vivos, permitiendo el mantenimiento de la vida sobre la Tierra. Su destrucción como consecuencia de la emisión de determinados compuestos químicos de origen antropogénico es la causa del llamado “agujero de ozono” cuyo efecto se analiza a escala planetaria.

Un problema tal vez menos conocido, pero igualmente importante, es el incremento de los niveles en la tropósfera, donde está considerado actualmente como uno de los contaminantes atmosféricos más importantes. También es un componente natural de la tropósfera donde se encuentra generalmente en concentraciones bajas, producido tanto del transporte desde la estratósfera, como de la propia formación fotoquímica que ocurre en la tropósfera.

La generación en la atmósfera se produce mediante reacciones químicas entre compuestos orgánicos volátiles (COVs), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx) en presencia de la radiación solar. Estos compuestos se conocen como precursores de la formación de ozono. En una atmósfera no alterada por la actividad humana, estas reacciones forman parte del ciclo del carbono al transformar los COVs que se emiten de forma natural (por la vegetación, la actividad biológica de las zonas húmedas, etc.) en dióxido de carbono y vapor de agua. Pero en las regiones directamente influenciadas por las emisiones antropogénicas, los altos niveles emitidos de NOx actúan como catalizadores para su formación a partir de los

COVs, cuyos niveles a su vez también se elevan como consecuencia de la actividad urbana e industrial. De esta manera, las concentraciones en la tropósfera pueden alcanzar valores elevados por encima del fondo natural, constituyendo un problema de contaminación atmosférica. No ejerce la función protectora que cumple en la estratósfera, sino que, por el contrario, dada su alta reactividad y su fuerte capacidad oxidante, cuando sus niveles se elevan por encima del fondo natural, puede provocar efectos adversos en los materiales (derivados de sus efectos corrosivos), en la salud humana (relacionados con problemas en las vías respiratorias), y en la vegetación y los ecosistemas.

Debido a que es un gas que no se emite directamente por ninguna fuente concreta, se le clasifica entre los contaminantes secundarios, a diferencia de los contaminantes primarios, como el dióxido de azufre (SO_2) que se emite de forma directa con la quema de combustibles fósiles (carbón, gasolinas etc.), o como los óxidos de nitrógeno (NO_2 , NO) cuya fuente más importante es el tráfico vehicular, la combustión de biomasa o los incendios. (Días J. y Linares G., 2010).

La concentración registrada en un área es el resultado de un equilibrio dinámico entre los procesos de formación, transporte, depósito y destrucción, determinados por la combinación de factores meteorológicos y fotoquímicos, relacionados con la cubierta del suelo y por la distancia a los focos emisores de los compuestos precursores. La producción es alta cuando coinciden concentraciones elevadas de precursores con condiciones meteorológicas que favorezcan las reacciones fotoquímicas entre ellos, la temperatura elevada, una alta radiación solar y la ausencia de lluvias y vientos fuertes y turbulentos. En la troposfera suele durar en promedio una semana, pudiendo transportarse a grandes distancias dependiendo de las condiciones meteorológicas. Las concentraciones de este contaminante pueden ser resultado de la mezcla de emisiones locales, del formado a partir de precursores emitidos en zonas lejanas, del transporte desde zonas alejadas y también procedentes de la estratósfera. (O. Valderrama Jose, 2003).

3.2. Ozono estratosférico.

Es una componente natural de la atmósfera que se encuentra en bajas concentraciones y es vital para la vida. La mayoría se encuentra en la parte superior de la atmósfera en una región de la estratósfera, a más de 20 km de la superficie. La principal característica es, en efecto, su fuerte característica oxidante, el mayor después del flúor. Como consecuencia oxida en frío a casi todos los metales, específicamente el hierro, mercurio, plata y manganeso; desplaza al cloro, bromo y yodo de sus combinaciones con el hidrogeno y con los metales; oxida al máximo a los ácidos constituidos por azufre, fósforo y arsénico en frío, también transforma el amoniaco en nitrato y nitrito; finalmente destruye por oxidación la materia orgánica, como caucho o corcho (Velásquez de Castro, Gonzales Federico 2012).

3.2.1. Función.

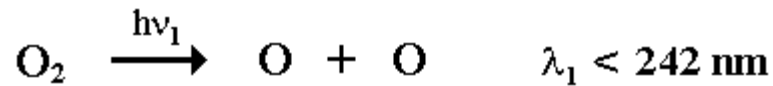
Presenta dos propiedades que marcan sus relaciones con la vida de nuestro planeta: Su fuerte absorción de la radiación ultravioleta y su gran poder oxidante. La primera hace que su presencia en la estratósfera sea imprescindible como filtro para evitar que lleguen a la superficie altos niveles de radiación ultravioleta.

La segunda propiedad, su alto poder oxidante, es la que hace indeseable la presencia de ozono en la tropósfera, ya que puede producir daños en nuestra salud y en la vegetación. (Alatorre Monroy Norberto, 2002).

3.2.2. Formación.

El mecanismo de formación en la estratosfera comprende dos etapas:

1. Descomposición de la molécula de oxígeno:



la ruptura de la molécula de oxígeno necesita de gran cantidad de energía solar y así se produce la absorción de radiaciones solares de alta energía ($\lambda < 242 \text{ nm}$) que no llegan a la superficie terrestre.

2. Reacción de los átomos de oxígeno con las moléculas de oxígeno:



Este proceso se realiza con la presencia de otras moléculas (generalmente nitrógeno u oxígeno) para disipar la energía producida en la reacción. (Triana Novoa María Del Pilar, Agosto de 2010).

3.2.3. Propiedades.

Es un gas azul a concentraciones elevadas, y de olor fuerte y penetrante, con el umbral olfativo a 0.02 partes por millón (ppm). Su densidad es de 1.66 gramos por centímetro cúbico y sus puntos de fusión y de ebullición se sitúan respectivamente, en $-193 \text{ }^\circ\text{C}$ y -112°C , es poco soluble en agua, aunque lo es más que el oxígeno (Federico Velázquez de Castro González).

3.3. Ozono troposférico.

3.3.1. Proceso histórico de la contaminación por ozono troposférico

Los grandes problemas relacionados con la contaminación atmosférica comenzaron con la revolución industrial y como tales, han venido afectando tanto en las áreas directamente influenciadas por los emisores de gases y partículas procedentes de la industria y más tarde a las ciudades, cuando se instala la calefacción con combustibles fósiles y el transporte se realiza con vehículos con motor de explosión y combustión interna. Lo que al principio fueron considerados problemas locales y aislados, pasaron a ser problemas globales que, con unas connotaciones u otras, afectan hoy a todo nuestro planeta.

Se da el caso de algunos contaminantes cuyos estudios han comenzado recientemente y que no pueden considerarse todavía concluidos, como los productos de combustión incompleta (PIC), los radicales libres, varias familias de compuestos orgánicos y los oxidantes fotoquímicos. Dentro de este último grupo se encuentra el ozono, que ha venido siendo estudiado como protector frente a las fracciones B y C de la radiación ultravioleta.

Ha sido denominado contaminante fotoquímico, su estudio ha tenido continuidad en algunas de las áreas más castigadas por este contaminante, como son algunas zonas de la costa este de Estados Unidos. (Borderías Uribeondo, Martín Roda Ma. Eva 2011).

3.3.2. Formación del ozono troposférico.

Su formación es diferente en la estratósfera y en la tropósfera. Mientras que, en la estratósfera se forma como resultado de la disociación del oxígeno molecular; en la tropósfera procede de dos fuentes: por una parte, transferencias desde la estratósfera a la tropósfera, estos procesos contribuyen mínimamente a la concentración; y por otra parte, la producción a partir de la emisión, antropogénica y biogénica de compuestos primarios, principalmente óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV s) (Morales, E, G, Raúl. 2010).

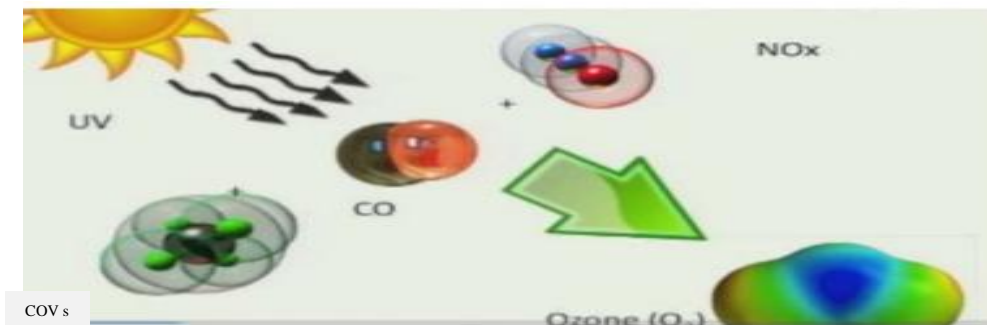
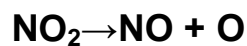


Figura 1: formación de ozono. (Morales, E, G, Raúl. 2010)

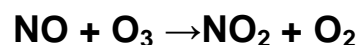
Se forma y desaparece como consecuencia de un ciclo que se inicia al disociarse el NO₂ en presencia de la radiación solar:



Este oxígeno procedente de la fotodisociación del NO₂ es muy reactivo y se combina con el oxígeno molecular de aire:



Es muy inestable y en presencia de óxido nitroso (NO), se reduce con facilidad y rapidez para producir de nuevo dióxido nítrico (NO₂) y oxígeno molecular:



En las regiones industrializadas y densamente pobladas, el tráfico y todas las actividades asociadas al hombre, originan grandes cantidades de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, que coexisten con compuestos orgánicos volátiles y una alta radiación solar, gracias a esto la generación de ozono se ve aumentada. Por otra parte, los compuestos orgánicos volátiles consumen el óxido nitroso (NO) existente mediante reacciones que producen dióxido de nitrógeno (NO₂).

Al reaccionar el óxido nitroso (NO), formado con los compuestos orgánicos volátiles, el ozono no se descompone y se acumula. Por otra parte, las masas de aire de la atmósfera se desplazan, no coincidiendo el lugar de la emisión del dióxido de nitrógeno (NO₂) y su fotodisociación con el de generación del óxido nitroso (NO), al no descomponerse aumenta la concentración de ozono.

De esta forma, la producción es el resultado de un proceso complejo que involucra reacciones químicas entre los óxidos de nitrógeno (NO_x), los hidrocarburos volátiles (COVs) y el oxígeno, en presencia de luz solar.

Principalmente en las estaciones del año con mayor insolación y gran estabilidad atmosférica propician las condiciones meteorológicas que favorecen esta situación, ocasionando una menor dispersión de los contaminantes, aumentando la probabilidad de que reaccionen entre ellos (G. E. Morales Raúl).

3.3.3. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

Bajo este nombre suelen agruparse un conjunto de compuestos orgánicos que debido a su baja presión de vapor, están presentes en concentraciones importantes en las atmósferas contaminadas. Están constituidos por hidrocarburos y otros productos orgánicos. (Peñuelas, J. y Luis J., 2003).

3.3.4. Fuentes de emisión.

Su origen puede ser biológico o antrópico.

Biológico: Pueden ser emitidos de forma vegetal por árboles de hoja caduca, como robles, chopos, álamos, sauces, coníferas, pinos o cedros. También emitidos desde los pantanos o desde los océanos.

Entre las fuentes antrópicas destacan las emisiones de hidrocarburos. Así como las combustiones de biomasa y otros diferentes tipos de residuos, De igual manera contribuye la evaporación de los depósitos, transporte y distribución de combustible, la producción y consumo de pinturas, disolventes y barnices, y la industria petroquímica. (Peñuelas, J. y Luis J., 2003).

3.4. Influencia de la meteorología en la producción de ozono.

3.4.1. Radiación solar.

La luz solar provee la energía necesaria para iniciar su formación, siendo la radiación cercana al ultravioleta la que disocia moléculas estables para formar radicales libres. En presencia de óxidos de nitrógeno estos radicales libres catalizan la oxidación de hidrocarburos a dióxido de carbono y vapor de agua.

Particularmente, cuando hay temperaturas elevadas, condiciones secas y poca mezcla de las corrientes de aire, el ozono superficial puede acumularse a niveles tóxicos. (Domínguez Pavón Pablo, 2012).

3.4.2. Temperatura ambiental.

Las temperaturas elevadas favorecen a su producción debido a que hacen que las reacciones químicas sean más favorables, y por otra parte se incrementan las emisiones evaporativas de precursores.

Inversiones térmicas. Normalmente la temperatura es mayor a nivel del suelo que en la atmósfera superior; pero hay ocasiones en que este comportamiento se invierte y a nivel del suelo las temperaturas son inferiores que la capa inmediata; considerando que en la parte alta de la atmósfera el aire es muy frío y pesado, este actúa como una tapa que no deja salir al aire caliente con todos sus componentes y los contaminantes quedan encerrados, provocando un aumento en su concentración, entre ellos queda el ozono.

Así, el establecimiento de una inversión térmica impide la dispersión vertical de los contaminantes, lo que evita su dilución permitiendo el incremento. (E. Figueruelo Martín Juan, Dávila Marino 2004).

3.4.3. Viento.

El viento es causado por la diferencia de temperatura que existe al producir un desigual calentamiento de las diversas zonas de la Tierra, esto nos origina diferencias de presión atmosférica, que son las que mueven el aire.

La distribución del viento depende de los centros isobáricos; se desplaza de los centros de alta presión (anticiclónicos) hacia los de baja presión (depresiones) y su fuerza es tanto mayor cuanto mayor es el gradiente de presiones, el viento se ve alterado por diversos factores como el relieve y la aceleración de Coriolis.

La desorción de los contaminantes de una fuente depende de la cantidad de turbulencia en la atmósfera cercana. La turbulencia puede ser creada por el movimiento vertical y horizontal.

El movimiento vertical del aire ocasiona un ascenso de los contaminantes, el cual asciende al calentarse y es reemplazado por aire frío que baja; si las condiciones atmosféricas son inestables se produce la mezcla vertical de los contaminantes, tendiendo a ser dispersados más fácilmente, pero si hay estabilidad, el aire permanece en calma y los contaminantes se mantienen.

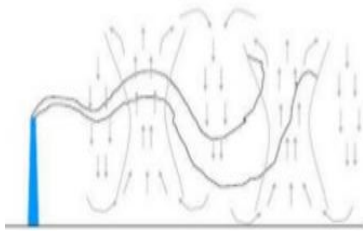


Figura 2: Atmosfera inestable. (Velásquez del Castro, Gonzales Federico).

Una atmosfera inestable favorece la corriente vertical del aire



Figura 3: Atmosfera estable. (Velásquez del Castro, Gonzales Federico).

Una atmosfera estable "resiste" los movimientos verticales.

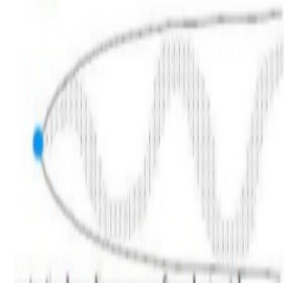


Figura 4: Dispersión de contaminantes. (Velásquez del Castro, Gonzales Federico).

Los contaminantes tienden a dispersarse en forma vertical.

El movimiento horizontal del aire depende de la velocidad, si es baja se permite la acumulación de los precursores y la subsiguiente formación de altas concentraciones de ozono, y por el contrario, alta velocidad del viento permite una dilución de las emisiones de ozono disminuyendo la posibilidad del desarrollo de episodios de alta concentración. Por otra parte, la dirección del viento puede ser relevante al momento de analizar el transporte de ozono y de sus precursores desde determinadas zonas de alta o baja concentración. (Velásquez del Castro, Gonzales Federico).

3.4.4. Humedad relativa.

Presenta efectos positivos y negativos para la formación de ozono, por una parte, un incremento produce un aumento de contenido de agua en la atmosfera, lo que puede conducir a un incremento en la formación de hidrometeoros que favorecen algunas reacciones que ocurren en fases heterogéneas. Por otra parte, los hidrometeoros podrían disolver algunas especies químicas de modo que puedan ser removidas de la fase aérea y no se encuentren disponibles para reaccionar y conducir posteriormente a la formación de material particulado. (Calderón Silvia, Ramoni Edinzo, Hoffmann Josefa, Carillo Pedro, enero 2008).

3.4.5. Precipitación.

Provee de un mecanismo eficiente de remoción de contaminantes atmosféricos, debido a que las gotas de lluvia disuelven y arrastran moléculas de contaminantes (SO, NO₂, O₃) entre otros, que se encuentran en la fase aérea. (G. E. Morales Raúl, 2006).

3.4.6. Estaciones del año.

Considerando un punto de vista meteorológico, no astronómico, las estaciones del año son: Primavera, marzo, abril y mayo; Verano, junio, julio y agosto; Otoño, septiembre, octubre y noviembre y por último, Invierno, diciembre, enero y febrero. En primavera y otoño son más comunes las inversiones térmicas, lo cual permitirá una mayor concentración de contaminantes; mientras que en verano, son más comunes las precipitaciones, que los disolverán y en invierno, las bajas temperaturas no son favorables para un aumento en la concentración de contaminantes. (Contreras López Alfonso 2011).

3.5. La contaminación por ozono y el cambio global.

Está clasificado como el tercer gas en importancia como contaminante de efecto invernadero después del bióxido de carbono y el metano, y se ha calculado que contribuye en un 25% al calentamiento de la atmósfera provocado por los gases emitidos por la actividad humana. Su aumento tiene también una influencia indirecta en el cambio climático, ya que al afectar a la vegetación disminuyendo su crecimiento, limita la fijación de bióxido de carbono y este aumenta en la atmósfera, favoreciendo el efecto invernadero. (Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, 2007).

Es posible que su importancia en el calentamiento global sea incluso mayor que la considerada inicialmente. Por la influencia de los factores atmosféricos se espera que en las próximas décadas, el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero provoque un calentamiento del planeta que podría incrementar los niveles de ozono en zonas de baja concentración.

(Noyes, P.D.; Mcelwee, M.K.; Miller, H.D.; Clark, B.W.; Van Tiem, L.A.; Walcott, K.C.; Erwin, K.N.; Levin, E.D 2009).

3.6. Normatividad.

De acuerdo a la secretaria de salud y la secretaria de medio ambiente y recursos naturales entre otros se regula la norma oficial mexicana nom-020-ssa1-1993, salud ambiental. Criterio para evaluar el valor límite permisible para la concentración de ozono (O₃) de la calidad del aire ambiente.

La concentración de ozono, como contaminante atmosférico, debe ser menor o igual a 0.110 ppm, promedio horario, para no ser rebasado una vez al año.

La concentración del promedio de ocho horas de ozono, como contaminante atmosférico, debe ser menor o igual a 0.080 ppm.

Cálculo del promedio de una hora para el límite de 0.110 ppm.

- el valor de la concentración horaria de ozono se reportará en partes por millón. Con 3 cifras decimales si las contiene, se considera válido cuando se cuenta 75% o más de la información.

Determinación del cumplimiento del límite de 0.110 ppm.

- Un sitio cumplirá con la norma cuando cada uno de los valores horarios sea menor o igual a 0.110 ppm.

Cálculo del promedio de ocho horas para el límite de 0.080 ppm.

- se reportará en partes por millón hasta la tercera cifra decimal.
- para obtener el valor de ocho horas se promediarán los valores horarios de las ocho horas previas continuas.

Obtención del promedio máximo diario de ocho horas.

- Para cada día de muestreo se obtendrán 24 valores, uno por cada hora.
- mayor de 0.080 ppm al día se considerará como válido.
- el promedio máximo diario será el valor promedio más alto registrado durante el día.

Determinación del cumplimiento del límite de 0.080 ppm.

- para determinar el cumplimiento del límite en cada sitio se tomarán únicamente los promedios máximos diarios.

Para un año calendario.

- Se obtendrán 365 valores (366 para años bisiestos). Se considera un límite máximo permisible cuando el valor promedio del año sea menor o igual a 0.080 ppm. (Diario oficial de la federación, abril del 2014) .

Con base en la norma oficial mexicana nom-020-ssa1-1993 se crea la norma oficial mexicana nom-036-semarnat-1993 que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

Para la aplicación del método de referencia se requiere de un analizador para ozono que maneje la técnica de luminiscencia química.

Los principales componentes del analizador son los siguientes:

- Controladores de flujo de etileno y de la muestra.
- Dispositivos que regulan la velocidad de los fluidos
- Celda de reacción Recipiente sellado
- Sistema electrónico de detección y procesamiento de la señal.
- Serie de componentes electrónicos que reciben, amplifican y procesan la señal.
- Reactivos Etileno a 99.99% de pureza.

Método de calibración

- Se basa en la generación de concentraciones de ozono en un sistema de diluciones.
- La concentración de ozono en una celda de absorción se determina a partir de la medición de la cantidad de luz en la región de 254 nm, que es absorbida por la muestra. Para determinar esto, es necesario conocer los siguientes factores:
 - El coeficiente de absorción del O_3 a 254 nm (O).
 - La longitud del trayecto óptico a través de la muestra (l)
 - La transmitancia a una longitud de onda de 254 nm.
 - La temperatura (T) y presión (P) de la muestra. La relación de estas dos lecturas (I/I₀) denominada transmitancia, está directamente relacionada con la concentración de ozono en la muestra, por medio de la Ley de la absorción de Lambert-Beer. (Diario oficial de la federación, abril de 2014).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1. Localización del sitio.

La presente investigación se realizó en el área del Departamento de Agro meteorología de la UAAAN, ubicada en el tercer piso del edificio Miguel Alemán, en donde se encuentra el observatorio atmosférico, perteneciente a la Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA) de la UNAM y cuyas coordenadas son: 25.3532° N de latitud, 101.0332° W de longitud y 1,786 MSNM de altitud.



Figura 5: Localización del sitio. (RUOA)

4.2. Descripción de instrumentos utilizados para la recolección de datos:

4.2.1. Monitoreo de ozono (O₃).

El instrumento analizador de ozono, utiliza la técnica de absorción ultravioleta que se basa, como indica su nombre, en la absorción de la molécula de ozono que se realiza con la radiación UV de una determinada longitud de onda, el fundamento físico se basa en la ley de Lambert-Beer, que relaciona la concentración de ozono con la intensidad de la radiación medida.



Figura 6: Analizador de O₃ (RUOA)



Figura 7: Estación de Monitoreo Calidad del Aire (RUOA)

4.2.2. Monitoreo de condiciones meteorológicas.

Descripción del sistema.

El sistema cuenta con las siguientes partes:

- _ Torre de aproximadamente 10 metros de alto.
- _ Sensor de velocidad de viento.
- _ Sensor de dirección de viento.
- _ Sensores de temperatura y humedad relativa.
- _ Sensor de presión barométrica.
- _ Sensor de precipitación pluvial.

Todos estos sensores vienen en un solo compartimiento, protegidos por discos contra la radiación solar.

Estos datos se registran por hora de manera automática y son almacenados.

4.3. Descripción de la información. Metodología

Se tomaron datos preliminares de lecturas de ozono troposférico y de elementos meteorológicos (temperatura, humedad, velocidad media máxima y dirección del viento, presión atmosférica y radiación solar) del observatorio atmosférico de la RUOA. Posteriormente se le dio orden y formato adecuado para su análisis e interpretación. Se tomaron los datos por hora de los meses de junio de 2015 a diciembre de 2016.

Tabla 1: Parámetros analizados.

Ozono	Ppb
Temperatura	°C grados Celsius
Humedad	% porcentaje
Velocidad media del viento	m/s metros por segundo
Velocidad máxima del viento	m/s metros por segundo
Dirección del viento	Grados
Presión atmosférica	hPa Hectopascal
Radiación solar	W/m ² Vatios por metro cuadrado

Se realizó una correlación de los parámetros meteorológicos con el ozono para determinar su influencia.

V. ANÁLISIS DE DATOS.

5.1. Análisis 2015

Ecuación de regresión para junio de 2015.

$$Y = 29 + 3.108 X_1 - 0.1012 X_2 + 2.152 X_3 + 1.236 X_4 - 0.02316 X_5 - 0.071 X_6 - 0.01133 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el ozono troposférico (O_3) se incrementará en promedio 3.108 partes por billón (ppb.). Con una confianza del 95% de que estará entre 2.46 y 3.75 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O_3 disminuirá en promedio 0.1012 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre -0.20 y 0.003 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O_3 aumentará en promedio 2.152 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.96 y 3.33 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O_3 se incrementará en promedio 1.236 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.723 y 1.748 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O_3 disminuirá en promedio 0.0236 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.032 y 0.013 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O_3 disminuirá en promedio 0.071 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.557 y 0.415 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O_3 disminuirá en promedio 0.011 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.017 y 0.005 ppb.

Tabla 2: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC	MC	F	Valor p
Regresión	7	90043	12863.3	138.45	0*
Error	448	41624	92.9		
Total	455	131667			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración, excepto la presión atmosférica.

Coefficiente de correlación múltiple. Junio 2015.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.8269 indicando muy buena relación entre el O₃ y las variables.

Tabla 3: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Junio 2015.

	Y O3 ppb	X1 °C	X2 %	X3 m/s
O3 ppb	1			
X1 °C	0.74944344	1		
X2 %	-0.68182407	-0.83006748	1	
X3 m/s	0.64324153	0.56078945	-0.63026289	1
X4 m/s_1	0.61033792	0.47999785	-0.51972531	0.72520088
X5 grados	-0.40915578	-0.4057425	0.28859797	-0.26714097
X6 hPa	-0.21607536	-0.20396082	0.16219474	-0.13751233
X7 W/m^2	0.53845586	0.82967886	-0.75130031	0.43154022

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la temperatura con un valor de 0.7494, esto indicando que para junio de 2015 la temperatura es la que influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para julio de 2015.

$$Y = -870 + 4.575 X_1 + 0.1807 X_2 + 1.493 X_3 + 1.643 X_4 + 0.02928 X_5 \\ + 0.957 X_6 - 0.01201 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 4.575 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.0372 y 0.324 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.1807 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.0372 y 0.324 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 1.493 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.248 y 2.736 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 1.643 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 1.020 y 2.264 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.029 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.0415 y 0.007 ppb.
- Por cada hectopascal (hPa) que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ aumentará en promedio 0.957 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.176 y 1.738 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.012 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.016 y 0.007 ppb.

Tabla 4: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	69482	9926	131.61	0*
Error	270	20363.8	75.4		
Total	277	89845.8			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración.

Coefficiente de correlación múltiple. Julio 2015.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.8794 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 5: Coeficiente de correlación parcial múltiple. Julio 2015.

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.81126882	1		
X2%	-0.71046411	-0.86788295	1	
X3m/s	0.51358834	0.40380873	-0.47556556	1
X4m/s_1	0.55048757	0.38041199	-0.44771401	0.64245877
X5grados	-0.49097458	-0.43844148	0.30877211	-0.22647268
X6hPa	0.02523326	0.0744801	-0.21495022	0.01570844
X7W/m^2	0.47582777	0.73751411	-0.59805895	0.21971509

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la temperatura con un valor de 0.8112, esto indicando en el mes de julio de 2015 la temperatura es la que influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para agosto de 2015.

$$Y = 1081 + 1.377 X_1 - 0.4400 X_2 + 2.333 X_3 + 1.146 X_4 - 0.04649 X_5 \\ - 1.268 X_6 - 0.00947 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 1.377 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.95 y 1.80 ppb.
- Así por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.4400 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.53 y 0.34 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 2.333 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 1.32 y 3.34 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 1.146 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.59 y 1.69 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.04649 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.05 y 0.03 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ disminuirá en promedio 1.268 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 1.79 y 0.74 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.009 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.013 y 0.005 ppb.

Tabla 6: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	152744	21820.6	254.03	0*
Error	567	48703	85.9		
Total	574	201447			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración de O₃.

Coefficiente de correlación múltiple. Agosto 2015.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.8707 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 7: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Agosto 2015.

	YO3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
YO3 ppb	1			
X1°C	0.73439466	1		
X2%	-0.71511175	-0.81427185	1	
X3m/s	0.63192764	0.51416722	-0.45337888	1
X4m/s_1	0.67924148	0.57579503	-0.47509484	0.7908546
X5grados	-0.59842036	-0.50388094	0.48408744	-0.37711582
X6hPa	-0.30486978	-0.13961117	0.09327573	-0.1936862
X7W/m2	0.41318124	0.72676061	-0.68874952	0.32083207

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la temperatura con un valor de 0.7343, esto indicando que en agosto de 2015 la temperatura influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para septiembre de 2015.

$$Y = 355 - 0.247 X_1 - 0.5244 X_2 + 3.264 X_3 + 2.865 X_4 - 0.04032 X_5 \\ - 0.361 X_6 - 0.00816 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.247 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.61y 0.12 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.524 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.60y 0.44 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 3.264 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 2.07 y 4.45 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 2.865 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 2.24 y 3.48 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.0403 ppb Con una confianza del 95% de que estará entre 0.04 y 0.03 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ disminuirá en promedio 0.361 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 1.03 y 0.31 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.008 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.01 y 0.004 ppb.

Tabla 8: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	239571	34224.4	330.26	0*
Error	707	73266	103.6		
Total	714	312837			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración, excepto la temperatura y presión atmosférica.

Coefficiente de correlación múltiple. Septiembre 2015.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.8751 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 9: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Septiembre 2015.

	O3_ppb	X1°C	X2%	X3m/s	X4m/s_1
O3_ppb	1				
X1°C	0.64277751	1			
X2%	-0.7222418	-0.82047484	1		
X3m/s	0.75503342	0.60325679	-0.61773899	1	
X4m/s_1	0.79410997	0.6315883	-0.60898658	0.83948299	1
X5deg	-0.53587732	-0.40279418	0.33877886	-0.44317869	-0.48578234
X6hPa	-0.29147347	-0.20618961	0.26834511	-0.19090269	-0.24788317
X7W/m^2	0.41138159	0.70529072	-0.66730361	0.46422414	0.37629083

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la velocidad máxima del viento con un valor de 0.7941, esto indicando que en septiembre de 2015 influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para octubre de 2015.

$$Y = -1002 + 0.927 X_1 - 0.3014 X_2 + 0.003 X_3 + 0.744 X_4 - 0.03467 X_5 \\ + 1.261 X_6 - 0.00863 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 0.927 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.48 y 1.37 ppb.
- Así por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.301 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.37 y 0.22 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 0.003 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 1.23 y 1.24 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 0.774 ppb. Con una confianza del 95% de que estará en promedio entre 0.09 y 1.38 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.0346 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.04 y 0.02 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ aumentará en promedio 1.262 ppb. Con una confianza del 95% de que el estará entre 0.76 y 1.75 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.008 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.01 y 0.003 ppb.

Tabla 10: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	52356	7479.43	49.19	0*
Error	562	85446	152.04		
Total	569	137802			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración, excepto la velocidad media del viento.

Coefficiente de correlación múltiple. Octubre 2015.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.6163 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 11: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Octubre 2015.

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.48667795	1		
X2%	-0.51489603	-0.70710041	1	
X3m/s	0.17571842	0.2733772	-0.25869746	1
X4m/s_1	0.20450307	0.32751237	-0.26266577	0.83636328
X5Grados	-0.28125456	-0.21254023	0.02134971	-0.02429518
X6hPa	0.13989641	-0.05082956	-0.05322409	-0.42692598
X7W/m^2	0.3586636	0.6784537	-0.57761233	0.14633356

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la humedad, con un valor de 0.5148, esto indicando que en Octubre de 2015 influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para noviembre de 2015.

$$Y = 86 - 0.0267 X_1 - 0.3390 X_2 + 0.512 X_3 + 1.389X_4 - 0.03291 X_5 - 0.044 X_6 - 0.00481 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.026 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.21 y 0.16 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.339 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 1.24 y 0.22 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ disminuirá en promedio 0.512 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 1.24 y 0.22 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 1.389 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.96 y 1.81 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.0329 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.03 y 0.02 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ disminuirá en promedio 0.044 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.43 y 0.34 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ el ozono aumentará en promedio 0.001 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.001 y 0.008 ppb.

Tabla 12: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	68974	9853.5	149.26	0*
Error	679	44825	66		
Total	686	113799			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que no todas las variables son importantes para influir en la concentración como son: la temperatura, velocidad media del viento y presión atmosférica.

Coefficiente de correlación múltiple. Noviembre 2015.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.7785 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 13: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Noviembre 2015

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.53598568	1		
X2%	-0.69802081	-0.61949471	1	
X3m/s	0.38392263	0.46987221	-0.37243795	1
X4m/s_1	0.47331436	0.5570403	-0.39712483	0.83243595
X5grados	-0.14940273	0.05318086	-0.11657596	0.20335155
X6hPa	-0.33598571	-0.34882292	0.49043774	-0.37717435
X7W/m^2	0.47032677	0.56857217	-0.48211775	0.28023191

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la humedad, con un valor de 0.6980, esto indicando que en noviembre de 2015 la humedad relativa influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para diciembre de 2015.

$$Y = -837.9 + 0.3703 X_1 - 0.3784 X_2 + 0.100 X_3 + 1.039 X_4 - 0.01290 X_5 \\ + 1.0666 X_6 + 0.00067 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 0.3703 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.20 y 0.53 ppb.
- Así por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.378 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.41 y 0.33 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 0.100 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.51 y 0.71 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 1.039 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.70 y 1.37 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.012 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.02 y 0.004 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ aumentará en promedio 1.066 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.87 y 1.25 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ aumentará en promedio 0.0006 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.87 y 1.25 ppb.

Tabla 14: Análisis de Varianza para la determinación de la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	71363	10194.7	157.06	0*
Error	720	46736	64.9		
Total	727	118100			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración, excepto la velocidad media del viento y radiación solar.

Coefficiente de correlación múltiple. Diciembre 2015.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.777 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 15: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Diciembre 2015.

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.60159345	1		
X2%	-0.67294959	-0.64586432	1	
X3m/s	0.45282468	0.50338173	-0.46629503	1
X4m/s_1	0.49293178	0.5635033	-0.46197805	0.90036729
X5grados	0.15242417	0.25543831	-0.29859448	0.31210277
X6hPa	-0.24594487	-0.4122527	0.55983145	-0.61530287
X7W/m^2	0.38063009	0.39475744	-0.29531512	0.21858216

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la humedad relativa, con un valor de 0.6729, esto indicando que en el mes de diciembre de 2015 influyó más en la concentración de O₃.

5.2. Análisis 2016.

Ecuación de regresión para enero de 2016.

$$Y = -234.6 + 0.4560 X_1 - 0.3456 X_2 - 0.666 X_3 + 1.494 X_4 - 0.1305 X_5 \\ + 0.336 X_6 - 0.00182 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 0.456 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.299 y 0.612 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.345 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.371 y 0.319 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ disminuirá en promedio 0.666 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 1.184 y 0.14 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 1.494 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 1.199 y 1.789 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.0130 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.128 y 0.543 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ aumentará en promedio 0.336 ppb. Con una confianza del 95% de que estará entre 0.128 y 0.543 ppb.
- por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.001 ppb. Con una confianza del 95% de que el estará entre 0.016 y 0.007 ppb.

Tabla 16: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	109040	15577.1	373.44	0*
Error	656	27363	41.7		
Total	663	136403			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración, excepto la radiación solar.

Coeficiente de correlación múltiple. Enero 2016.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.8940 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 17: Conclusión de los Coeficientes de correlación parcial múltiple. Enero 2016.

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.74313246	1		
X2%	-0.85270657	-0.73813764	1	
X3m/s	0.47591012	0.44240797	-0.42434754	1
X4m/s_1	0.54563543	0.50149082	-0.40202475	0.79778589
X5grados	0.12133676	0.17090898	-0.18156311	0.31181589
X6hPa	-0.32521754	-0.33322944	0.34285328	-0.44259498
X7W/m^2	0.3560132	0.48979456	-0.35927018	0.15271307

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la humedad relativa con un valor de 0.8527, esto indicando que en el mes de enero de 2016 la humedad relativa influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para febrero del 2016.

$$Y = -481.5 + 1.6478 X_1 - 0.0365 X_2 + 0.382 X_3 + 0.837 X_4 - 0.04138 X_5 \\ + 0.615 X_6 - 0.01064 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 1.647 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 1.480 y 1.815 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.0365 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.078 y 0.005 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 0.382 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.312 y 1.076 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 0.837 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.450 y 1.223 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.0413 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.048 y 0.034 ppb.
- Por cada hecto Pascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ disminuirá en promedio 0.615 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.394 y 0.834 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.010 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.013 y 0.007 ppb.

Tabla 18: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	76585	10940.7	162.5	0*
Error	671	45177	67.3		
Total	678	121761			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que no todas las variables son importantes para influir en la concentración como son: la humedad relativa y la velocidad media del viento.

Coefficiente de correlación múltiple. Febrero 2016.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.7930 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 19: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Febrero 2016

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.71758672	1		
X2%	-0.44354818	-0.62576397	1	
X3m/s	0.41374578	0.48539731	-0.39042088	1
X4m/s_1	0.48234087	0.54770346	-0.39256825	0.8361334
X5grados	-0.19865676	0.05655713	-0.20339869	0.19047344
X6hPa	-0.27227944	-0.47325221	0.2795023	-0.46128832
X7W/m^2	0.32268217	0.51932878	-0.34772197	0.23619665

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la temperatura, con un valor de 0.7175, esto indicando que en el mes de febrero de 2016 la temperatura influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para marzo de 2016.

$$Y = 217.9 + 0.108 X_1 - 0.2189 X_2 - 0.448 X_3 + 1.001 X_4 - 0.01721 X_5 - 0.203 X_6 + 0.00598 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 0.108 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.121 y 0.337 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.218 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.270 y 0.167 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ disminuirá en promedio 0.448 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 1.081 y 0.185 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 1.001 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.659 y 1.34 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.0172 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.025 y 0.009 ppb.
- Por cada hecto Pascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ disminuirá en promedio 0.203 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.434 y 0.28 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente la radiación solar, el O₃ se incrementará en promedio 0.0059 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.003 y 0.008 ppb.

Tabla 20: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	57425	8203.51	95.96	0*
Error	717	61299	85.49		
Total	724	118723			

*

Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que no todas las variables son importantes para influir en la concentración como son: la temperatura, velocidad media del viento y presión atmosférica.

Coefficiente de correlación múltiple. Marzo 2016.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.6954 indicando muy buena relación entre el O₃ y las variables.

Tabla 21: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Marzo 2016.

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.59998325	1		
X2%	-0.62246212	-0.85749414	1	
X3m/s	0.35922513	0.32663063	-0.34986481	1
X4m/s_1	0.44021071	0.36576619	-0.34295956	0.80308904
X5grados	0.05791128	0.11464152	-0.24948161	0.24341678
X6hPa	-0.17737225	-0.09631427	0.16270269	-0.33530684
X7W/m^2	0.41243297	0.5281714	-0.42717	0.19591143

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la humedad relativa con un valor de 0.6224, esto indica que en el mes de marzo de 2016 influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para abril de 2016.

$$Y = -579 + 0.565 X_1 - 0.3599 X_2 + 0.072 X_3 + 1.529 X_4 - 0.04602 X_5 + 0.769 X_6 - 0.00340 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 0.565 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.29 y 0.83 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.359 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.40 y 0.31 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 0.075 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.74 y 0.88 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad máxima del viento, el O₃ aumentará en promedio 1.529 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 1.11 y 1.94 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.0460 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.05 y 0.03 ppb.
- Por cada hecto Pascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ aumentará en promedio 0.769 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.44 y 1.09 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, O₃ disminuirá en promedio 0.003 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.006 y 0.0003 ppb.

Tabla 22: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	110057	15722.4	161.05	*0
Error	696	67944	97.6		
Total	703	178001			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración, excepto la velocidad media del viento.

Coefficiente de correlación múltiple. Abril 2016.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.7863 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 23: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Abril 2016.

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.57959332	1		
X2%	-0.65367999	-0.73477169	1	
X3m/s	0.48810261	0.39847617	-0.4788255	1
X4m/s_1	0.55327273	0.4649025	-0.4715043	0.78314044
X5grados	-0.19445624	0.07838725	-0.20140385	0.04566
X6hPa	-0.22889181	-0.4643189	0.49160399	-0.27297294
X7W/m^2	0.39765272	0.60995282	-0.45075144	0.3062303

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la humedad relativa, con un valor de 0.6536, esto indicando que en el mes de abril de 2016 influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para mayo de 2016.

$$Y = -227 + 1.319 X_1 - 0.1640 X_2 + 0.633 X_3 + 1.033 X_4 - 0.04208 X_5 \\ + 0.309 X_6 - 0.00152 X_7$$

- La ecuación indica que por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 1.319 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.95 y 1.68 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.164 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.23 y 0.093 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 0.633 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.23 y 0.093 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad máxima del viento, el O₃ aumentará en promedio 1.033 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.63 y 1.42 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.042 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.05 y 0.03 ppb.
- Por cada hecto Pascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ aumentará en promedio .309 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.11 y 0.72 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.0001 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.004 y 0.001 ppb.

Tabla 24: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	99792	14255.9	114.14	0*
Error	711	88801	124.9		
Total	718	188593			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que no todas las variables son importantes para influir en la concentración como son: la velocidad media del viento, la presión atmosférica y la radiación solar.

Coefficiente de correlación múltiple. Mayo 2016

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.7274 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 25: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Mayo 2016

	O3_ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3_ppb	1			
X1°C	0.63489932	1		
X2%	-0.5817778	-0.83621011	1	
X3m/s	0.44857448	0.44129592	-0.46322951	1
X4m/s	0.48259133	0.46616489	-0.44469992	0.67213207
X5Deg	-0.22890678	0.04467254	-0.14379972	-0.05266802
X6hPa	-0.11070048	-0.19216188	0.20965322	-0.13147594
X7W/m^2	0.43226312	0.67335174	-0.58741073	0.29913185

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la temperatura, con un valor de 0.6349, esto indicando que en el mes de mayo de 2016 la temperatura influyo más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para junio de 2016

$$Y = 2227 + 0.853 X_1 - 0.2330 X_2 + 1.316 X_3 + 0.836 X_4 - 0.04787 X_5 \\ - 2.651 X_6 - 0.00583 X_7$$

- Por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 0.853 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.471 y 1.235 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.233 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre -0.320 y 0.145 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 1.316 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.416 y 2.216 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 0.836 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.365 y 1.306 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.0478 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.055 y 0.039 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ disminuirá en promedio 2.651 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 3.170 y 2.132 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ aumentará en promedio 0.005 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.002 y 0.009 ppb.

Tabla 26: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	155038	22148.3	174.61	0*
Error	702	89043	126.8		
Total	709	24408			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración.

Coefficiente de correlación múltiple. Junio 2016.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.7969 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 27: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Junio 2016

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.61554366	1		
X2%	-0.66085043	-0.78266363	1	
X3m/s	0.4621667	0.39466076	-0.39772794	1
X4m/s_1	0.49558069	0.43581954	-0.40745582	0.71864682
X5grados	-0.42929205	-0.26284444	0.21232145	-0.13269322
X6hPa	-0.36447157	-0.05222773	0.29163175	-0.19270504
X7W/m^2	0.47006072	0.70000792	-0.62056981	0.2678151

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la humedad relativa, con un valor de 0.6608, esto indicando que en el mes de junio de 2016 la humedad relativa influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para julio de 2016.

$$Y = -306 + 5.076 X_1 + 0.3904 X_2 + 0.565 X_3 + 1.165 X_4 - 0.04815 X_5 \\ + 0.265 X_6 - 0.01647 X_7$$

- Por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 5.07 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 4.597 y 5.554 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ aumentará en promedio 0.39 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.289 y 0.491 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 0.565 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.126 y 1.256 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 1.165 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.798 y 1.531 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.048 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.055 y 0.040 ppb.
- Por cada hecto pascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ aumentara en promedio 0.265 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.225 y 0.755 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.016 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.019 y 0.013 ppb.

Tabla 28: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	124381	17768.7	230.97	0*
Error	716	55082	76.9		
Total	723	179463			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración, excepto la velocidad media del viento y la presión atmosférica.

Coefficiente de correlación múltiple. Julio 2016.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.8325 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 29: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Julio 2016.

	O3_ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3_ppb	1			
X1°C	0.70058902	1		
X2%	-0.54459718	-0.87127215	1	
X3m/s	0.22881052	0.17267657	-0.27010933	1
X4m/s_1	0.3277148	0.22368409	-0.31809912	0.61759405
X5deg	-0.53130092	-0.34709132	0.2455663	-0.09480926
X6hPa	-0.17284102	-0.0406849	-0.01144585	0.04564218
X7W/m^2	0.31355658	0.71422753	-0.60842338	0.12870408

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la temperatura, con un valor de 0.7005, esto indicando que en el mes de julio la temperatura influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para agosto de 2016.

$$Y = -1163 + 4.450 X_1 + 0.3168 X_2 + 1.009 X_3 + 2.007 X_4 - 0.02936 X_5 + 1.300 X_6 - 0.01110 X_7$$

- Por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ se incrementará en promedio 4.450 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 3.84 y 5.05 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ aumentará en promedio 0.3168 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.22 y 0.40 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 1.009 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.028 y 1.98 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 2.007 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 1.56 y 2.45 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.0293 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará en promedio entre 0.037 y 0.021 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ aumentará en promedio 1.300 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.015 y 1.91 ppb.
- por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.0111 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.013 y 0.006 ppb.

Tabla 30: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	120761	17251.5	160.49	0*
Error	720	77395	107.5		
Total	727	198156			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración.

Coefficiente de correlación múltiple. Agosto 2016.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.7806 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 31: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Agosto 2016.

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.67470949	1		
X2%	-0.54120845	-0.85384605	1	
X3m/s	0.48959679	0.42537868	-0.48857787	1
X4m/s_1	0.53551778	0.40840731	-0.47429251	0.7101964
X5grados	-0.39420618	-0.29260744	0.17347342	-0.23287916
X6hPa	0.04999241	0.09092493	-0.28383655	0.12350053
X7W/m^2	0.456813	0.76617113	-0.62964221	0.341628

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la temperatura, con un valor de 0.6747, esto indicando que en el mes de agosto de 2016 influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para septiembre de 2016.

$$Y = 755 + 4.122 X_1 + 0.1745 X_2 + 2.435 X_3 + 1.702 X_4 - 0.02438 X_5 - 1.001 X_6 - 0.01301 X_7$$

- Por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ aumentará en promedio 4.122 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 3.583 y 4.659 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ aumentará en promedio 0.174 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.084 y 0.264 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 2.432 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 1.317 y 3.545 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 1.702 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 1.112 y 2.291 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.024 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.031 y 0.016 ppb.
- Por cada hecto Pascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ disminuirá en promedio 1.001 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 1.448 y 0.553 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.013 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.017 y 0.008 ppb.

Tabla 32: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	168487	24069.6	250.88	0*
Error	679	65143	95.9		
Total	686	233630			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración.

Coefficiente de correlación múltiple. Septiembre 2016.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.8492 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 33: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Septiembre 2016.

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.74211819	1		
X2%	-0.61458718	-0.88448305	1	
X3m/s	0.59342667	0.48620418	-0.49009708	1
X4m/s_1	0.67648797	0.5589431	-0.52073314	0.7660505
X5grados	-0.40065986	-0.27706926	0.13881719	-0.26851679
X6hPa	-0.24658239	-0.06290885	0.04903363	-0.10278173
X7W/m^2	0.43835027	0.78315426	-0.69952001	0.32580228

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la temperatura, con un valor de 0.7421, esto indicando que en el mes de septiembre de 2016 influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para octubre de 2016.

$$Y = -1635 + 2.241 X_1 - 0.2892 X_2 + 0.166 X_3 + 1.686 X_4 - 0.05859 X_5 \\ + 1.996 X_6 - 0.02340 X_7$$

- Por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ aumentará en promedio 2.241 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 1.86 y 2.61 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.289 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.34 y 0.22 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 0.166 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.95 y 1.29 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente la velocidad máxima del viento, el O₃ se incrementará en promedio 1.686 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.04 y 2.32 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.054 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.06 y 0.04 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ aumentará en promedio 1.996 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 1.54 y 2.44 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.0234 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.02 y 0.01 ppb.

Tabla 34: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	135404	19343.4	199.83	0*
Error	721	69791	96.8		
Total	728	205195			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración, excepto la velocidad media del viento.

Coefficiente de correlación múltiple. Octubre 2016.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.8123 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 35: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Octubre 2016

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.65280447	1		
X2%	-0.55869974	-0.75515663	1	
X3m/s	0.45621858	0.33654076	-0.37527874	1
X4m/s_1	0.57919209	0.44225062	-0.39169415	0.80062961
X5grados	-0.53357529	-0.36904483	0.12826081	-0.27866976
X6hPa	-0.15279687	-0.40598854	0.40399789	-0.08695987
X7W/m^2	0.41271591	0.73761959	-0.62446558	0.27257446

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la temperatura, con un valor de 0.6528, esto indicando que en el mes de octubre de 2016 influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para noviembre de 2016.

$$Y = -247.7 + 0.6065 X_1 - 0.3521 X_2 + 0.861 X_3 + 0.945 X_4 - 0.03049 X_5 \\ + 0.343 X_6 - 0.00423 X_7$$

- Por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ aumentará en promedio 0.606 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.411 y 0.801 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.352 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.392 y 0.311 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 0.861 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.275 y 1.445 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad máxima del viento, el O₃ aumentará en promedio 0.945 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.617 y 1.272 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el O₃ disminuirá en promedio 0.0304 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.036 y 0.024 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ aumentará en promedio 0.343 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.134 y 0.552 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ aumentará en promedio 0.004 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.007 y 0.001 ppb.

Tabla 36: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	73997.3	10571	303.57	0*
Error	572	19918.6	34.8		
Total	579	93915.9			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración.

Coefficiente de correlación múltiple. Noviembre 2016.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.8876 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 37: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Noviembre 2016.

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.7363803	1		
X2%	-0.8154697	-0.77343399	1	
X3m/s	0.61178048	0.45282952	-0.55627875	1
X4m/s_1	0.68081817	0.54225984	-0.59403203	0.82973235
X5grados	0.14683617	0.23665638	-0.41824162	0.306015
X6hPa	-0.51207201	-0.56845913	0.66582075	-0.44954567
X7W/m^2	0.45613983	0.57739623	-0.50080137	0.247739

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la humedad relativa, con un valor de 0.8154, esto indicando que en noviembre de 2016 influyó más en la concentración de O₃.

Ecuación de regresión para diciembre de 2016.

$$Y = -201.8 + 0.7227 X_1 - 0.3034 X_2 + 0.730 X_3 + 0.594 X_4 - 0.01950 X_5 \\ + 0.2789 X_6 - 0.00302 X_7$$

- Por cada grado Celsius que se incremente en la temperatura del ambiente, el O₃ aumentará en promedio 0.722 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.561 y 0.883 ppb.
- Por cada uno por ciento de humedad relativa que se incremente en el ambiente, el O₃ disminuirá en promedio 0.303 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.340 y 0.266 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad media del viento, el O₃ aumentará en promedio 0.730 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.116 y 1.342 ppb.
- Por cada metro por segundo que se incremente en la velocidad máxima del viento, el O₃ aumentará en promedio 0.594 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.265 y 0.922 ppb.
- Por cada grado de 0 a 360 con relación de las manecillas del reloj en la rosa de los vientos, el ozono disminuirá en promedio 0.019 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que el ozono estará en promedio entre 0.027 y 0.011 ppb.
- Por cada hectopascal que se incremente en la presión atmosférica, el O₃ aumentará en promedio 0.278 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.110 y 0.446 ppb.
- Por cada vatio por metro cuadrado que se incremente en la radiación solar, el O₃ disminuirá en promedio 0.003 ppb. Teniendo una confianza del 95% de que estará entre 0.006 y 2.223 ppb.

Tabla 38: Análisis de Varianza para la determinación la prueba de significancia de los estimadores de los parámetros (ANVA).

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	7	72000	10285.7	183.15	0*
Error	718	40322	56.2		
Total	725	112323			

* Significativo al 5*%

Las pruebas del Análisis de Varianza indican que al menos una de las variables es importante para determinar la concentración de O₃. Realizando pruebas de significancia individual se concluyó que todas las variables son importantes para influir en la concentración, excepto la radiación solar.

Coefficiente de correlación múltiple. Diciembre 2016.

En forma general, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.8006 indicando muy buena relación entre el O₃ y las demás variables.

Tabla 39: Coeficientes de correlación parcial múltiple. Diciembre 2016.

	O3 ppb	X1°C	X2%	X3m/s
O3 ppb	1			
X1°C	0.69992038	1		
X2%	-0.73243085	-0.71061642	1	
X3m/s	0.37545359	0.3672848	-0.25903639	1
X4m/s_1	0.41724633	0.44539849	-0.2632869	0.80795411
X5grados	0.26857379	0.38083005	-0.39199392	0.43452542
X6hPa	-0.19707112	-0.31723994	0.266619	-0.26140159
X7W/m^2	0.40216823	0.5056594	-0.4088267	0.25981789

La tabla muestra que existe una correlación mayor en la humedad relativa con un valor de 0.7324, esto indicando que en el mes de diciembre de 2016 influyó más en la concentración de O₃.

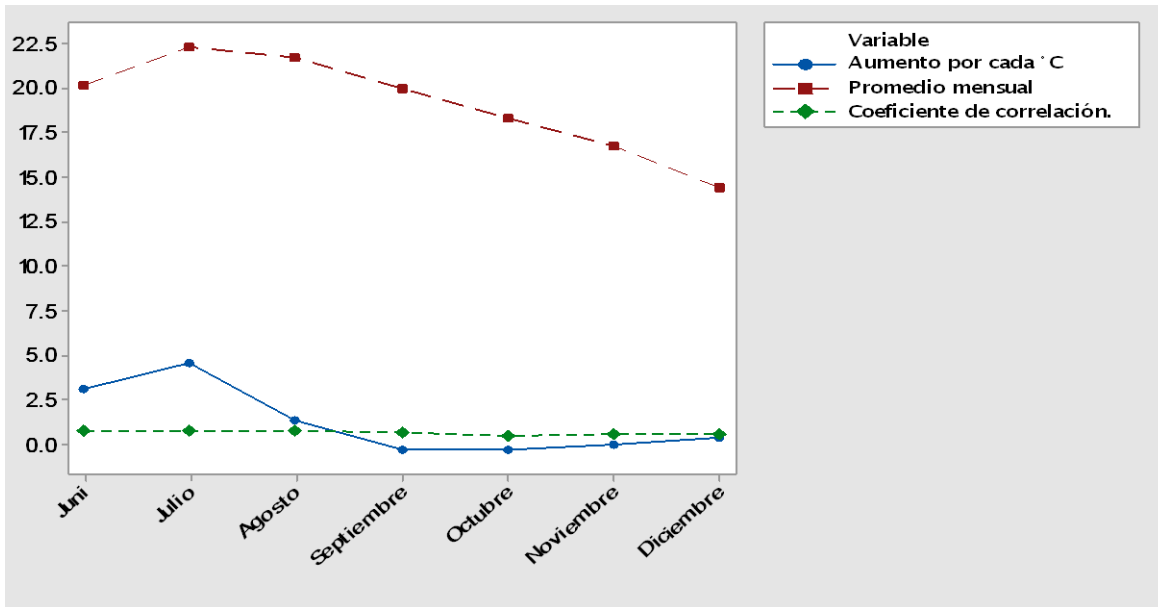
VI. RESULTADOS

6.1. Temperatura.

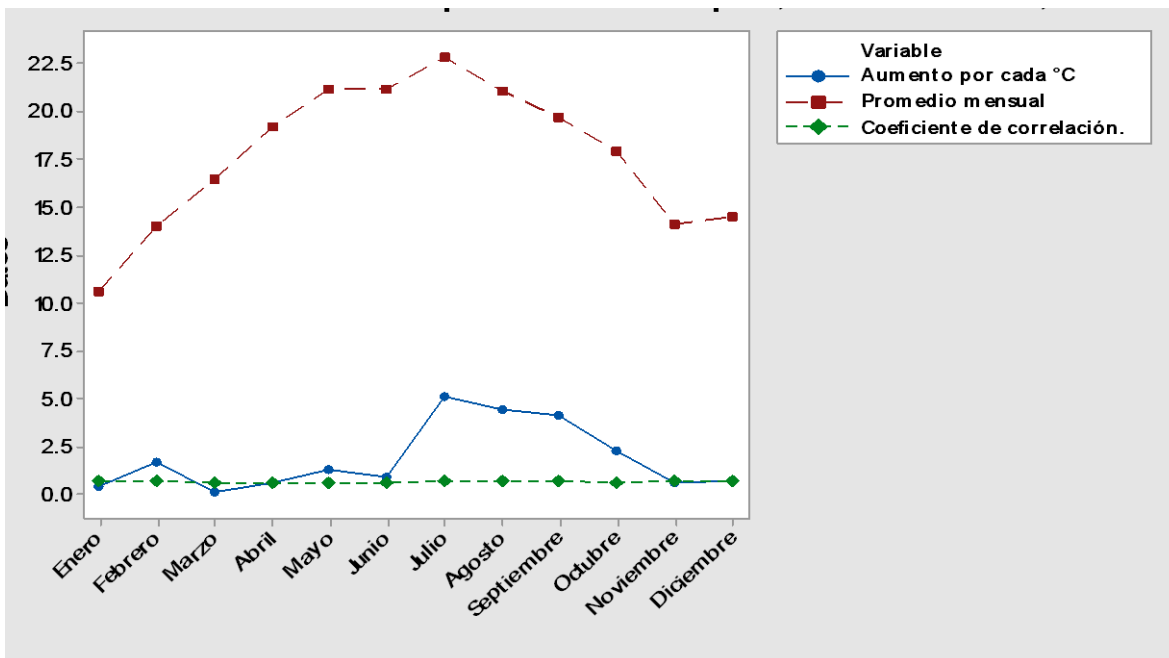
El aumento en la concentración de ozono, se nota principalmente en los meses con mayor incidencia de temperatura (mayo, junio, julio, agosto).

Tabla 40: Variación de acuerdo a la temperatura, aumento por cada grado.

2015			
Mes.	Aumento por cada °C.	Promedio mensual de temperatura.	Coefficiente de correlación.
Junio	3.108	20.1241009	0.74944344
Julio	4.575	22.2963066	0.81126882
Agosto	1.377	21.6929542	0.73439466
Septiembre	-0.247	19.9814167	0.64277751
Octubre	-0.3014	18.3377003	0.48667795
Noviembre	-0.0267	16.6934832	0.53598568
Diciembre	0.3703	14.3564698	0.60159345
2016			
Enero	0.456	10.6207589	0.74313246
Febrero	1.6478	13.9566568	0.71758672
Marzo	0.108	16.4078495	0.59998325
Abril	0.565	19.1975994	0.57959332
Mayo	1.319	21.1319611	0.63489932
Junio	0.853	21.1590694	0.61554366
Julio	5.076	22.8141989	0.70058902
Agosto	4.45	21.0607418	0.67470949
Septiembre	4.122	19.6740175	0.74211819
Octubre	2.241	17.9526075	0.65280447
Noviembre	0.6065	14.0618274	0.7363803
Diciembre	0.7227	14.4576975	0.69992038



Gráfica 1: Variación temperatura 2015.



Gráfica 2: Variación temperatura 2016.

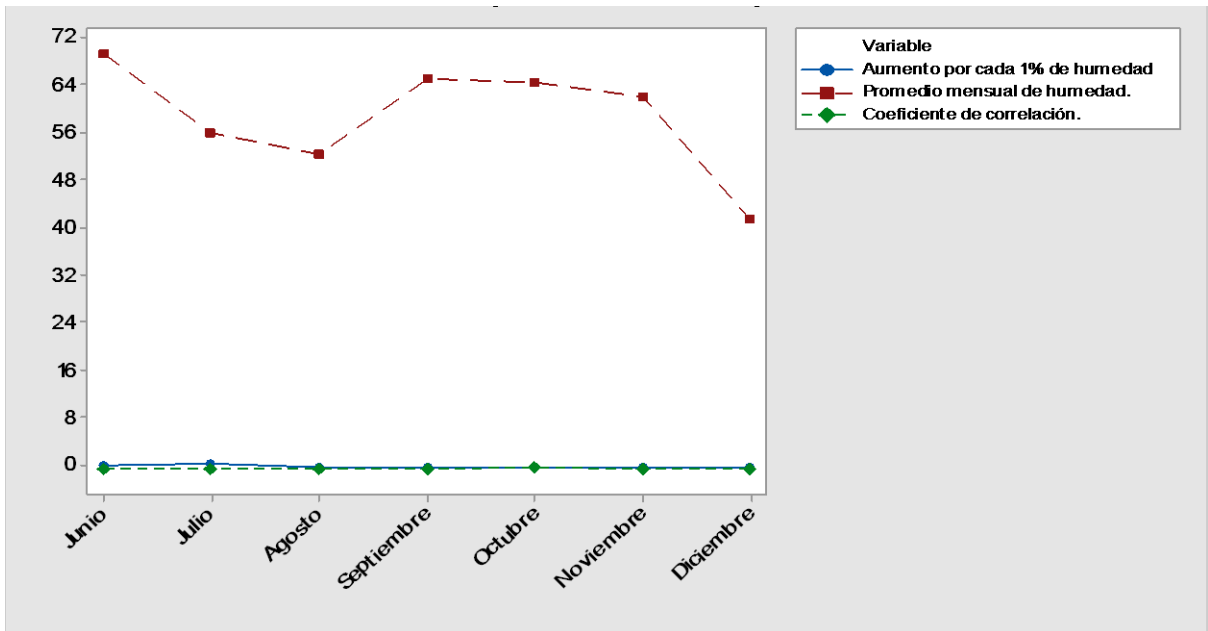
6.2. Humedad.

Otro de los parámetros meteorológicos considerado fue la humedad relativa (% HR). Nos arrojó valores negativos esta nos indica que el ozono en presencia de la HR se reduce, que pudo ser debida a que uno de los procesos de destrucción del O₃ troposférico que es la reacción que tiene con el H₂O para precipitar el ozono. Aunque podemos observar un cambio en los meses de julio a septiembre del 2016 esto puede deberse a las altas temperaturas que se registran en esos meses.

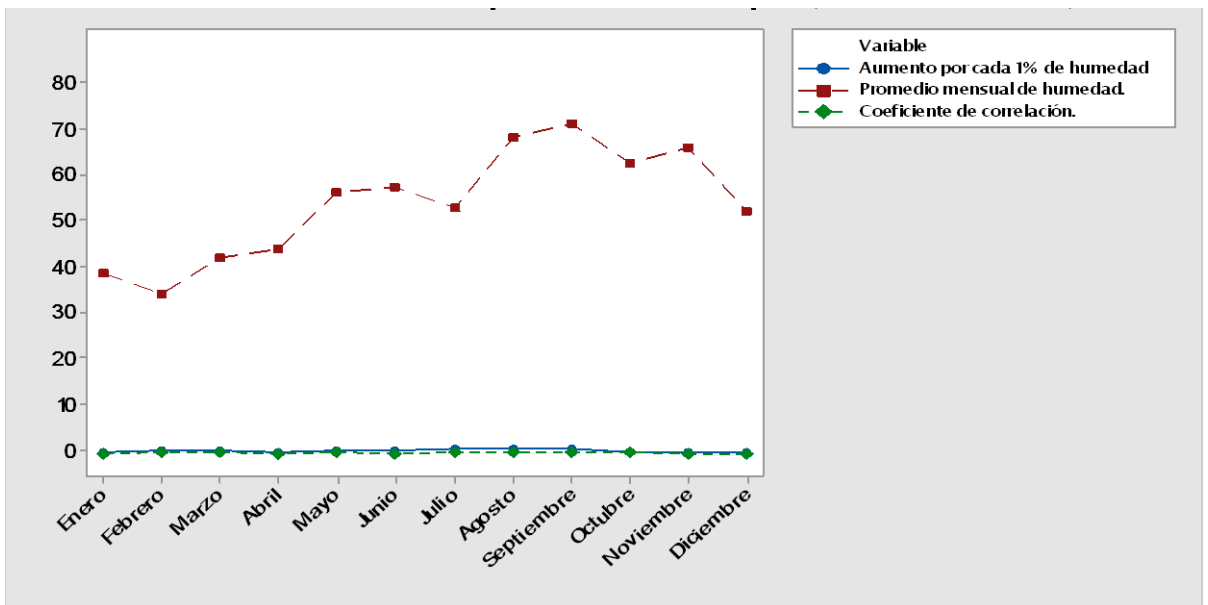
Tabla 41: Variación de acuerdo a la humedad, aumento por cada porciento.

2015			
Mes	Aumento por cada 1% de humedad relativa.	Promedio mensual de humedad relativa.	Coefficiente de correlación.
Junio	-0.1012	69.2505702	-0.68182407
Julio	0.1807	55.7936585	-0.71046411
Agosto	-0.44	52.3594957	-0.71511175
Septiembre	-0.5244	65.0207133	-0.7222418
Octubre	-0.3014	64.2360976	-0.51489603
Noviembre	-0.339	61.8010917	-0.69802081
Diciembre	-0.3784	41.4552335	-0.67294959
2016			
Enero	-0.3456	38.4577604	-0.85270657
Febrero	-0.0365	33.993785	-0.44354818
Marzo	-0.2189	41.9943683	-0.62246212
Abril	-0.3599	43.7212926	-0.65367999
Mayo	-0.164	56.1358414	-0.5817778
Junio	-0.233	57.0609583	-0.66085043
Julio	0.3904	52.6929006	-0.54459718
Agosto	0.3168	68.2171154	-0.54120845
Septiembre	0.1745	71.1805968	-0.61458718
Octubre	-0.2892	62.2558199	-0.55869974

Noviembre	-0.3521	65.9428934	-0.8154697
Diciembre	-0.3034	51.9547275	-0.73243085



Gráfica 3: Variación humedad 2015.



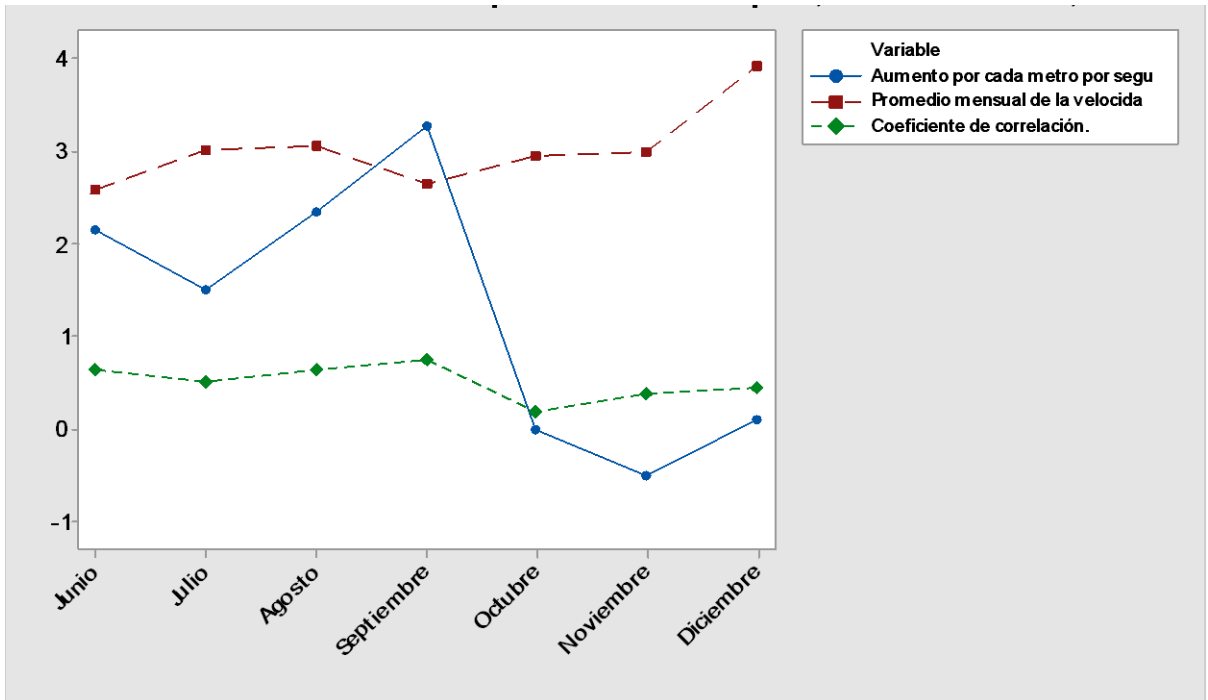
Gráfica 4: Variación humedad 2016.

6.3. Velocidad media del viento.

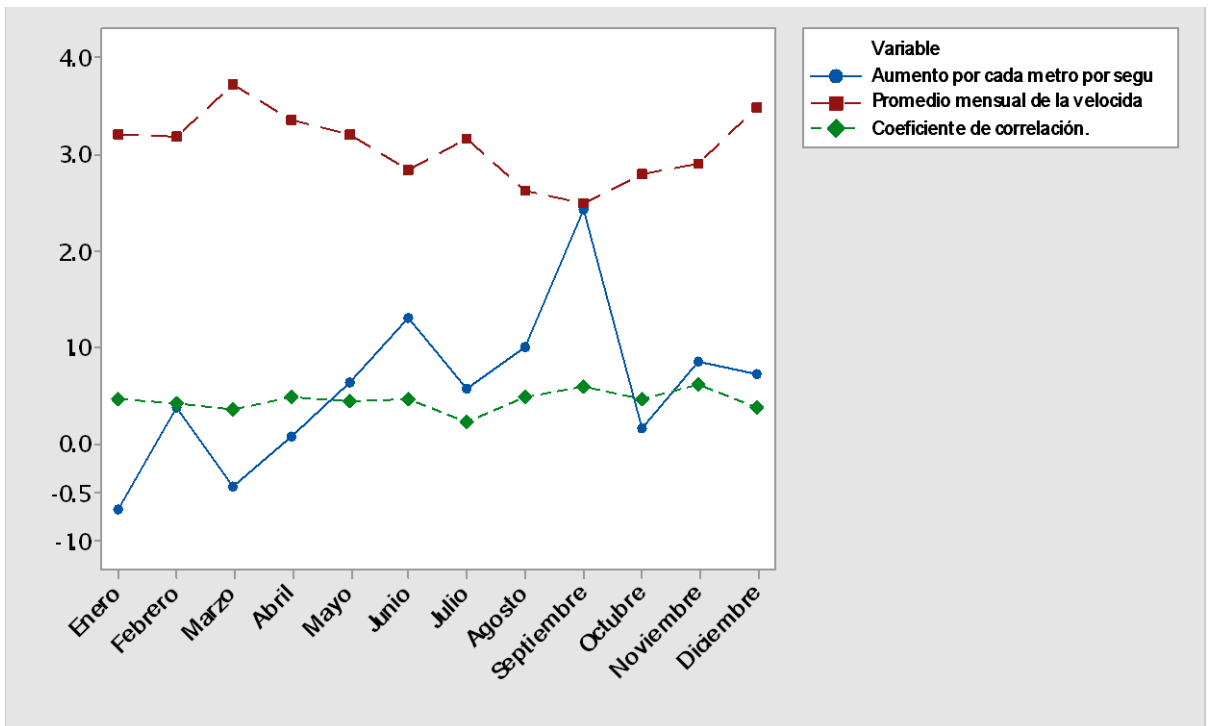
En la tabla 42 se observan los resultados arrojados, en los meses de junio a septiembre, en los que se tiene un aumento considerable de O₃. teniendo una velocidad menor esto se debe a que con el incremento en la velocidad medio existe una tendencia hacia la dispersión de las concentraciones del O₃. Generalmente las velocidades del viento bajas se asocian con una atmósfera estable, lo que implica condiciones meteorológicas propicias para la acumulación de contaminantes.

Tabla 42: Variación de acuerdo a la velocidad media del viento, aumento por cada metro por segundo.

2015			
Mes	Aumento por cada metro por segundo.	Promedio mensual de la velocidad media del viento.	Coefficiente de correlación.
Junio	2.152	2.584215054	0.64324153
Julio	1.493	2.99815331	0.51358834
Agosto	2.333	3.06104348	0.63192764
Septiembre	3.264	2.65127273	0.75503342
Octubre	0.003	2.93538328	0.17571842
Noviembre	-0.512	2.99560408	0.38392263
Diciembre	0.100	3.905	0.45282468
2016			
Enero	-0.666	3.203377976	0.47591012
Febrero	0.382	3.18316092	0.41374578
Marzo	-0.448	3.719166667	0.35922513
Abril	0.072	3.35426136	0.48810261
Mayo	0.633	3.21073713	0.44857448
Junio	1.316	2.83710425	0.4621667
Julio	0.565	3.16203039	0.22881052
Agosto	1.009	2.61994505	0.48959679
Septiembre	2.432	2.48660844	0.59342667
Octubre	0.166	2.78290152	0.45621858
Noviembre	0.861	2.90668359	0.61178048
Diciembre	0.730	3.48418256	0.37545359



Gráfica 5: Variación velocidad media del viento 2015.



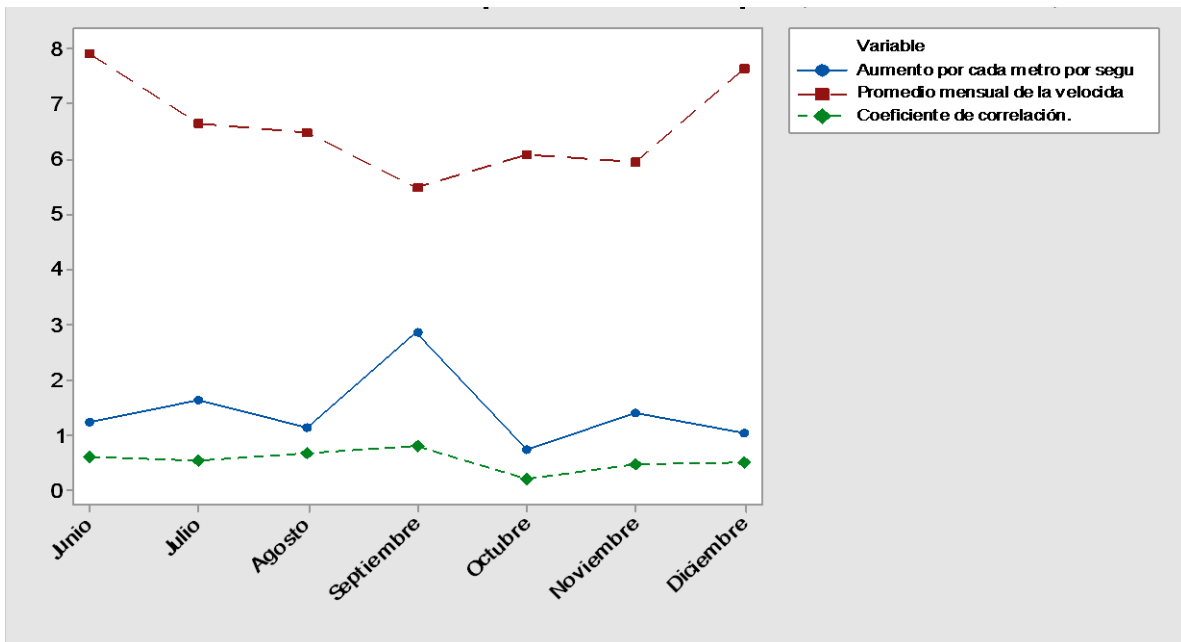
Gráfica 6: Variación velocidad media del viento 2016.

6.4. Velocidad máxima del viento.

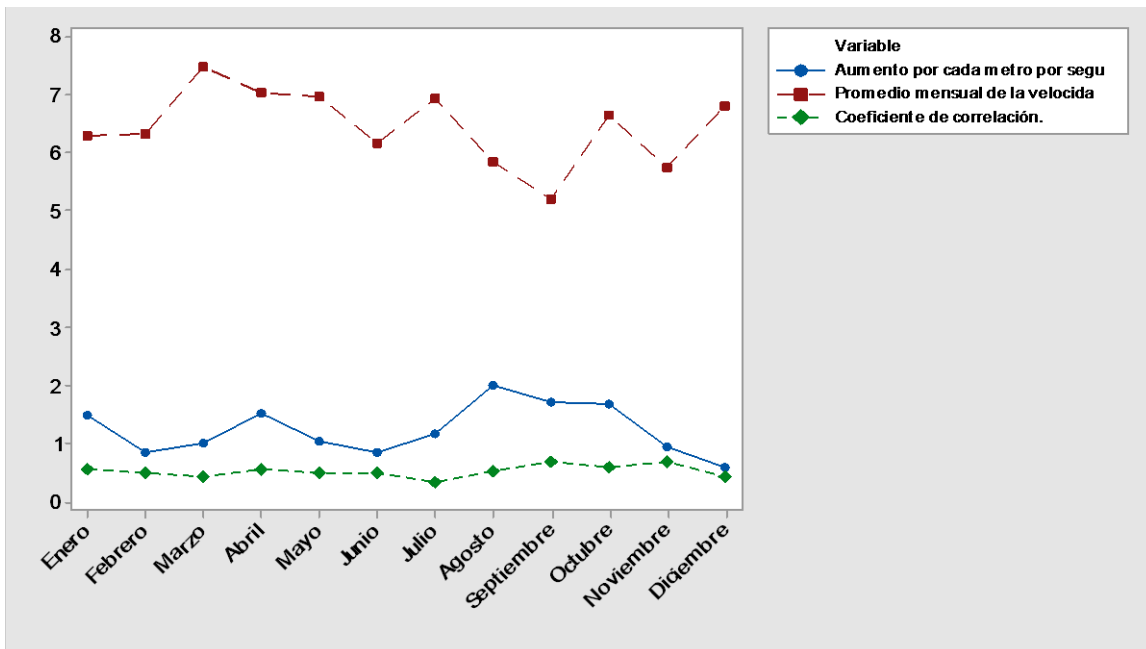
En los meses más calurosos se observa una velocidad máxima promedio menor, que ocasiona que aumente la concentración de O₃. La dispersión de los contaminantes aumenta con la velocidad y la turbulencia del viento.

Tabla 43: Variación de acuerdo a la velocidad máxima del viento, aumento por cada metro por segundo.

2015			
Mes	Aumento por cada metro por segundo.	Promedio mensual de la velocidad máxima del viento.	Coefficiente de correlación.
Junio	1.236	7.906903226	0.61033792
Julio	1.643	6.636236934	0.55048757
Agosto	1.146	6.47829565	0.67924148
Septiembre	2.865	5.48605594	0.79410997
Octubre	0.744	6.08879791	0.20450307
Noviembre	1.389	5.96170306	0.47331436
Diciembre	1.039	7.63776099	0.49293178
2016			
Enero	1.494	6.28017857	0.54563543
Febrero	0.837	6.30471281	0.48234087
Marzo	1.001	7.477405914	0.44021071
Abril	1.529	7.01424716	0.55327273
Mayo	1.033	6.97486787	0.48259133
Junio	0.836	6.14944191	0.49558069
Julio	1.165	6.93237569	0.3277148
Agosto	2.007	5.849175676	0.53551778
Septiembre	1.702	5.19250364	0.67648797
Octubre	1.686	6.637231183	0.57919209
Noviembre	0.945	5.73507614	0.68081817
Diciembre	0.594	6.80700272	0.41724633



Gráfica 7: Variación velocidad máxima del viento 2015.



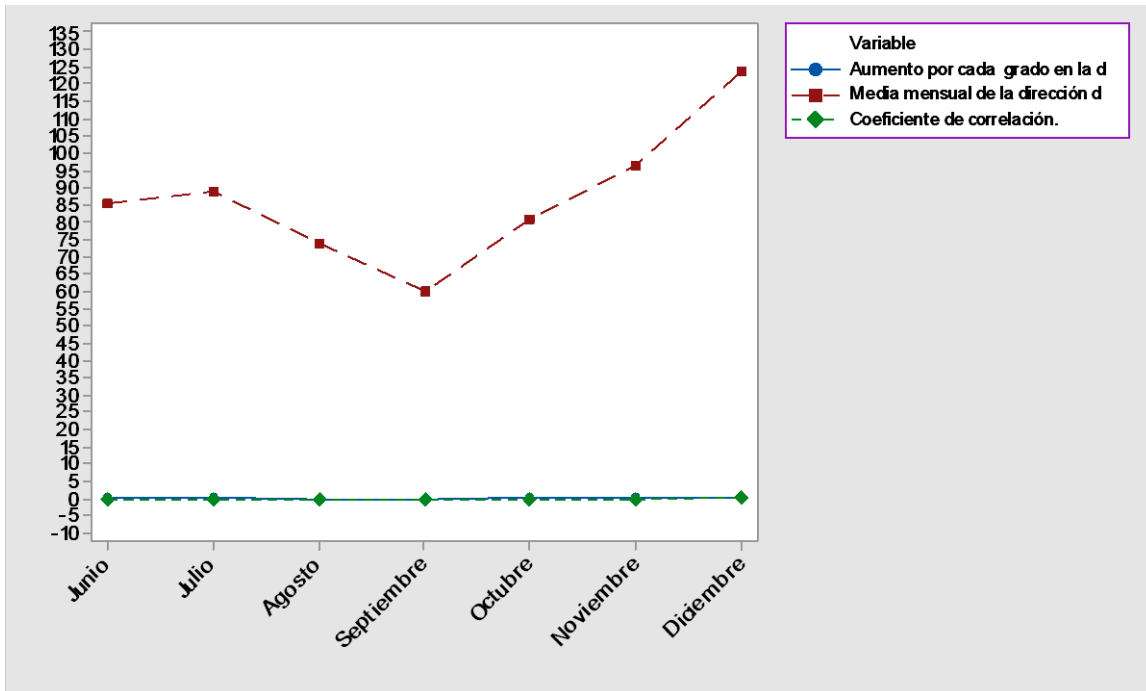
Gráfica 8: Variación velocidad máxima del viento 2016.

6.5. Dirección del viento.

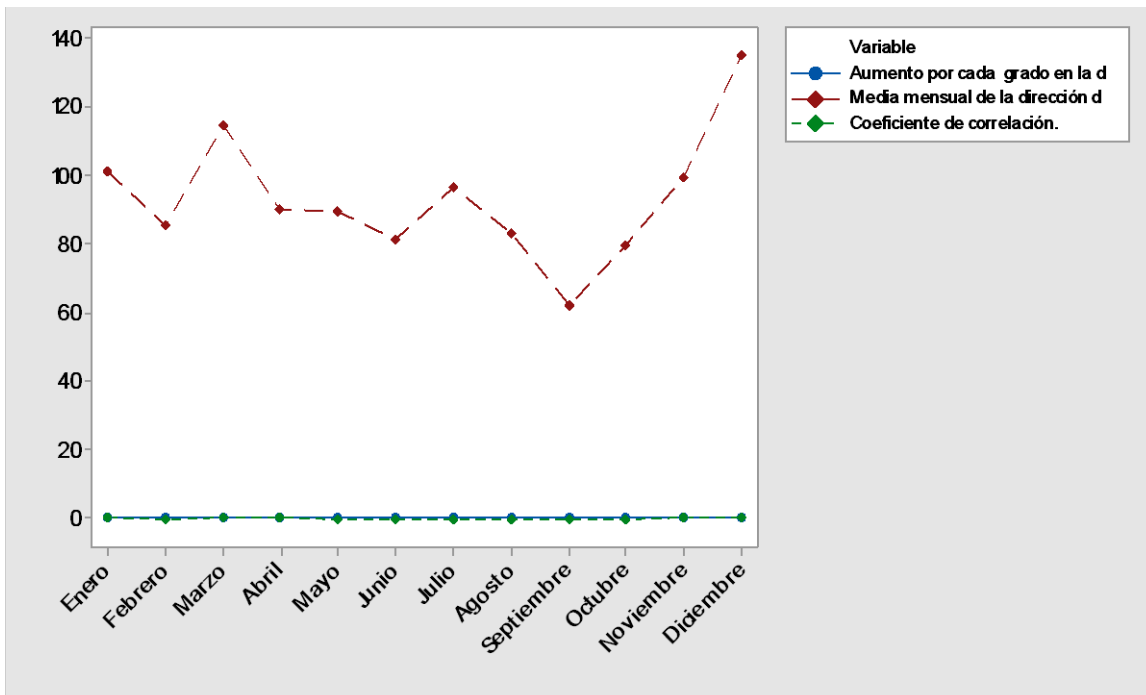
A medida que la dirección del viento cambia de norte a sur disminuye la concentración de ozono. Se llegó a la conclusión de que existe transporte del norte y nororiente, pero para mayor seguridad, debe realizarse un estudio más minucioso, analizando por hora o día ya que la dirección del viento es muy cambiante.

Tabla 44: Variación de acuerdo a la dirección, aumento por cada grado de acuerdo a las manecillas del reloj en la rosa de los vientos.

2015			
Mes	Aumento por cada grado en la dirección.	Media mensual de la dirección del viento.	Coficiente de correlación.
Junio	-0.02316	85.5045648	-0.40915578
Julio	-0.02928	88.6634358	-0.49097458
Agosto	-0.04649	73.6278422	-0.59842036
Septiembre	-0.04032	59.764676	-0.53587732
Octubre	-0.03467	80.4863285	-0.28125456
Noviembre	-0.03291	96.2138443	-0.14940273
Diciembre	-0.01290	123.707718	0.15242417
2016			
Enero	-0.01305	101.0990488	0.12133676
Febrero	-0.04138	85.1045305	-0.19865676
Marzo	-0.01721	114.404734	0.05791128
Abril	-0.04602	89.9818777	-0.19445624
Mayo	-0.04208	89.2085161	-0.22890678
Junio	-0.04787	81.2565246	-0.42929205
Julio	-0.04815	96.2397946	-0.53130092
Agosto	-0.02936	83.1667439	-0.39420618
Septiembre	-0.02438	62.1163559	-0.40065986
Octubre	-0.05459	79.7151284	-0.53357529
Noviembre	-0.03049	99.2844242	0.14683617
Diciembre	-0.01950	134.97465	0.26857379



Gráfica 9: Variación dirección del viento 2015.



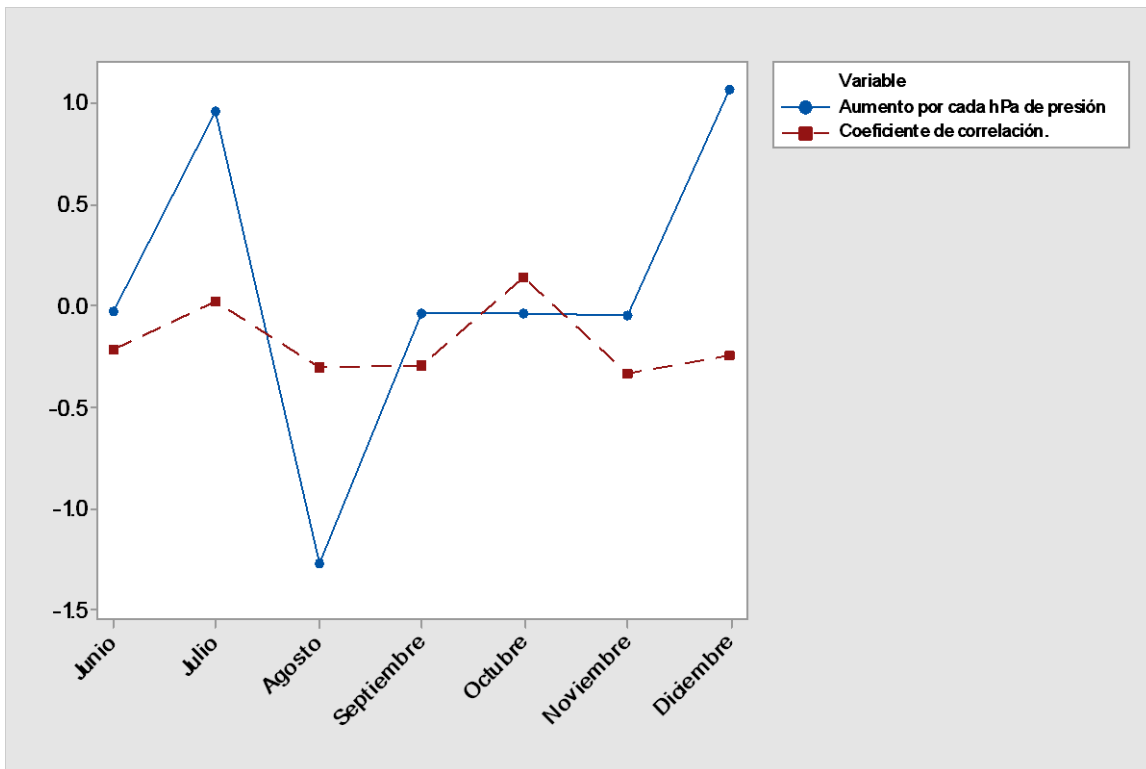
Gráfica 10: variación dirección del viento 2016.

6.6. Presión atmosférica

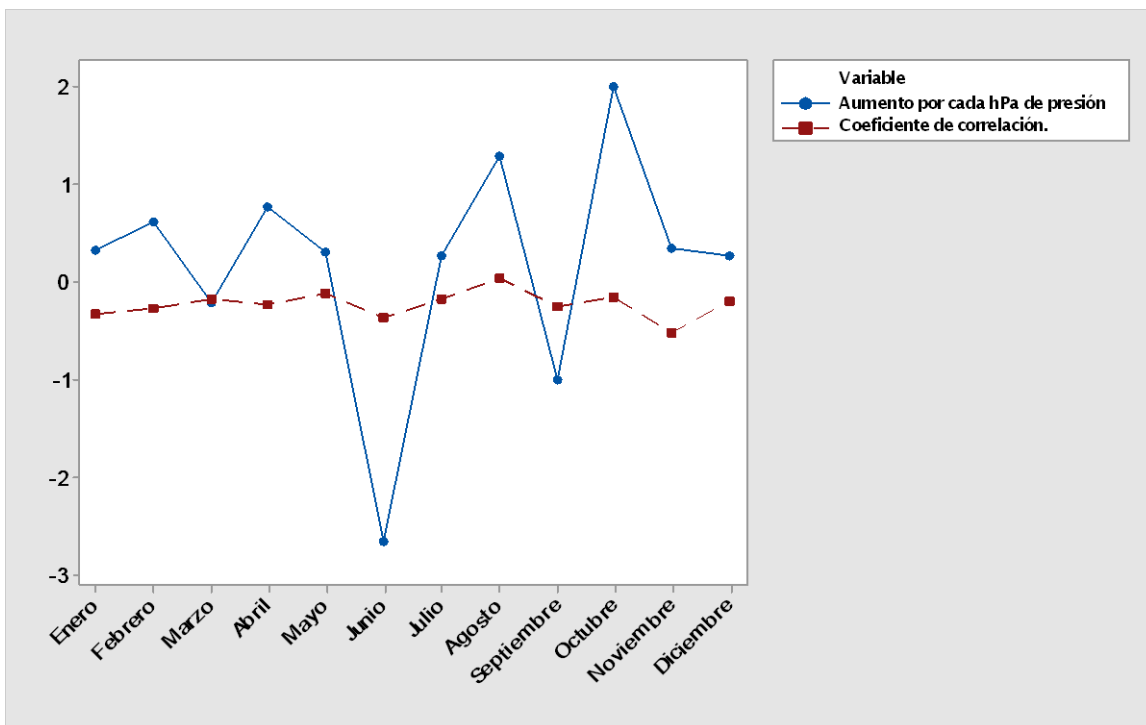
En este caso, en el año 2015 se notó un decremento en la concentración de ozono, en la mayoría de los meses analizados a excepción del mes de diciembre. Cabe mencionar que no existen buenas correlaciones.

Tabla 45: Variación de acuerdo a la presión atmosférica, aumento por cada hPa.

2015			
Mes	Aumento por cada hPa de presión.	Media mensual de la presión atmosférica.	Coefficiente de correlación.
Junio	-0.02316	824.4688172	-0.21607536
Julio	0.957	825.1463415	0.02523326
Agosto	-1.268	825.1680815	-0.30486978
Septiembre	-0.04032	824.302098	-0.29147347
Octubre	-0.03467	823.749129	0.13989641
Noviembre	-0.044	824.305677	-0.33598571
Diciembre	1.0666	823.028846	-0.24594487
2016			
Enero	0.336	824.548363	-0.32521754
Febrero	0.615	825.241532	-0.27227944
Marzo	-0.203	821.8929619	-0.17737225
Abril	0.769	822.4283727	-0.22889181
Mayo	0.309	823.428373	-0.11070048
Junio	-2.651	825.388557	-0.36447157
Julio	0.265	825.714088	-0.17284102
Agosto	1.300	824.986264	0.04999241
Septiembre	-1.001	825.86754	-0.24658239
Octubre	1.996	825.842424	-0.15279687
Noviembre	0.343	825.592217	-0.51207201
Diciembre	0.2789	824.918256	-0.19707112



Gráfica 11. Variación presión atmosférica 2015.



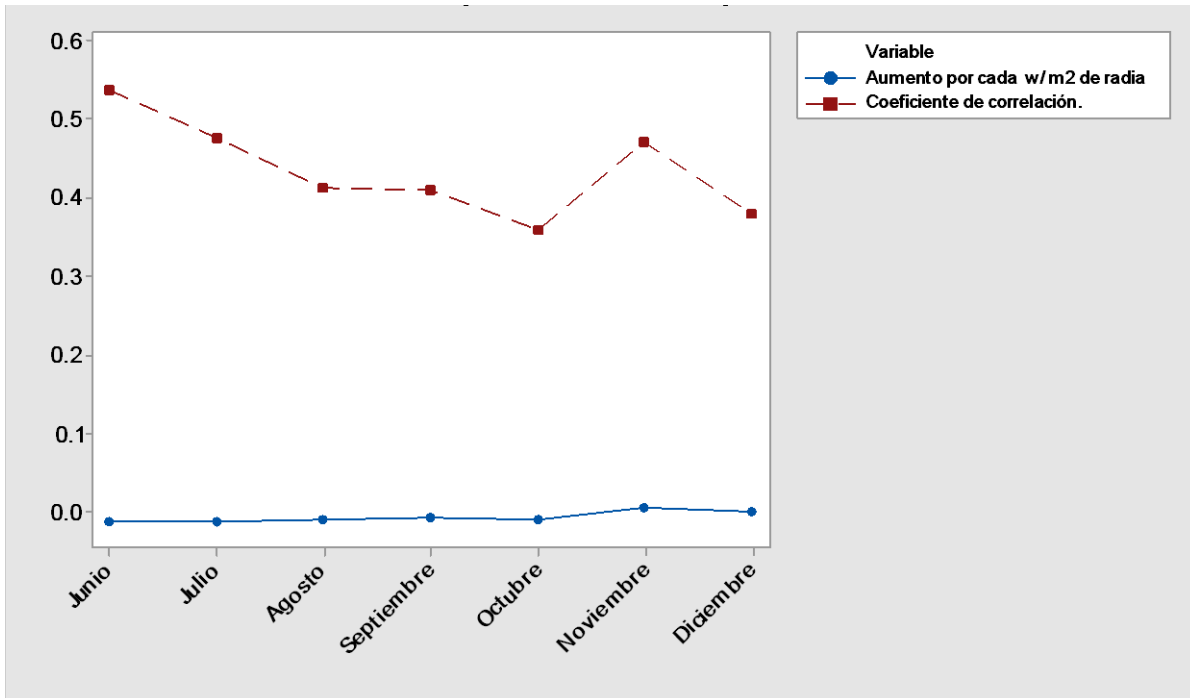
Gráfica 12: Variación presión atmosférica 2016.

6.7. Radiación

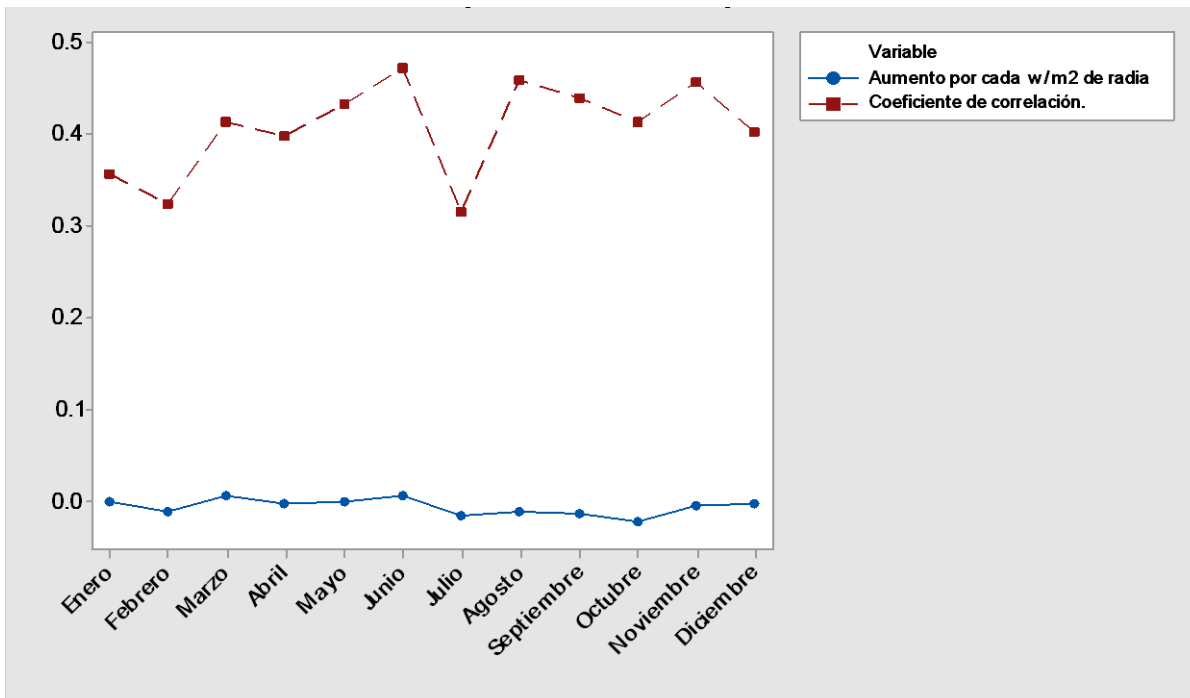
En la tabla 46 se observan coeficientes de correlación bajos y aunque la radiación solar sea un factor fundamental para la producción de ozono, no se nota influencia estadísticamente.

Tabla 46: Variación de acuerdo a la radiación solar, aumento por cada w/m2.

2015				
Mes	Aumento por cada w/m ² de radiación solar.	Máximo mensual.	Media mensual de la radiación solar.	Coefficiente de correlación.
Junio	-0.01133	1093.77	238.2257849	0.53845586
Julio	-0.01201	1080.13	281.5506969	0.47582777
Agosto	-0.00947	1042.42	289.4870798	0.41318124
Septiembre	-0.00816	998.77	252.124431	0.41138159
Octubre	-0.00863	917.74	190.6682876	0.3586636
Noviembre	0.00481	843.41	172.9636236	0.47032677
Diciembre	0.00067	981.7	155.476882	0.38063009
2016				
Enero	-0.00182	963.36	197.1382887	0.3560132
Febrero	-0.01064	926.65	225.890515	0.32268217
Marzo	0.00598	1031.16	216.7720968	0.41243297
Abril	-0.00340	1094.57	275.798707	0.39765272
Mayo	-0.00152	1097.07	267.958651	0.43226312
Junio	0.00583	1131.89	248.634686	0.47006072
Julio	-0.01647	1126.02	267.984323	0.31355658
Agosto	-0.01110	1053.53	225.156676	0.456813
Septiembre	-0.01301	1003.66	217.197627	0.43835027
Octubre	-0.02340	956.8	188.064977	0.41271591
Noviembre	-0.00423	790.15	150.755212	0.45613983
Diciembre	-0.00302	734.66	154.920286	0.40216823



Gráfica 13: variación radiación solar 2015.



Gráfica 14: variación radiación solar 2016.

VII. CONCLUSIÓN

Al analizar los resultados obtenidos de las diferentes variables, se obtuvo; tanto aumento como disminución de ozono troposférico, esto nos indica que de forma general los factores atmosféricos si influyen, tanto en aumento como en disminución.

De manera puntual de todas las variables, la temperatura es la de mayor correlación (\pm arriba de 0.5 alta \pm abajo de 0.5 baja Correlación) de 0.48 a 0.81, y por cada grado Celsius que se incrementa, el ozono aumenta de uno a cinco partes por billón, esto siendo en los meses más calurosos del año (junio, julio, agosto, septiembre y octubre) comparando los dos años analizados.

En la velocidad media del viento, se obtuvieron correlaciones de 0.17 a 0.64, aumentando por cada metro por segundo (m/s) de -0.66 a 3.26 ppb. Conforme disminuía la velocidad media del viento aumentaba la concentración.

Para la velocidad máxima del viento las correlaciones fueron de 0.20 a 0.79 con un aumento de 0.59 a 2.86 ppb por cada m/s. De igual forma que la velocidad media, la concentración aumenta cuando la velocidad máxima del viento disminuye.

De la dirección del viento, se observó que, si el viento viene del norte, la concentración de ozono tiene valores positivos (aumento), pasando a valores negativos (disminución) cuando viene del sur.

Para la humedad relativa, se obtuvieron resultados en las correlaciones de -0.44 a -0.81 con una disminución, ya que arroja valores negativos: por cada uno por ciento de aumento en la humedad relativa, la concentración disminuye de 0.18 a -0.52 ppb en los meses más húmedos.

Para las variables que quedan: presión atmosférica y radiación solar no se observó gran influencia, las correlaciones fueron muy bajas.

En cuanto a nuestros objetivos específicos podemos decir que para el aumento de la concentración de ozono troposférico los parámetros que influyen más son, la temperatura y las velocidades media y máxima del viento, por sus altas correlaciones en aumento.

Y para la disminución de la concentración la más relevante fue la humedad relativa, ya que en la mayoría de los meses se observó disminución en la concentración de ozono y correlaciones altas, a excepción de julio de 2015 y julio, agosto y septiembre de 2016 que fue en aumento.

Puesto que, se observó influencia de los parámetros meteorológicos podemos decir que se cumple la hipótesis, los parámetros meteorológicos si influyen en el aumento y/o disminución de la concentración de ozono troposférico en la UAAAN campus Saltillo.

GLOSARIO DE TÉRMINOS.

Antropogénica.

conjunto de efectos producidos por las actividades humanas.

Clorofila.

pigmento de color verde que se halla presente en las hojas y tallos de muchos vegetales.

Cloroplastos.

son los orgánulos celulares que en los organismos fotosintetizadores se ocupan de la fotosíntesis.

Coriolis.

fuerzas aparentes, responsables de la desviación de la trayectoria de un cuerpo que se mueve sobre una superficie que rota.

Disociación.

fenómeno por el cual un gas abandona un sólido cuando este alcanza cierta temperatura.

Isopropeno.

es un producto volátil producido por los tejidos fotosintéticos.

Rosa de los vientos.

símbolo en forma de círculo que tiene marcados alrededor los rumbos en que se divide la circunferencia del horizonte.

Vatio por metro

unidad de medida, en términos de energía por unidad de área, empleada en la medición de la intensidad de la radiación solar.

VIII. LITERATURA CITADA.

Alatorre Monroy Norberto, 2002. El ozono un contaminante de las zonas urbanas. México Centro de Estudios en Geografía Humana.

Borderías Uribeondo, Martín Roda Ma. Eva. Medio ambiente urbano Editorial digital. Madrid 2011. Pp. 201-203.

Calderón Silvia, Ramoni Edinzo, Hoffmann Josefa, Carillo Pedro, Enero 2008. Tropospheric ozone concentration at Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. Pp. 3, 4.

Contreras López Alfonso, Molero Meneses Mariano. Ciencia y tecnología del medioambiente. Editorial digital: octubre 2011. Pp. 95-96

Coyle, M. Fowler, D. Ashmore, (2003). New Directions: Implications of increasing tropospheric background ozone concentrations for vegetation. Atmospheric Environment, 37, 2003. Pp.153-154.

Días j. y linares g. 2010 contaminacion atmosférica y salud. España editorial universal S.A de C.V. Pp 15-17.

Domínguez Pavón Pablo, 2012, estudio mulfractal de la influencia de factores meteorológicos y químicos en la concentración de ozono troposférico Editor Universidad de Córdoba. Pp 28-35.

G. E. Morales Raúl 2006. Contaminación atmosférica urbana episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago Editorial universitaria. Pp. 198-202.

Ibañez Juan Jose, Marzo 2012, El ozono Troposferico (a nivel del suelo) Efectos Sobre la Salud Humana, Vegetacion y Produccion de Cosechas. Marzo 2012. Pp. 12-15

O. Valderrama Jose, 2003. Informacion Tecnologica. Vol. 14 N° 2 Pp. 9-11

Loibl, W.; Smidt, S. Ozone exposure. Areas of potential Ozone risks for selected tree species. Environmental Science & Pollution Research, 3, (1996). Pp. 213-217.

Morales, E, G, Raúl. 2010. Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación. España. Editorial Universitaria S. A. de C.V. Pp. 150-194

Marqués de Leganés, por Contaminación atmosférica revista Ecologistas en Acción Junio de 2016 Pp. 23.

Martín E. Figueruelo Juan, Marino Dávila 2004. Química física del ambiente y de los procesos medioambientales Editorial reverté S.A. 2004. Pp. 7-11, 52, 47.

Noyes, P.D.; Mcelwee, M.K.; Miller, H.D.; Clark, B.W.; Van Tiem, L.A.; Walcott, K.C.; Erwin, K.N.; Levin, E.D. The toxicology of climate change: Environmental contaminants in a warming world. Environment International, 35, 2009. Pp. 971-986.

Peñuelas, J. y Lluís J. 2003. Emisiones biogénicas de COVs y cambio global editorial digital Ecosistemas. Pp 35, 39-46.

Rodríguez de Sancho Maria de Jesús Directora general de Calidad y Evaluación Ambiental El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación Enero del 2011. Pp. 24-28.

Triana Novoa María Del Pilar, Agosto de 2010. Química Ambiental Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD Pp. 334-340.

Velázquez del Castro, Gonzales Federico. 2012. La contaminación en España: Los efectos del ozono y del cambio climático. España. Ecu editorial clup universitaria. Vol. 1. Pp. 7-19

Diario oficial de la federación, abril de 2014. Norma Oficial Mexica NOM-020, Salud Ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiental y criterios para su evaluación.

Artículos Contaminación atmosférica y sus efectos. Revista InfoAgro. 29/06/2016. Pp.21.

Intergovernmental panel on climate change (IPCC). The Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Synthesis report, Intergovernmental Panel on Climate Change, <<http://www.ipcc.ch/>>.

Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM) y el Centro de Investigaciones, Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), para la realización de trabajos relativos a las cargas y niveles críticos de los contaminantes atmosféricos en el marco del Convenio de Ginebra sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia. Dirección: Maj-Britt Larka Abellán (MARM) Coordinación: Alberto González Ortiz (MARM) Elaboración y redacción (CIEMAT, Unidad de Contaminación Atmosférica): Victoria Bermejo Bermejo, Rocío Alonso del Amo, Susana Elvira Cozar, Isaura Rábago Juan-Aracil, Marta García Vivanco.