



Casa abierta al tiempo

**ESTUDIO DE BIOPARTÍCULAS
SUSPENDIDAS EN LA ZONA SUR DE LA
CIUDAD DE MÉXICO**





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA**

**ESTUDIO DE BIOPARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN LA ZONA SUR DE LA
CIUDAD DE MÉXICO**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO
MAESTRA EN CIENCIAS (ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE)**

PRESENTA

BIÓL. JUANA CLAUDIA BARRITA NUÑEZ

CODIRECTORES:

M. EN B. E. ENRIQUE MENDIETA MARQUEZ

DRA. IRMA ROSAS PEREZ

ASESORA:

M. EN C. MARÍA EUGENIA FRAILE ORTEGA

Ciudad de México. Octubre 2019

TESIS
MAESTRIA EN ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

COMITÉ TUTORAL

M. en B. E. Enrique Mendieta Márquez
Profesor Titular C TC
Departamento de Ciencias de la Salud
Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa

Dra. Irma Rosas Pérez
Investigadora Titular. C TC
Coordinadora del Laboratorio de Aerobiología

M. en C. María Eugenia Fraile Ortega
Profesor Investigador "B" TC
Laboratorio de Biosistemática de Leguminosas

CONTENIDO

<i>RESUMEN</i> _____	14
<i>SUMMARY</i> _____	16
1. <i>INTRODUCCIÓN</i> _____	18
2. <i>MARCO TEÓRICO</i> _____	20
2.1 EFECTOS DE LA METEOROLOGÍA SOBRE LA DISPERSIÓN DEL POLEN _	27
2.2 PARTÍCULAS ANTROPOGÉNICAS _____	28
2.3 OZONO _____	30
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____	32
4. <i>ÁREA DE ESTUDIO</i> _____	33
5. <i>METODOLOGÍA</i> _____	34
5.1 CAPTURA DE PARTÍCULAS _____	34
5.2 PREPARACIÓN DE MUESTRAS _____	36
5.3 CONTEO DE MUESTRAS _____	37
5.4 ÍNDICE POLÍNICO _____	39
5.4.1 CALENDARIO POLÍNICO _____	40
5.5 ANÁLISIS DE LOS FACTORES METEOROLÓGICOS Y LAS CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS _____	40
5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO _____	42
6. <i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i> _____	44
6.1 ÍNDICE POLÍNICO _____	44
6.2 COMPORTAMIENTO ESTACIONAL DE LOS TIPOS POLINICOS EN LOS AÑOS 2010 Y 2012 _____	48
6.2.1 PRIMAVERA (MARZO-MAYO) _____	48
6.2.2 VERANO (JUNIO-AGOSTO) _____	50
6.2.3 OTOÑO (SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE) _____	51
6.2.4 INVIERNO (DICIEMBRE-FEBRERO) _____	53
6.3 COMPORTAMIENTO DE LOS INDICES POLÍNICOS EN CORTES MENSUALES DURANTE LOS PERIODOS DE ESTUDIO _____	58
6.4 INDICES POLÍNICOS DIARIOS DURANTE LOS PERIODOS DE ESTUDIO _	63

6.4.1 PERIODO ANUAL 2010	63
6.4.2 PERIODO ANUAL 2012	64
6.5. COMPORTAMIENTO DE LAS CONCENTRACIONES POLINICAS A LO LARGO DEL DIA EN AMBOS PERIODOS DE ESTUDIO	65
6.6 EFECTO DE LOS FACTORES METEOROLOGICOS SOBRE LAS CONCENTRACIONES POLINICAS	68
6.6.1 ABIES	70
6.6.2 ALNUS	71
6.6.3 CASUARINA	72
6.6.4 CUPRESSUS	73
6.6.5 FRAXINUS	74
6.6.6 MYRTACEAE	75
6.6.7 PINUS	76
6.7 ANALISIS DEL PATRON DEL COMPORTAMIENTO DE PM10 A LO LARGO DEL AÑO	77
6.7.1. PERIODO MENSUAL (ENERO-DICIEMBRE 2010)	77
6.7.2 PERIODO MENSUAL (ENERO-DICIEMBRE 2012)	79
6.7.3 PERIODO DIARIO (ENERO-DICIEMBRE 2010)	80
6.7.4 PERIODO DIARIO (ENERO-DICIEMBRE 2012)	81
6.8 ANALISIS DEL PATRON DE COMPORTAMIENTO DEL OZONO A LO LARGO DEL AÑO	82
6.8.1. PERIODO MENSUAL (ENERO-DICIEMBRE 2010)	82
6.8.2 PERIODO MENSUAL (ENERO-DICIEMBRE 2012)	84
6.8.3 PERIODO DIARIO (ENERO-DICIEMBRE 2010)	85
6.8.4 PERIODO HORARIO (ENERO-DICIEMBRE 2012)	86
6.9 COMPARACION DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CONCENTRACIONES POLINICAS, LAS PM10 Y EL OZONO	87
6.9.1 COMPARACIÓN ENTRE PM10 Y BIOPARTÍCULAS	88
6.9.2 COMPARACIÓN ENTRE OZONO Y BIOPARTÍCULAS	90
6.10 ANALISIS DE LA POSIBLE CORRELACION ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE BIOPARTICULAS, PM10 Y OZONO	92
7. CONCLUSIONES	94
8. PERSPECTIVAS A FUTURO	96
9. BIBLIOGRAFIA	97
ANEXO 1	105

_____	105
<i>FICHAS PALINOLÓGICAS</i> _____	105
<i>ANEXO 2</i> _____	131
<i>CONCENTRACIONES DE PM10</i> _____	131
<i>ANEXO 3</i> _____	145
<i>CONCENTRACIONES DE OZONO</i> _____	145
<i>ANEXO 4</i> _____	158
<i>TABLAS ADICIONALES</i> _____	158

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. PRINCIPALES ESTUDIOS AEROPALINOLÓGICOS.....	24
TABLA 2 FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	39
TABLA 3 ÍNDICE POLÍNICO DEL 2010 Y 2012.....	46
TABLA 4 CONCENTRACIONES MENSUALES DE LOS TIPOS POLÍNICOS	60
TABLA 5 CONCENTRACIONES MENSUALES DE PM10 DURANTE 2010	78
TABLA 6 CONCENTRACIONES MENSUALES DE PM10 DURANTE 2012	79
TABLA 7 CONCENTRACIONES HORARIAS DE PM10 DURANTE 2010	80
TABLA 8 CONCENTRACIONES HORARIAS DE PM10 DURANTE 2012	81
TABLA 9 CONCENTRACIONES MENSUALES DE OZONO DURANTE 2010	83
TABLA 10 CONCENTRACIONES MENSUALES DE OZONO DURANTE 2012	84
TABLA 11 CONCENTRACIONES HORARIAS DE OZONO DEL PERIODO DE 2010	85
TABLA 12 CONCENTRACIONES HORARIAS DE OZONO DEL PERIODO DE 2012	86
TABLA 13 CORRELACIÓN DE SPEARMAN ENTRE VARIABLES PARA EL AÑO 2010	93
TABLA 14 CORRELACIÓN DE SPEARMAN ENTRE VARIABLES PARA EL AÑO 2012	93
TABLA 15 CONCENTRACIONES MENSUALES DE LOS TIPOS POLÍNICOS DURANTE EL 2010.....	159
TABLA 16 CONCENTRACIONES MENSUALES DE LOS TIPOS POLÍNICOS DURANTE EL 2012.....	160
TABLA 17CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE PRIMAVERA 2010	161
TABLA 18 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE VERANO 2010	162
TABLA 19 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE OTOÑO 2010	163
TABLA 20 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE INVIERNO 2010.....	164
TABLA 21 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE PRIMAVERA 2012	165
TABLA 22 CONCENTRACIONES POR TIPO POLÍNICO DURANTE EL PERIODO DE VERANO 2012	166
TABLA 23 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE OTOÑO 2012	167
TABLA 24 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE INVIERNO 2012.....	168

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delegación Coyoacán (PAOT, 2010)	33
Figura 2 Trampa de esporas de muestreo, marca burkard.....	35
Figura 3 Preparación del equipo de monitoreo.....	35
Figura 4 Preparación de la muestra colectada por semana	37
Figura 5 Método de conteo para el barrido de 4 segmentos verticales con un aumento de 40X.....	38
Figura 6 Grafica muestra de las concentraciones de polen (gp/m3).....	40
Figura 7 Porcentaje de los tipos polínicos pertenecientes a los taxa arbóreos y herbáceas en 2010 y 2012.....	47
Figura 8 Concentración polínica en el periodo de primavera (marzo-mayo) 2010.....	49
Figura 9 Concentración polínica en el periodo de primavera (marzo-mayo) 2012.....	49
Figura 10 Concentración polínica en el periodo de verano (junio-agosto) 2010	50
Figura 11 Concentración polínica en el periodo de verano (junio-agosto) 2012	51
Figura 12 Concentraciones polínicas del periodo de otoño 2010	52
Figura 13 Concentraciones polínicas del periodo de otoño 2012	53
Figura 14 Concentraciones polínicos del periodo de invierno 2010.....	54
Figura 15 Concentración polínica en periodo de invierno 2012.....	55
Figura 16 Comparación de los tipos polínicos más abundantes durante los cuatro periodos del año 2010.....	56
Figura 17 Comparación de los tipos polínicos más abundantes durante los cuatro periodos del año 2012.....	57
Figura 18 Concentración a lo largo del año de los tipos polínicos durante el 2010 y 2012 (gp/m3)	59
Figura 19 Concentración polínica diaria en los diferentes meses del año 2010	64
Figura 20 Concentración polínica diaria en los diferentes meses del año 2012	65
Figura 21 Concentraciones polínicas promedio para cada periodo horario a lo largo del año 2010	66
Figura 22 Concentraciones polínicas promedio para cada periodo horario a lo largo del año 2012	67
Figura 23 Comparación de Abies con humedad relativa y temperatura en 2010 (A) y 2012 (B)	70
Figura 24 Comparación de alnus con humedad relativa y temperatura en 2010 (A) y 2012 (B)	71
Figura 25 Comparación de casuarina con humedad relativa y temperatura en 2010 (A) y 2012 (B).....	72
Figura 26 Comparación de Cupressus con humedad relativa y temperatura en 2010 (A) y 2012 (B).....	73
Figura 27 Comparación de Fraxinus con humedad relativa y temperatura en 2010 (A) y 2012 (B).....	74
Figura 28 Comparación de Myrtaceae con humedad relativa y temperatura en 2010 (A) y 2012 (B).....	75

Figura 29 Comparación de Pinus con humedad relativa y temperatura en 2010 (A) y 2012 (B)	76
Figura 30 Periodo mensual de enero a diciembre de 2010	77
Figura 31 Comportamiento mensual promedio del ozono durante el 2010	82
Figura 32 Comparación del comportamiento de las biopartículas y PM10 en 2010	89
Figura 33 Comparación del comportamiento de las biopartículas y PM10 en 2012	89
Figura 34 Comparación del comportamiento de las biopartículas y ozono durante un día promedio para 2010	90
Figura 35 Comparación del comportamiento de las biopartículas y ozono durante un día promedio para 2012	91
Figura 36 <i>Abies</i>	106
Figura 37 Polen de <i>Abies</i> 40X	107
Figura 38 <i>Alnus</i> (foto tomada de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/Alnus_acuminata_2.jpg)	108
Figura 39 Polen de <i>Alnus</i> 40X	109
Figura 40 <i>Casuarina</i>	110
Figura 41 Polen de <i>Casuarina</i> 40X	111
Figura 42 <i>Cupressus</i>	112
Figura 43 Polen de <i>Cupressus</i> 40X	113
Figura 44 <i>Fraxinus</i>	114
Figura 45 Polen de <i>Fraxinus</i>	115
Figura 46 <i>Ligustrum</i>	116
Figura 47 Polen de <i>Ligustrum</i> 40X	117
Figura 48 Myrtaceae	118
Figura 49 Polen de Myrtaceae	119
Figura 50 <i>Morus</i>	120
Figura 51 Polen de <i>Morus</i> 40X	121
Figura 52 <i>Pinus</i> sp tomada de Naturalista-CONABIO: (c) Carlos Galindo-Leal, algunos derechos reservados (CC BY-NC)	122
Figura 53 <i>Pinus</i> sp (Foto tomada de http://www.arboles.org/index.html)	123
Figura 54 Polen de <i>Pinus</i> 40X	124
Figura 55 <i>Quercus</i>	125
Figura 56 Polen de <i>Quercus</i> 40X	126
Figura 57 <i>Salix</i>	127
Figura 58 Polen de <i>salix</i> 40X	128
Figura 59 Complejo Amaranthaceae/Chenopodiaceae	129
Figura 60 Polen del Complejo Chenopodiaceae/Amaranthaceae	130

AGRADECIMIENTOS

La Maestría en Ciencias (Energía y Medio Ambiente) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, pertenece al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad del CONACyT y cuenta con apoyo del mismo Consejo con el convenio 003893; por lo que se agradece la beca recibida, a través del convenio No. (CVU/Becario): 397303/574718 para el desarrollo de esta tesis.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A la M. en C. Angélica Martínez Bernal por ser mi guía durante este camino, dándome ánimo, por sus consejos, por su cariño y comprensión.

A la Dra. Irma Rosas por asesorarme, prestarme su equipo y por brindarme su amistad.

De manera especial quiero agradecer a la M. en C. María Eugenia Fraile Ortega que me ha acompañado y brindado su amistad, cariño de manera incondicional

A mis amigos Fernando y Bethy por apoyarme y brindarme su cariño y su amistad.

A mi familia, en especial a mi hermana Mary por apoyarme.

PUBLICACIONES Y CONGRESOS

Publicaciones

- ✓ BARRITA NÚÑEZ JC, MENDIETA MÁRQUEZ E, ROSAS PÉREZ IA & FRAILE ORTEGA ME. Estudio de la variación anual de las concentraciones polínicas en la zona Sur de la Ciudad de México. En: Galar Martínez M, Ramírez Romero P, Gasca Pérez E, Gómez Oliván LM, Zavala Aguirre JL, Arzate Cárdenas MA & Rico Martínez R (eds). Contribuciones al Conocimiento de la Ecotoxicología y Química Ambiental en México, vol. 2, IPN, CDMX, México, pp. 148-165.
- ✓ BARRITA NÚÑEZ JC, MENDIETA MÁRQUEZ E, ROSAS PÉREZ IA, FRAILE ORTEGA ME & ZÁRATE HERNÁNDEZ MR. Estudio de la concentración aeropalínológica de pólenes alergénicos en la zona sur de la Ciudad de México. Libro Conmemorativo del V Congreso Internacional de Avances de las Mujeres en las Ciencias, las Humanidades y todas las Disciplinas. Globalización y Tecnologías de Vanguardia, UAM-Azcapotzalco, CDMX, México (en prensa)

Participación en congresos

- ✓ BARRITA NUÑEZ JC. Efecto de las variaciones en la carga polínica: ¿Efecto del Cambio Climático? VIII Congreso Nacional de Investigación de Cambio Climático, UAM-Azcapotzalco, CDMX, México 10-12 de octubre de 2018.
- ✓ BARRITA NUÑEZ JC, MENDIETA MÁRQUEZ E, ROSAS PÉREZ I & FRAILE ORTEGA ME. Abundancia y diversidad polínica en la zona sur de la Ciudad de México a lo largo de dos periodos anuales. XXIII Simposio del Departamento de Ciencias de la Salud, UAM-Iztapalapa, CDMX, México, 22-26 de octubre de 2018.
- ✓ BARRITA NUÑEZ JC, MENDIETA MÁRQUEZ E, ROSAS PÉREZ I & FRAILE ORTEGA ME. Efecto de algunos parámetros atmosféricos sobre la concentración de biopartículas. VIII Congreso de la AMEQA, UAEM, Toluca, Méx, México, 8-10 de agosto de 2018.
- ✓ BARRITA NÚÑEZ JC, MENDIETA MÁRQUEZ E, ROSAS PÉREZ I, FRAILE ORTEGA ME & ZÁRATE HERNÁNDEZ MR. Análisis de la influencia de diversos factores atmosféricos sobre la concentración de biopartículas en la zona sur de la Ciudad de México. XXI Simposio del Departamento de Ciencias de la Salud, UAM-Iztapalapa, CDMX, México, 17-21 de octubre de 2016.

- ✓ BARRITA NÚÑEZ JC, MENDIETA MÁRQUEZ E, ROSAS PÉREZ IA, FRAILE ORTEGA ME & ZÁRATE HERNÁNDEZ MR. Biopartículas y variación de la contaminación atmosférica en la zona sur de la Ciudad de México. VI Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático, UAM-Azcapotzalco, CDMX, México, 17-21 de octubre de 2016.
- ✓ BARRITA NÚÑEZ JC, MENDIETA MÁRQUEZ E, ROSAS PÉREZ IA, FRAILE ORTEGA ME & ZÁRATE HERNÁNDEZ MR. Estudio de la concentración aeropalínológica de pólenes alergénicos en la zona sur de la Ciudad de México. V Congreso Internacional de Avances de las Mujeres en las Ciencias, las Humanidades y todas las Disciplinas. Globalización y Tecnologías de Vanguardia, UAM-Azcapotzalco, CDMX, México, 28-30 de septiembre de 2016.
- ✓ BARRITA-NÚÑEZ JC, MENDIETA-MÁRQUEZ E, ROSAS-PÉREZ IA, FRAILE-ORTEGA ME & ZÁRATE-HERNÁNDEZ MR. Estudio de la variación de la contaminación atmosférica por ozono en cuatro sitios de la Ciudad de México. VII Congreso de la AMEQA/SETAC, IPN, CDMX, México, 1-5 de agosto de 2016.

RESUMEN

La contaminación atmosférica se define como la presencia de uno o más contaminantes o combinaciones de éstos en el aire que, por sus características físicas, químicas y biológicas, son capaces de afectar la salud humana, flora y fauna. Un factor importante en la contaminación atmosférica ha sido la presencia de las biopartículas, las cuales se han relacionado a una creciente lista de problemas del deterioro ambiental, que a su vez agudizan importantes cambios y efectos en la calidad del aire.

En años recientes, el estudio de las partículas biológicas, principalmente el polen, no sólo se ha enfocado en aspectos de salud, sino que la aerobiología investiga las interrelaciones entre éste y las partículas menores a 10 μm (PM₁₀), las partículas menores a 2.5 μm (PM_{2.5}), las partículas suspendidas totales (PST) y las concentraciones de ozono, además de los factores meteorológicos y las actividades humanas. La presencia y variación cuantitativa del polen es el resultado de diversos procesos como la fenología su liberación y dispersión, los cuales dependen en gran parte de la influencia de los diferentes factores climáticos y meteorológicos. En el presente estudio se determinaron las concentraciones totales de polen y la abundancia de sus tipos específicos en dos periodos anuales (2010 y 2012), y se analizaron las posibles relaciones existentes entre éstas y las concentraciones de ozono y PM₁₀, así como algunas variables climatológicas (temperatura y humedad relativa).

Las concentraciones de polen para todos los taxa fueron de 169,011 gp/m³ en el 2010 y 173,372 gp/m³ en el 2012. Entre los taxa identificados, 12 fueron arbóreos (*Abies*, *Alnus*, *Casuarina*, *Cupressus*, *Fraxinus*, *Ligustrum*, *Morus*, *Myrtaceae*, *Pinus*, *Quercus*, *Salix* y *Schinus*), uno arbustivo (*Ricinus communis*) y 5 herbáceos (*Asteraceae*, Complejo *Chenopodiaceae/Amaranthaceae*, *Poaceae*, *Rumex* y *Urticaceae*). El polen perteneciente a los taxa arbóreos es el más abundante, con una proporción de alrededor del 90% para ambos años, con las herbáceas representando un 8% en el

2010 y un 11.7% en el 2012. Los análisis a nivel estacional, mensual y diario mostraron diferencias significativas en los dos periodos, tanto en términos de las proporciones que cada tipo polínico representó en cada año, como en lo que toca a los puntos en que se alcanzaron los máximos para cada tipo. De igual manera, existen variaciones en el comportamiento de las PM10 y el ozono entre los dos periodos analizados, que no coinciden totalmente con las variaciones encontradas para las biopartículas.

Al analizar la existencia de posibles relaciones entre el comportamiento de estas variables a través del análisis de correlación de Spearman, no parece existir una clara correlación entre las variables analizadas cuando se analiza la totalidad de los datos correspondientes a cada periodo anual, si bien parece existir una asociación ligeramente positiva entre las biopartículas y las PM10 y el ozono para el 2010, la cual es mayor para ozono y PM10 en el 2012. Por otra parte, llama la atención que en el número de biopartículas parece estar negativamente asociado con las concentraciones de PM10 en el segundo periodo anual analizado.

Los diferentes comportamientos de los taxa en los dos periodos anuales considerados podrían reflejar diferentes condiciones climáticas que afectaran la fenología de los grupos, modificando los periodos de floración y, en consecuencia, la presencia de polen en la atmósfera. Sería conveniente realizar un análisis con parámetros como la velocidad y dirección del viento, así como de precipitación, con el fin de observar su influencia sobre la presencia de biopartículas en la atmósfera, con el propósito de generar modelos de dispersión que expliquen el comportamiento del polen en función de las diferentes variables atmosféricas. Asimismo, podrían realizarse análisis estadísticos que, con base en reportes de consultas externas por síntomas de alergia, puedan proporcionar información sobre la posibilidad de que algunos patrones de comportamiento de las biopartículas expliquen la mayor incidencia de enfermedades respiratorias en algunos meses del año.

SUMMARY

Air pollution is defined as the presence of one or more pollutants or their combinations in the air that, due to their physical, chemical and biological characteristics, are capable of affecting human health, flora and fauna. An important factor in air pollution has been the presence of bioparticles, which has been linked to a growing list of environmental deterioration problems, which in turn exacerbate important changes and effects on air quality.

In recent years, the study of biological particles, mainly pollen, has not only focused on health aspects, but aerobiology investigates the interrelationships between these and particles smaller than 10 μm (PM10), smaller than 2.5 μm (PM2.5), total suspended particles (PST) and ozone, as well as meteorological factors, and human activities. The presence and quantitative variation of pollen is the result of various processes such as phenology, release and dispersion, which largely depend on the influence of different climatic and meteorological factors.

In the present study, total pollen concentrations and their specific types abundances were determined for two annual periods (2010 and 2012), and their possible correlations with ozone and PM10 concentrations, temperature, and climatological variables such as temperature and relative humidity were determined.

The sum of pollen of all taxa during the two years was 169,011 gp/m^3 in 2010 and 173,372 gp/m^3 in 2012. Among the taxa identified, 12 were arboreal (*Abies*, *Alnus*, *Casuarina*, *Cupressus*, *Fraxinus*, *Ligustrum*, *Morus*, Myrtaceae, *Pinus*, *Quercus*, *Salix* and *Schinus*), one shrub (*Ricinus communis*) and 5 herbaceous (Asteraceae, Chenopodiaceae/ Amaranthaceae complex, Poaceae, *Rumex* and Urticaceae). Pollen belonging to tree taxa is the most abundant, with a proportion of around 90% for both years, with herbaceous representing 8% in 2010 and 11.7% in 2012.

Stational, monthly and daily analyses show significant differences in both periods, in terms of the proportions of each pollen type for each year, as well as for their points of maximal concentrations. Likewise, there are variations in PM10 and ozone that do not entirely mimic those found for bioparticles.

The relationships between these variables through Spearman's coefficient show no clear correlation when all data for both years was used; however, there seems to be a slightly possible association between bioparticles and PM10 and ozone for 2010, which increases between ozone and PM10 for 2012. It is interesting that bioparticle concentration seems to be negatively associated with PM10 concentrations for the latter year.

The behavior of the taxa could reflect different climate conditions that affect group phenology, which could modify flowering periods and, consequently, the presence of atmospheric pollen.

It would be advisable to analysis parameters such as speed and wind direction, as well as precipitation, in order to observe their influence on atmospheric bioparticles, in order to generate dispersion models which could explain pollen behavior due to these variables. On the other hand, statistical analyses could be made, using reports of external services due to allergy symptoms, that could give us information regarding the possibility that bioparticles could explain the incidence of respiratory diseases on certain months of the year.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire por partículas es definida como la presencia de uno o más componentes en suficientes cantidades de tales características que puedan perturbar o provocar daño a la salud humana, los animales, las plantas y bienes (Martínez-Bernal, *et al.*, 2009). Un factor importante en la contaminación atmosférica ha sido la presencia de las partículas que se han relacionado a una creciente lista de problemas del deterioro ambiental, que a su vez agudizan importantes cambios y efectos en la calidad del aire.

Las partículas suspendidas forman una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos suspendidos en el aire, que pueden variar significativamente en tamaño, forma y composición, dependiendo de su origen. Las partículas pueden ser de origen natural (como la polinización de plantas, procesos geológicos e incendios forestales), y también de origen antropogénico.

En años recientes el estudio de las partículas biológicas, principalmente el polen, junto con las antropogénicas, no sólo se ha enfocado en aspectos de salud, sino que la aerobiología investiga las interrelaciones entre el aeropolen y las partículas PM_{10} , $PM_{2.5}$ y PST (partículas suspendidas totales), factores meteorológicos y actividades humanas. La presencia y variación cuantitativa del polen es el resultado de diversos procesos como la fenología, liberación y dispersión, los cuales dependen en gran parte de la influencia de los diferentes factores climáticos y meteorológicos.

En el presente estudio se determinará la relación entre las concentraciones de polen con partículas menores a 10 μm (PM10), temperatura, dirección e intensidad del viento e incidencias a la salud como alergias y enfermedades respiratorias.

La evidente relación entre la carga alérgica del aire que respiramos y los episodios alérgicos determina que desde el punto de vista de la Salud Pública interese conocer la concentración atmosférica de alérgenos y su evolución estacional, como indicativos del riesgo de exposición de los pacientes alérgicos. Las partículas biológicas pueden ser un indicador más que aunado a la calidad del aire, permita determinar la etiología de afecciones respiratorias; en otros países como España, Estados Unidos e Inglaterra, cuentan con un índice polínico, que sirve para realizar propuestas de disminución de niveles de alérgenos, para proteger a individuos susceptibles.

Por otro lado, nos da la pauta para insistir aún más en la importancia y en el conocimiento de la presencia de pólenes y esporas en la atmósfera. No sólo es importante, conocer su morfología, grupo taxonómico, tipo de vegetación, sino también es necesario contar con la siguiente información: producción, tiempo de permanencia en la atmósfera, fenología, permanecía en el mismo lugar o transportados a otras regiones, etc. Esta información es puntual para evaluar su contribución en la atmósfera y por ende en la calidad del aire y por lo tanto, en el impacto que tienen en la salud humana y en los ecosistemas; información que ya se está generando y utilizando en diferentes países a nivel mundial.

2. MARCO TEÓRICO

La contaminación atmosférica se define como la presencia de uno o más contaminantes o combinaciones de éstos en el aire que por sus características físicas, químicas y biológicas son capaces de afectar la salud humana, flora y fauna, así como causar perjuicios o deterioro del entorno; entre estos se encuentran los de origen natural (erupciones volcánicas, incendios, descomposición de la materia orgánica o polen) y antropogénico (Aragón-Piña, 2011; Aránguez, *et al.*, 1999; Cárdenas, *et al.*, 2003; Wark & Warner, 2007).

Las partículas suspendidas presentes en la atmósfera son una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos, que pueden variar significativamente en tamaño, forma y composición dependiendo fundamentalmente de su origen. Las partículas atmosféricas cuyo origen puede ser natural (materia orgánica, minerales, polen), y/o antropogénico (humos, plaguicidas, aerosoles), tienen un ciclo que va de la generación, dispersión, suspensión, sedimentación y re-suspensión; durante estos procesos y de acuerdo con su tamaño ingresan en el sistema respiratorio de los organismos, penetran en las mucosas y finalmente causan daño a la salud. En cuanto a su mecanismo de formación, las partículas pueden ser emitidas directamente a la atmósfera y son conocidas como partículas primarias, o bien formarse cuando reaccionan con algunas sustancias, siendo consideradas partículas secundarias. El tamaño de las partículas suspendidas es un factor importante ya que establece su

tiempo de permanencia en la atmósfera y puede variar desde 0.005 hasta 100 μm lo que permite facilitar su desplazamiento (Rojas & Garibay, 2003). En las partículas suspendidas se encuentran las partículas biológicas o biopartículas, llamadas también bioaerosoles, éstas presentan tamaños desde 0.5 y 100 μm , las cuales incluyen virus, bacterias, esporas, polen y en general cualquier fragmento biológico (Cox & Wathes, 1995, Pósfai & Molnár, 2000).

Para explicar ciertos fenómenos provocados por las partículas biológicas primarias completas o secundarias, representadas por fragmentos y compuestos biogénicos asociados a partículas de diversos tamaños, existe una disciplina llamada Aerobiología, que estudia los procesos de viabilidad, transporte, depósito y permanencia en la atmósfera de las partículas suspendidas. Dentro de la Aerobiología se encuentra la aeropalinología, disciplina que se encarga del estudio de esporas y granos de polen en el aire, la forma en que se introducen y dispersan en la atmósfera e intenta establecer correlaciones entre las densidades y las condiciones atmosféricas bajo las cuales se presentan estas partículas; este campo tiene grandes aplicaciones en la medicina por los alérgenos, provenientes de polen y esporas (Cid, 2007).

Los alérgenos son partículas o fragmentos denominados alérgenos principales (ej. A11, *Alnus*) relacionados con la proteína que reconoce el individuo que presenta respuesta alérgica y que son transportados por el aire. El polen y las esporas son causantes de alergias principalmente en las vías respiratorias. Los principales alérgenos son el

ácaro, polvo de casa, epitelio de animales, pólenes y hongos (Guidos & Almeida, 2005).

Es importante mencionar que los trabajos realizados entre los años 40's y los 2000's en la Ciudad de México tuvieron como objetivo estudiar el papel como inductores de alergias que presentan la mayoría de los pólenes atmosféricos (Tabla 1). La mayoría de los trabajos realizados a finales de la década de los noventas hasta el presente han incluido un muestreador volumétrico tipo Hirst, Burkard, esta trampa de esporas es la más usada por los investigadores para el muestreo y análisis de biopartículas suspendidas en el aire ya que ha generado un estándar en los métodos empleados, lo cual ha facilitado interpretar y comparar los resultados obtenidos (Terán, *et al.*, 2009).

En los últimos años, el cambio climático y sus efectos en el ambiente han sido de gran interés a nivel mundial, afectando la biodiversidad en cuanto a la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (cambios en la fenología, fisiología, distribución e inclusive pérdida de especies); su impacto en la contaminación atmosférica incluyendo las emisiones de partículas suspendidas antropogénicas y biológicas y por ende su repercusión de éstas en la calidad del aire y sus consecuencias en la salud humana tanto en las comunidades rurales como urbanas.

Debido a los problemas médicos causados por el polen, varios programas de polen, redes y bases de datos han sido desarrollados recientemente para suministrar datos

sobre las observaciones de polen. Además, los cambios relacionados a los parámetros meteorológicos en la abundancia de polen en la atmósfera, el potencial alergénico del polen también puede aumentar por las interacciones con contaminantes atmosféricos. Por ejemplo, las PM están asociadas con enfermedades respiratorias, como el asma, al actuar como portadores de alérgenos (Knox, *et al.*, 1997). Las partículas de los motores diésel pueden actuar como adyuvante de las biopartículas, aumentando la producción de IgE (Inmunoglobulina E alérgeno-específica) (Parnia, *et al.*, 2002) y facilitando de este modo la sensibilización alérgica. El polen intacto no puede alcanzar las pequeñas vías aéreas, sin embargo, los alérgenos presentes en las PM_{2.5} pueden penetrar fácilmente. La rinitis, conjuntivitis y el asma son típicas enfermedades relacionadas con la alergia al polen y a veces ocurren en el mismo paciente simultáneamente durante la temporada de floración (GINA, 2009).

TABLA 1. PRINCIPALES ESTUDIOS AEROPALINOLÓGICOS

AUTOR	LOCALIDAD	TÉCNICA DE MUESTREO	ESTUDIO
Salazar-Mallen (1940), Ramírez & Rodríguez (1961) y Silvia-Bárceñas (1975)	Ciudad de México	Aeropalinómetro tipo Burkard	Estudiaron el polen con interés alergénico, así como la forma de dispersión del polen y esporas; investigaciones más recientes
Rosales (1985)	Ciudad de México	Sedimentación	Analizó aeropalinológicamente la zona norte de la Ciudad de México y sus implicaciones con la contaminación ambiental.
Ramírez, E., Melchor-Sánchez, J., Martínez, H. E. & Lozano, G. S. (1995)	Suroeste de la Ciudad de México	Aeropalinómetro tipo Burkard	Realizaron un análisis de polen y fungosporas de la atmosfera, registraron cerca de 80 tipos polínicos. Su abundancia disminuye al presentarse las lluvias.
Bronillet (1992)	Norte de la Ciudad de México	Trampa de esporas (Burkard)	Realizó un estudio del contenido de polen en la atmósfera en la zona norte de la Ciudad de México, para conocer los tipos de polen presentes en el aire y reconocer su capacidad alergénica
Salazar (1995)	Ciudad de México	Trampa de esporas (Burkard)	Analizó el polen atmosférico en la zona sur de la Ciudad de México para conocer la comunidad polínica, su variación horaria y estacional; o en las épocas de lluvias y secas
Flores (1996)	Aguascalientes	Muestreador tipo Rotorod	Las concentraciones más altas se registraron a finales de la época de lluvias, siendo la mayor parte de taxa herbáceas
Martínez-Ordaz V. A., Castañeda, C.B., Campos, C. L., Rodríguez, V.M., Sáenz, J.G., Ríos, P.C. (1998)	Coahuila y Durango	Muestreador de alto Volumen (Andersen)	Obtuvieron las concentraciones más altas de julio a octubre. Y los tipos polínicos más abundantes fueron: Poaceae, Amarantaceae y <i>Prosopis</i> .
Méndez, J. L. A., Paz Martínez, D., Galindo-García, J. A. y J. E. Toriz Martínez (1996) & Borja-Aburto, V. H., Loomis, D. P., Bangdiwala, S.,	Ciudad de México	Trampa de esporas (Burkard)	Reportan la aparición y severidad de síntomas en piel, mucosas, y el sistema respiratorio, como sinusitis, bronquitis, asma y enfisema.

Shy, C. M. and R. A. Rascon-Pacheco. (1998)			
Cid (2007)	Ciudad de México	de Trampa de esporas (Burkard)	Evaluó la estacionalidad de granos de polen de dos zonas de la ciudad de México, con la relación de los parámetros meteorológicos y la concentración polínica atmosférica.
Fuertes-Rodríguez, 2011	Francia	Colector volumétrico	Pierre Miquel desarrollo el primer colector volumétrico realizando el primer muestreo, concluyendo que el número de microbios en el aire variaba en el mismo sitio a diferentes horas, estaciones o altitud
Rocha-Estrada, A., Alvarado-Vázquez, M.A., Torres-Cepeda, T.E., Foroughbakhch-Pournavab, R., Hernández-Piñero, J.L. (2008)	Monterrey	Trampa de esporas (Burkard)	El muestreo duro un año. Siendo febrero y marzo los meses con las concentraciones más altas. <i>Fraxinus</i> y <i>Cuppressus</i> fueron los tipos polínicos más abundantes
Martínez- Bernal, Barrita Nuñez, J. C., Cárdenas-González, B., Blanco-Jiménez, S. y A. A Campos-Ramos. (2009)	Chiapas, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Tabasco, Veracruz y Distrito Federal	Muestreador de alto volumen (Anderson)	Revisión bibliográfica del impacto del cambio climático en la emisión de pólenes y esporas por fuentes naturales y sus implicaciones en la calidad del aire
González-Díaz, S.N., Rodríguez-Ortiz, P.G., Arias-Cruz, A., Macías-Weinmann, A., Cid-Guerrero, D, Sedo-Mejía, G. A. (2010)	Monterrey	Trampa de esporas (Burkard)	El polen fue colectado un año. La mayor concentración fue en febrero y marzo, la menor concentración fue en julio y noviembre.

Martínez-Bernal, A., J. C. Barrita Nuñez, I. Rosas-Pérez, L. Martínez Pérez, B. Cárdenas-González, S. Blanco-Jiménez y A. A. Campos-Ramos. (2010)	Distrito Federal	Muestreador de alto volumen (Anderson)	Clasificación y determinación taxonómica de biopartículas y su relación con las fuentes emisoras
Martínez-Bernal, A., J. A. Sepúlveda-Sánchez, J. C. Barrita Nuñez, B. Cárdenas-González, S. Blanco-Jiménez y A. A. Campos-Ramos. (2011)	Chiapas, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Tabasco, Veracruz y Distrito Federal	Muestreador de alto volumen (Anderson)	Análisis de partículas suspendidas con diferentes metodologías de laboratorio para su caracterización biológica y fisicoquímica
Ríos-Ramos (2014)	Ciudad de México	Trampa de esporas (Burkard)	Se determinó la relación entre las concentraciones de aeropolen con PM10, temperatura, dirección e intensidad del viento en tres zonas.
Ríos, B., Torres-Jardón, R., Rosas, I. (2015)	Ciudad de México	Trampa de esporas (Burkard)	Las variaciones diurnas de la concentración de polen en el aire y el efecto de la temperatura del ambiente en tres sitios Durante la estación seca de 2012-2013

2.1 EFECTOS DE LA METEOROLOGÍA SOBRE LA DISPERSIÓN DEL POLEN

Las relaciones entre el polen aéreo y las condiciones meteorológicas son complejas; aparte de los factores fisiológicos, las condiciones ambientales tienen gran influencia en la liberación en su transporte y sedimentación.

- **Temperatura:** Un incremento de temperatura produce mayor actividad de dehiscencia en las plantas que se encuentran en floración, al aumentar la temperatura favorece su transporte.
- **Humedad:** En la floración la humedad actúa inactivando la antesis dificulta la rotura de la pared de la antera entre los sacos polínicos por lo que hay menor liberación de polen.
- **Vientos:** El polen es transportado por el viento dentro de la atmósfera, puede levantar las partículas del suelo y aumentar la cantidad de biopartículas.
- **Dirección del viento:** El polen es transportado a diferentes distancias y depositado algunas veces en ambientes diferentes a su origen. Éste indicará la trayectoria, mientras que la velocidad determina el tiempo y permanencia en la atmósfera.
- **Precipitación pluvial:** Esta actúa depositando las partículas en el suelo, son arrastradas en la cortina del agua y de esta manera limpian la atmósfera de las aeropartículas.

2.2 PARTÍCULAS ANTROPOGÉNICAS

Las partículas suspendidas totales (PST) es uno de los contaminantes atmosféricos importantes, son causantes de la reducción en la visibilidad y daños en la salud, mismos que dependen en gran medida de la composición de estas partículas. De aquí la importancia que tiene su estudio para conocer apropiadamente su origen y sus características tanto físicas como químicas (Miranda *et al*, 1994).

El primer aspecto a considerar es el tamaño de las partículas, seguido de la determinación de la composición química y por último de su fuente. No todas las partículas presentan dimensiones. Las dimensiones son importantes debido a que la composición y los efectos de las partículas dependen del tamaño de éstas. En primer lugar, se tienen las partículas suspendidas totales (PST), que abarcan todos los tamaños de partículas; por otro lado, son de suma importancia las partículas de tamaño respirable (también conocidas como aerosoles o PM10), ya que éstas son las que principalmente provocan daños a la salud humana y la visibilidad, las partículas respirables son del orden de 10 μm (Zepeda-González, 2002).

El tamaño de las partículas (diámetro aerodinámico), es uno de los factores que determinan su acceso y depósito en los diferentes sitios del aparato respiratorio. Del total de las partículas suspendidas solamente pueden penetrar en el aparato

respiratorio aquellas con tamaños entre los 10 y los 0.5 μm ; éstas constituyen la denominada fracción respirable.

Las partículas pertenecientes a la fracción respirable pueden ser agrupadas de acuerdo con el sitio del aparato respiratorio hasta el que penetran y en el cual, con mayor probabilidad se depositaran. De esta manera, la fracción respirable se divide en las fracciones extratorácica (ET), traqueobronquial (TB) y pulmonar alveolar (P). La primera de estas fracciones está constituida por las partículas que penetran y se depositan en la nariz, los senos paranasales, la faringe y la laringe; los tamaños de estas partículas van desde los 5 hasta los 200 μm , y los tamaños de aquellas que se depositan con mayor frecuencia en las regiones mencionadas van de los 15 a los 30 μm . La fracción traqueobronquial comprende partículas menores a 20 μm , con un máximo de depósito para los tamaños entre 7 y 10 μm . Por último, la fracción alveolar está constituida por partículas menores a los 10 μm , de las cuales aquellas con tamaños entre 2.5 y 3.5 μm son las que con mayor facilidad se depositan en los pulmones (Restrepo, 1992).

Dependiendo de las características físicas, químicas y biológicas, de su concentración en la atmósfera, del tiempo de exposición de los receptores humanos y a la susceptibilidad de éstos a las partículas, existe un riesgo sanitario sobre todo aquel que sufren de una enfermedad respiratoria crónica.

Los efectos de las partículas atmosféricas en la salud humana se han descrito mayormente en función de su tamaño, ya que su capacidad de ingreso será mayor a medida que el tamaño sea más fino. Las partículas de tamaño entre 10 y 2.5 μm , denominadas gruesas, se adhieren a la membrana de la mucosa y se eliminan en la parte baja del tracto respiratorio; por esta razón, se les conoce como inhalables (deposición extratorácica). Las partículas entre 2.5 y 0.1 μm , o finas penetran fácilmente a los pulmones (deposición bronquial), por lo que se les denomina respirables. Las partículas más pequeñas corresponden a las ultrafinas, las cuales son menores de 0.1 μm , y por tanto tienen mayor capacidad de ingreso (deposición alveolar), incluso pueden infiltrarse hasta el torrente sanguíneo (Zereini & Wiseman, 2010; Aragón-Piña, 2011).

2.3 OZONO

El ozono es un componente natural en la atmósfera, cuya concentración se incrementa con la altitud hasta alcanzar un máximo en la capa de ozono. Para la altitud de la Ciudad de México la concentración natural se encuentra entre 20 y 40 ppb.

La presencia de radicales hidroxilos y de compuestos orgánicos volátiles (COV) en la atmósfera, ya sea de origen natural o antropogénico, provocan cambios en los equilibrios químicos hacia concentraciones más altas. La mayor parte del ozono en la tropósfera se produce cuando los óxidos de nitrógeno (NOX), el monóxido de carbono

(CO) y los compuestos orgánicos volátiles (COV) reaccionan en la atmósfera, en presencia de luz solar. Las fuentes antropogénicas más importantes de precursores de ozono son las emisiones vehiculares, las emisiones industriales y los solventes químicos. A pesar de que estos precursores se originan en áreas urbanas, pueden ser arrastrados por los vientos a lo largo de varios kilómetros provocando incrementos en la concentración de ozono en regiones menos pobladas.

En el organismo el ozono ejerce su acción a través de varios mecanismos. Las reacciones con algunas moléculas biológicas pueden llevar a la formación de radicales libres. Cuando el tracto respiratorio es expuesto al ozono se produce daño en el mismo, el alcance dependerá de la concentración de ozono, la duración de la exposición, los patrones de exposición y la ventilación. Estos efectos aumentan la susceptibilidad a las infecciones respiratorias. En asmáticos expuestos diariamente al ozono, se ha reportado un incremento en la incidencia de ataques asmáticos y síntomas respiratorios. El ozono reduce la función pulmonar y hace más difícil la respiración profunda y vigorosa. A concentraciones elevadas de ozono se puede agravar el asma, debido a que el ozono favorece la susceptibilidad del organismo a los alérgenos (agentes que provocan los ataques). Pueden empeorar las enfermedades pulmonares crónicas tales como el enfisema y la bronquitis y reducir la capacidad del sistema inmunológico para defenderse de las infecciones bacterianas (SIMAT 2016).

3. OBJETIVO GENERAL

- Identificar la concentración polínica en diferentes estaciones del año, así como analizar los parámetros meteorológicos que influyen en la dispersión de estas biopartículas atmosféricas.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración total y abundancia específica de granos de polen en los años 2010 y 2012, con base en conteos polínicos de muestras seleccionadas a lo largo de las cuatro estaciones del año.
- Describir el comportamiento de los factores meteorológicos (temperatura y humedad relativa) y de la contaminación atmosférica debida al ozono y las PM10 en el periodo de estudio.
- Evaluar la posible correlación entre los factores meteorológicos, y las concentraciones de ozono y PM10 con la concentración de granos de polen en la atmósfera.

4. ÁREA DE ESTUDIO

Las instalaciones del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México (CCA-UNAM), se encuentra en las coordenadas 19°19'34.29" N y 99°10'34.06 O con una elevación de 2279 msnm dentro de la delegación Coyoacán, con una proporción de 75% de arbolado, que, en combinación con una densidad de población media, da como resultado 18 m² en promedio de áreas verdes por habitante (Figura 1) (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F., 2010). Este espacio es fundamental tanto por su superficie, como por ser un relicto de vegetación nativa. Dentro se encuentra la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel con una extensión de 237 hectáreas, que cuenta con aproximadamente 337 especies vegetales (Kelly & Delgado, 2010). Las áreas verdes que se encuentran próximas al Centro de Ciencias de la Atmósfera, están compuestas de árboles y arbustos tanto introducidos como nativos, *Acacia*, *Alnus*, *Casuarina*, *Cupressus*, *Eucaliptus*, *Fraxinus*, *Jacaranda*, *Ligustrum*, *Liquidambar*, *Morus*, *Pinus*, *Quercus*, *Schinus*, entre otros (Kelly & Delgado, 2010).



FIGURA 1. DELEGACIÓN COYOACÁN (PAOT, 2010)

5. METODOLOGÍA

5.1 CAPTURA DE PARTÍCULAS

El muestreo se realizó durante los periodos que van de marzo del 2010 a marzo del 2011, y de marzo del 2012 a marzo del 2013, utilizando una trampa de esporas de muestreo continuo de 7 días, marca Burkard, basado en el diseño Hirst (1952) (Figura 2), ubicado a una altura de 15 m en la azotea del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México. La trampa de esporas muestrea de forma continua aeropartículas por periodos de hasta 7 días, a través de la utilización de un motor de succión que introduce aire al equipo a un flujo de 10 L/min, que es medido cada semana, para asegurar el mismo flujo durante todo el muestreo. Las partículas conteniendo el polen se introducen por una apertura y son impactadas en una cinta de celofán cubierta de una mezcla de vaselina y hexano que se coloca sobre un tambor móvil que gira 2 mm por hora, que a su vez va dentro del cuerpo del instrumento (Figura 3). El tambor gira por un mecanismo de reloj a una velocidad específica. El muestreador cuenta con una vela que permite orientar la captura de las aeropartículas en dirección del viento. La cinta muestreada fue posteriormente llevada al laboratorio para su procesamiento.



FIGURA 2 TRAMPA DE ESPORAS DE MUESTREO, MARCA BURKARD



FIGURA 3 PREPARACIÓN DEL EQUIPO DE MONITOREO

5.2 PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Aerobiología del Centro de Ciencias de la Atmósfera. El material utilizado para la preparación de las muestras fue el siguiente:

1. Papel estraza. Para su colocación de la mesa de trabajo para la protección de las muestras.
2. Regla de plexigás. Es una regla transparente para la lectura de la cinta. De un centímetro de grosor y con marcas establecidas a modo de hendiduras cada 48 mm. Esto facilita la división de la cinta de Melinex® que se dispone sobre ella (el ancho de la regla es también superior al de la cinta) en fragmentos de 48 mm, correspondientes a 24 horas de muestreo continuado.
3. Portaobjetos. Previo a realizar el corte de la cinta de Melinex® en fragmentos, se habrían dispuesto sobre el papel los portaobjetos etiquetados con la fecha y nombre de la estación de muestreo, cada fragmento de la cinta fue de 48mm correspondientes a un día y se colocó sobre el portaobjeto.
4. Montaje de muestras. El medio fue gelvatol con fucsina. Su composición, incluye 50 ml de glicerina, 7 gr de gelvatol, 1 gr de fenol y una pequeña cantidad de fucsina básica diluidos en 42 ml de agua destilada, mezclada con agitador magnético en campana de extracción debido al carácter tóxico del fenol. La mezcla resultante es de color rosado. El gelvatol es líquido a temperatura ambiente por lo que, utilizando una varilla de vidrio, el medio se extendió sobre

un cubreobjetos de 24 X 50 mm, el cual se colocó sobre la muestra. La preparación se dejó secar una semana y finalmente se limpió y se guardó en cajas para su posterior análisis en el microscopio (Galán *et al.*, 2007).



FIGURA 4 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA COLECTADA POR SEMANA

5.3 CONTEO DE MUESTRAS

Se seleccionaron 30 muestras diarias por estación del año y en ellas se realizaron conteos palinológicos para determinar la concentración horaria de granos de polen y por tipo polínico de las muestras colectadas para la obtención de la concentración de 24 horas, con especial énfasis en la identificación de los 18 principales tipos polínicos considerados alergénicos (*Abies*, *Alnus*, *Asteraceae*, *Casuarina*, Complejo *Amaranthaceae/Chenopodiaceae*, *Cupressus*, *Fraxinus*, *Ligustrum*, *Morus*, *Myrtaceae*, *Pinus*, *Poaceae*, *Quercus*, *Ricinus communis*, *Rumex*, *Salix*, *Schinus* y *Urticaceae*).

El método de conteo consistió en barrer 4 transectos verticales con el objetivo de 40X que corresponden a una hora de muestreo. Este conteo se expresó como granos de polen por metro cubico de aire (gp/m^3), para asegurar la uniformidad de los datos del sitio, tomando en cuenta un factor que considera el volumen de aire muestreado y el área que se está contando del total de la laminilla. Los resultados de los conteos horarios de cada tipo polínico se sumaron para obtener el conteo horario del polen total (Figura 5) (Tabla 2).

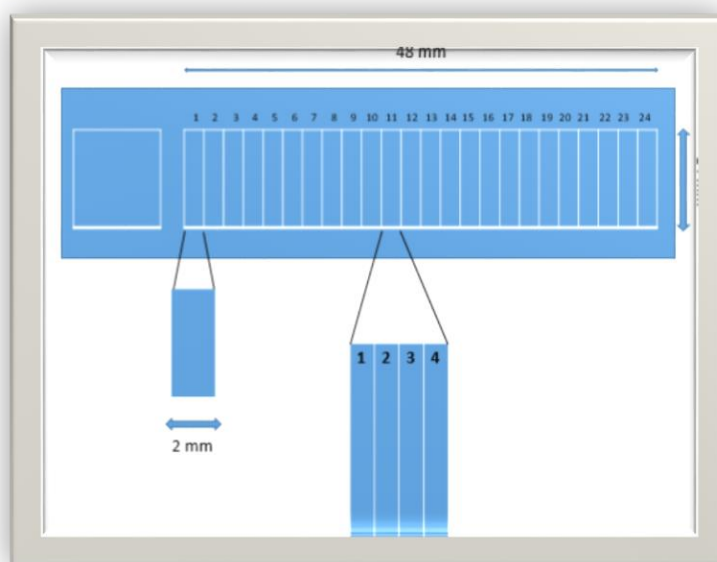


FIGURA 5 MÉTODO DE CONTEO PARA EL BARRIDO DE 4 SEGMENTOS VERTICALES CON UN AUMENTO DE 40X

TABLA 2 FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Zona de estudio:										Fecha						total	gp/m ³
Género	o	1	2	3	4	5	6	7	10	11	20	21	22	24			
familia																	
<i>Abies</i>																	
<i>Alnus</i>																	
<i>Casuarina</i> <i>sp</i>																	
<i>Cupressus</i>																	
<i>Fraxinus</i>																	
<i>Ligustrum</i>																	
<i>Pinus</i>																	
<i>Salix</i>																	

5.4 ÍNDICE POLÍNICO

El índice polínico es un indicador de la abundancia y diversidad polínica en una localidad y es comúnmente utilizado en estudios aeropalínológicos en ciudades de latitudes medias (Ríos-Ramos, 2014). Este se obtuvo sumando las cantidades diarias de polen de cada taxa durante todo el periodo de muestreo, y posteriormente se calculó la abundancia relativa de cada tipo polínico

5.4.1 CALENDARIO POLÍNICO

A partir de los datos obtenidos, se elaboró el calendario polínico con base en las concentraciones de promedios por día para los meses más representativos de época. Los resultados se graficaron con el programa Tilia® versión 1.7.16 (Figura 6).

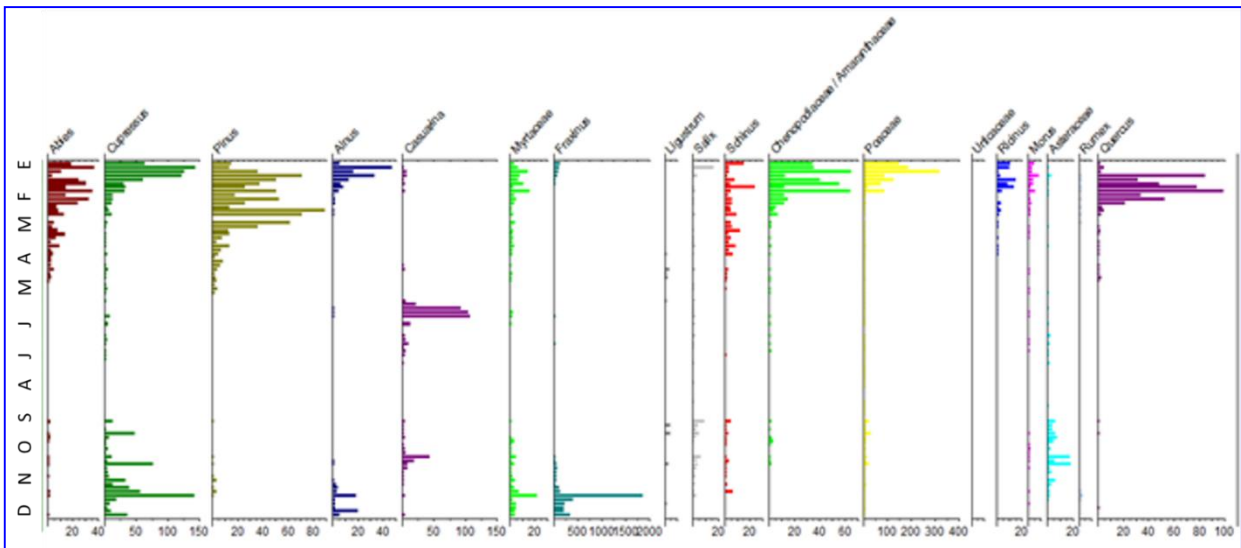


FIGURA 6 GRAFICA MUESTRA DE LAS CONCENTRACIONES DE POLEN (GP/M3)

5.5 ANÁLISIS DE LOS FACTORES METEOROLÓGICOS Y LAS CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Con el propósito de relacionar el efecto de las variables meteorológicas con los perfiles de distribución del polen, se analizaron la temperatura y la humedad relativa, que se obtuvieron de la base de datos de la REDMET que proveen datos meteorológicos cada hora. De igual manera, a partir de la información de la RAMA, se graficaron los niveles de ozono y PM10 en el mismo periodo.

Los datos fueron obtenidos de la estación que se encuentra situada en el suroeste de la Ciudad de México, en la Colonia Pedregal de San Ángel, aproximadamente a 5 km de nuestra estación de muestreo, ubicada en un cobertizo en la parte superior de la segunda planta de la Escuela Primaria. Los equipos se encuentran a 11 metros sobre el nivel del suelo. Las estaciones pertenecen a la Red de Meteorología y Radiación Solar (REDMET) que es el subsistema del Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT) y proveen datos meteorológicos cada hora.

La medición de la temperatura ambiente en la REDMET se realizó con sensores equipados con un semiconductor o resistor sensible a la temperatura, llamado termistor. El termistor es un tipo de transductor pasivo, sensible a la temperatura, que experimenta un gran cambio en la resistencia eléctrica cuando está sujeto a pequeños cambios de temperatura. Los sensores se encuentran montados dentro de una protección metálica con ventilación forzada que lo protege contra la radiación directa del sol y garantiza un flujo constante de aire a través del elemento sensible. La respuesta del sensor es transmitida a un convertidor analógico/digital que transforma el voltaje o corriente del instrumento en una lectura digital que es almacenada y transmitida por el datalogger (Ríos-Ramos, 2014).

Las concentraciones de partículas PM₁₀ durante el periodo de muestreo fueron facilitadas por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) del subsistema del SIMAT, de la estación ubicada en Pedregal. El equipo se encuentra a

aproximadamente 18 m sobre el nivel del suelo. En estas estaciones se utiliza un monitor continuo de partículas. Estos monitores miden directamente la concentración en masa de las partículas, tal como existe en el aire ambiente. El sistema está compuesto por sensores de masa TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance). El único componente de estos instrumentos es un tubo cónico, el extremo ancho es montado sobre una base rígida. Las partículas son colectadas sobre un filtro reemplazable de un diámetro de 0.5 cm que es montado sobre el extremo angosto, el cual oscila libremente. El elemento vibra a una frecuencia que depende de sus propiedades geométricas y mecánicas y de la masa del filtro. Como las partículas son colectadas sobre el filtro, la frecuencia natural del elemento disminuye, calculado de esta manera la masa de las partículas en tiempo real (Finlayson-Pitts & Pitts, 2000).

5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron pruebas de inferencia estadística para comparación de medias, con el fin de analizar los principales patrones de comportamiento del ozono y las PM10, por sitio, mes, día y hora. Inicialmente, se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para determinar si se cumplían con los supuestos de normalidad y homocedasticidad; en caso de que esta suposición no se cumpliera, se utilizó el equivalente análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis.

También se utilizó la correlación de Spearman como una medida de la correlación entre las concentraciones polínicas, ozono y PM10, consideradas como variables aleatorias continuas. La interpretación de coeficiente de Spearman oscila entre -1 y +1, indicándonos asociaciones negativas o positivas respectivamente; cero, significa no correlación, pero no independencia.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 ÍNDICE POLÍNICO

La suma de polen de todos los taxa durante los dos años analizados fue de 342,383 gp/m³, de los cuales 169,011 se encontraron en el 2010 y 173,372 en el 2012. Entre los taxa identificados, 12 fueron arbóreos (*Abies*, *Alnus*, *Casuarina*, *Cupressus*, *Fraxinus*, *Ligustrum*, *Morus*, Myrtaceae, *Pinus*, *Quercus*, *Salix* y *Schinus*), 1 arbustivo (*Ricinus communis*) y 5 herbáceos (Asteraceae, Complejo Chenopodiaceae/Amaranthaceae, Poaceae, *Rumex* y Urticaceae). El polen perteneciente a los taxa arbóreos fue el más abundante, con una proporción de alrededor del 90% para ambos años, con las herbáceas representando un 8% en el 2010 y un 11.7% en el 2012 (Tabla 3) (Figura 7).

Los tipos polínicos más abundantes (representando el 80% del total de cada categoría) en el 2010 son, para las especies arbóreas, *Fraxinus* (49.60%), *Cupressus* (15.98%), *Pinus* (7.90%) y *Casuarina* (5.84%), mientras que las Poaceae (6.26%) y las Urticaceae (0.9%) lo son para las herbáceas. En cambio, para el 2012 las principales arbóreas fueron Myrtaceae (49.83%), *Abies* (13.53%), *Fraxinus* (6.62%), *Pinus* (5.58%) y *Quercus*. (3.93%), mientras que Poaceae (8.13%) fue la principal herbácea detectada.

Las áreas verdes que se encuentran próximas al Centro de Ciencias de la Atmosfera, están compuestas de árboles y arbustos tanto introducidos como nativos, *Acacia*, *Alnus*, *Casuarina*, *Cupressus*, *Eucalipto*, *Fraxinus*, *Jacaranda*, *Ligustrum*, *Liquidámbar*, *Morus*, *Pinus*, *Quercus*, y *Schinus*, entre otros (Kelly & Delgado, 2010).

Por otra parte, Ríos, *et al.*, (2015) reportó durante la etapa de secas - entre octubre 2012 y abril 2013 un total de 62,097 gp/m³ colectados en un área altamente urbanizada de la CDMX (Merced), 90,572 gp/m³ en una moderadamente urbanizada (Coyoacán) y tan sólo 11,991 gp/m³ en una medianamente urbanizada (Iztapalapa). Veintinueve taxa fueron identificados, 20 de ellos arbóreos y 9 herbáceos, con *Fraxinus uhdei* (57%) y Cupressaceae/Taxodiaceae (14.46%) como los más abundantes. Si bien el sitio de muestreo para Coyoacán es el mismo que el del presente trabajo, cabe señalar que los periodos analizados no son exactamente iguales, aunque se traslapan parcialmente.

Nuestros resultados indican que el grupo predominante es Myrtaceae, a diferencia de lo reportado por Ríos, aunque *Fraxinus* es el segundo taxa arbóreo más importante, y *Cupressus* (no la categoría Cupressaceae/Taxodiaceae) no alcanza el 10% de abundancia. Estas diferencias podrían explicarse tanto por la diferencia de los periodos analizados, como por las categorías taxonómica involucradas en el análisis.

TABLA 3 ÍNDICE POLÍNICO DEL 2010 Y 2012

FORMA	TAXA	2010		2012	
		GRANOS DE POLEN/M ³	ABUNDANCIA %	GRANOS DE POLEN/M ³	ABUNDANCIA %
Arboles	<i>Abies</i>	5,077	3.14	23,452	13.53
	<i>Alnus</i>	5,986	3.70	2,635	1.52
	<i>Casuarina</i>	9,446	5.84	3,390	1.96
	<i>Cupressus</i>	25,825	15.98	5,951	3.43
	<i>Fraxinus</i>	80,175	49.60	11,819	6.82
	<i>Ligustrum</i>	313	0.19	8	0.00
	<i>Morus</i>	951	0.59	761	0.44
	<i>Myrtaceae</i>	3,187	1.97	86,393	49.83
	<i>Pinus</i>	12,763	7.90	9,666	5.58
	<i>Quercus</i>	560	0.35	6,819	3.93
	<i>Salix</i>	489	0.30	181	0.10
	<i>Schinus</i>	2,366	1.46	1,047	0.60
Arbustivas	<i>Ricinus communis</i>	1,068	0.66	989	0.57
Herbáceas	Asteraceae	786	0.49	562	0.32
	Complejo Chenopodiaceae / Amaranthaceae	1,047	0.65	5,154	2.97
	Poaceae	10,123	6.26	14,100	8.13
	<i>Rumex</i>	47	0.03	438	0.25
	Urticaceae	1,448	0.90	7	0.00
	Total		161,657	100	173,372

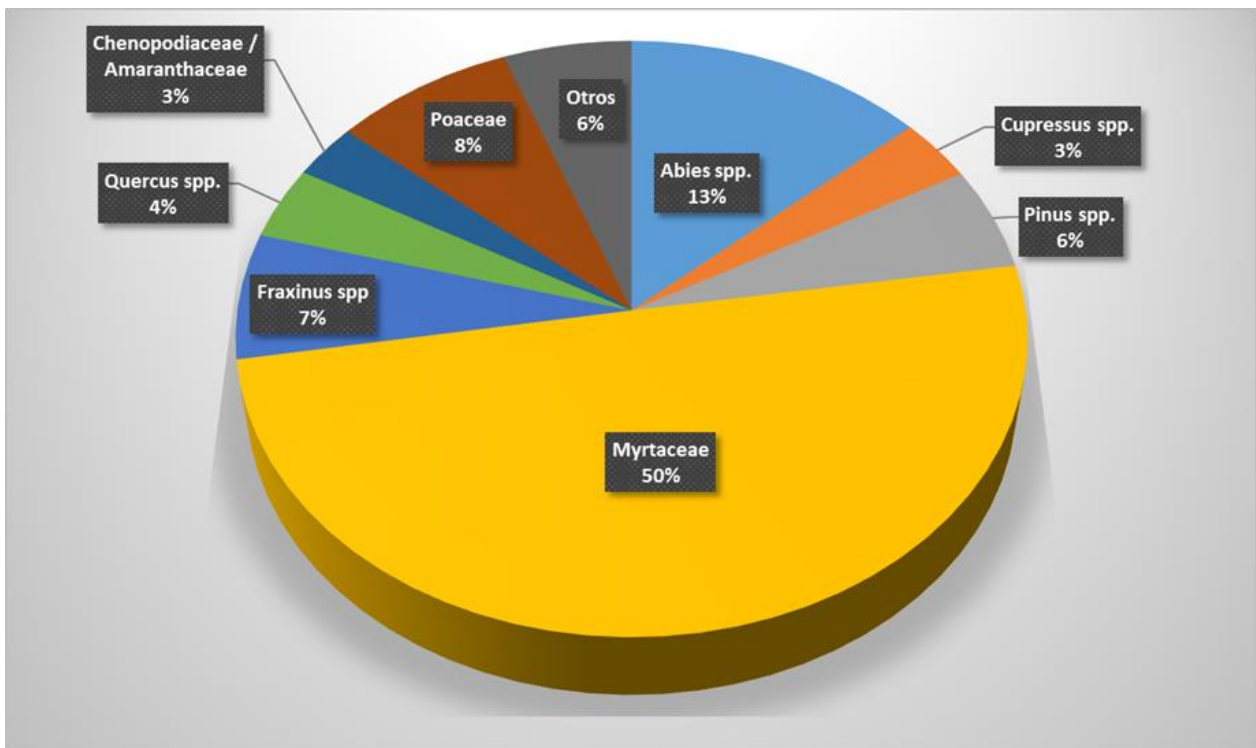
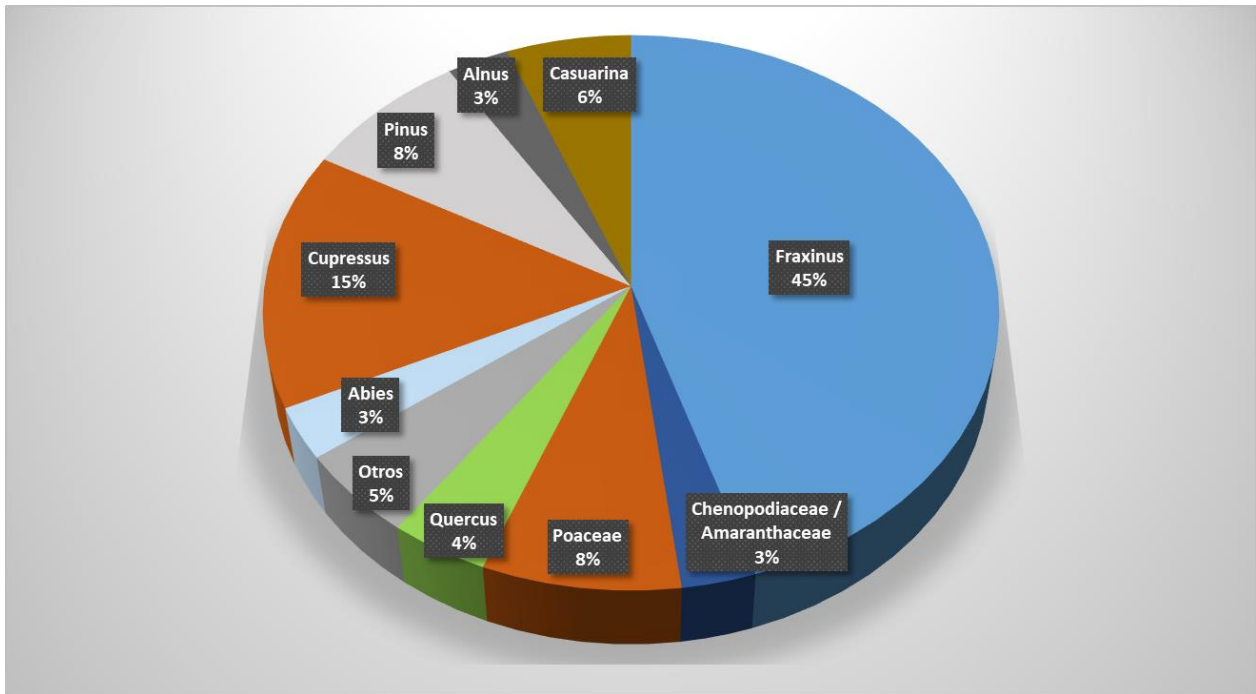


FIGURA 7 PORCENTAJE DE LOS TIPOS POLÍNICOS PERTENECIENTES A LOS TAXA ARBÓREOS Y HERBÁCEAS EN 2010 Y 2012

6.2 COMPORTAMIENTO ESTACIONAL DE LOS TIPOS POLINICOS EN LOS AÑOS 2010 Y 2012

El comportamiento estacional de los índices polínicos para los periodos de estudio 2010 y 2012 se muestran en las siguientes figuras. Para el análisis estacional se consideraron los siguientes periodos: primavera (marzo-mayo), verano (junio-agosto), otoño (septiembre-noviembre) e invierno (diciembre-marzo). Al igual que para el caso del análisis anual total, existen diferencias significativas en el comportamiento global de los pólenes analizados entre ambos años, además de que la situación para cada taxa particular es muy variable al comparar su comportamiento entre los dos periodos anuales.

6.2.1 PRIMAVERA (MARZO-MAYO)

Para el periodo de primavera del 2010, la concentración total fue de 4,695.67 gp/m³, siendo el mes con mayores concentraciones el de marzo con un pico máximo de alrededor de 700 gp/m³. Los tipos polinicos más abundantes para todo el periodo fueron Poaceae (1,045.41 gp/m³), *Pinus* (816.87 gp/m³) y *Cupressus* (678.48 gp/m³), los que representaron alrededor del 55% del total, sin que existiera presencia alguna de *Ligustrum* y Urticaceae (Figura 8).

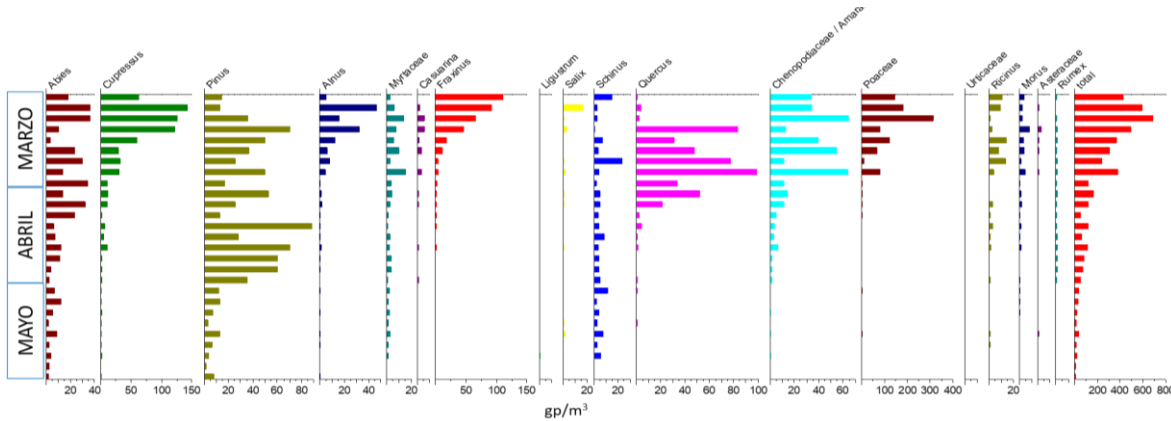


FIGURA 8 CONCENTRACIÓN POLÍNICA EN EL PERIODO DE PRIMAVERA (MARZO-MAYO) 2010

En lo que toca a la primavera de 2012, la concentración total del periodo fue de 1,872.36 gp/m³, con las mayores concentraciones hacia finales de marzo y principios de abril. En este caso, entre los siguientes 5 tipos polinicos puede abarcarse prácticamente la totalidad del polen de la estación: *Fraxinus* (517.22 gp/m³), *Poaceae* (327.36 gp/m³), *Abies* (269.93 gp/m³), *Cupressus* (233.06 gp/m³) y *Pinus* (227.57 gp/m³) (Figura 9).

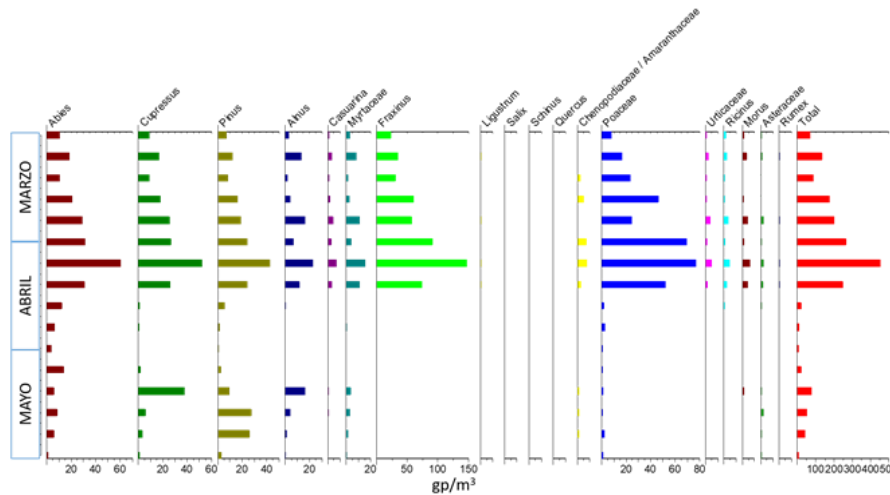


FIGURA 9 CONCENTRACIÓN POLÍNICA EN EL PERIODO DE PRIMAVERA (MARZO-MAYO) 2012

6.2.2 VERANO (JUNIO-AGOSTO)

La concentración total para la estación en el 2010 fue de 598.16 gp/m^3 , presentándose en julio las concentraciones mas altas. Los tipos polínicos predominantes fueron *Casuarina* (371.38 gp/m^3), *Cupressus* (44.66 gp/m^3), *Fraxinus* (39.52 gp/m^3) y *Poaceae* (33.67 gp/m^3) (Figura 10).

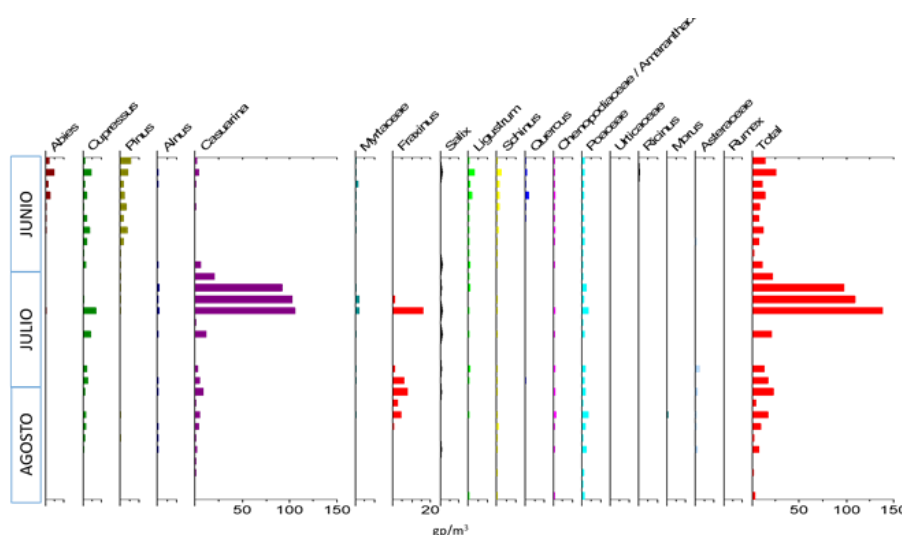


FIGURA 10 CONCENTRACIÓN POLÍNICA EN EL PERIODO DE VERANO (JUNIO-AGOSTO) 2010

Las concentración para el periodo de verano en el 2012 fue de 3,706.11 gp/m^3 , con las concentraciones más elevadas, pero ahora en el periodo julio-agosto, distribuidas de la siguiente manera: en julio 351.94, 293.89, 155.69, 203.47 y 269.79 gp/m^3 ; en agosto fueron de 357.22, 240.28 y 298.79 gp/m^3 . Los tipos polínicos mas predominantes estan *Casuarina* 371.38 gp/m^3 , *Cupressus* 44.66 gp/m^3 , *Fraxinus* 39.52 gp/m^3 y *Poaceae* 33.67 gp/m^3 (Figura 11).

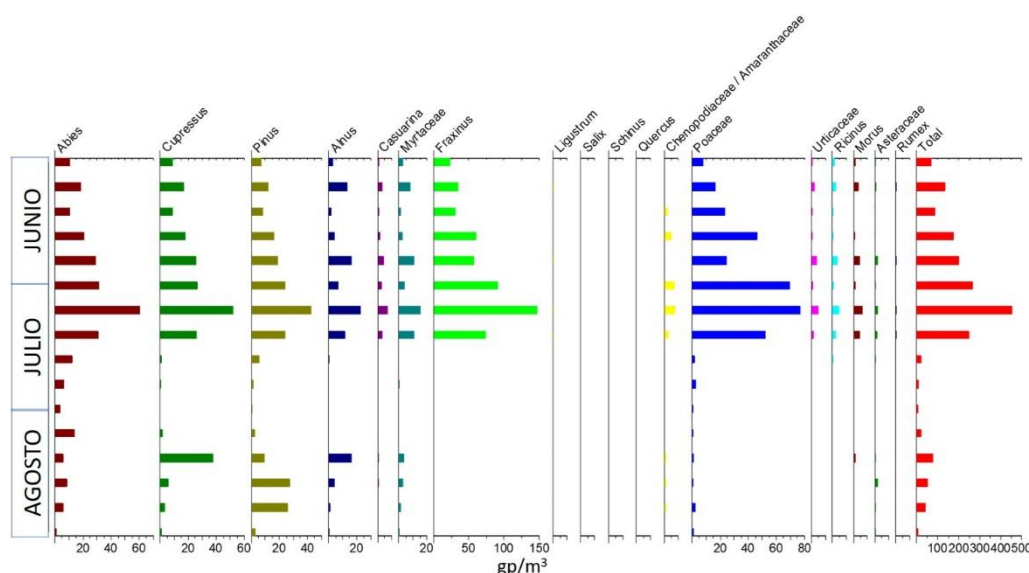


FIGURA 11 CONCENTRACIÓN POLÍNICA EN EL PERIODO DE VERANO (JUNIO-AGOSTO) 2012

6.2.3 OTOÑO (SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE)

En el periodo de otoño de 2010 se encontró una concentración total de 3,343.81 gp/m^3 , con las concentraciones más elevadas hacia el final del periodo con un pico máximo de 2,042.28 gp/m^3 , que representó un incremento de 10 veces el valor del día previo de muestreo (aproximadamente 200 gp/m^3). Las concentraciones de *Fraxinus* y *Cupressus* representaron más del 97% del pico, siendo el primero el responsable de casi el 95% de los granos identificados. Los tipos polínicos predominantes a lo largo de la estación fueron *Fraxinus* (2,362.65 gp/m^3), *Cupressus* (456 gp/m^3), *Poaceae* (130.47 gp/m^3) y *Casuarina* (102.28 gp/m^3) (Figura 12).

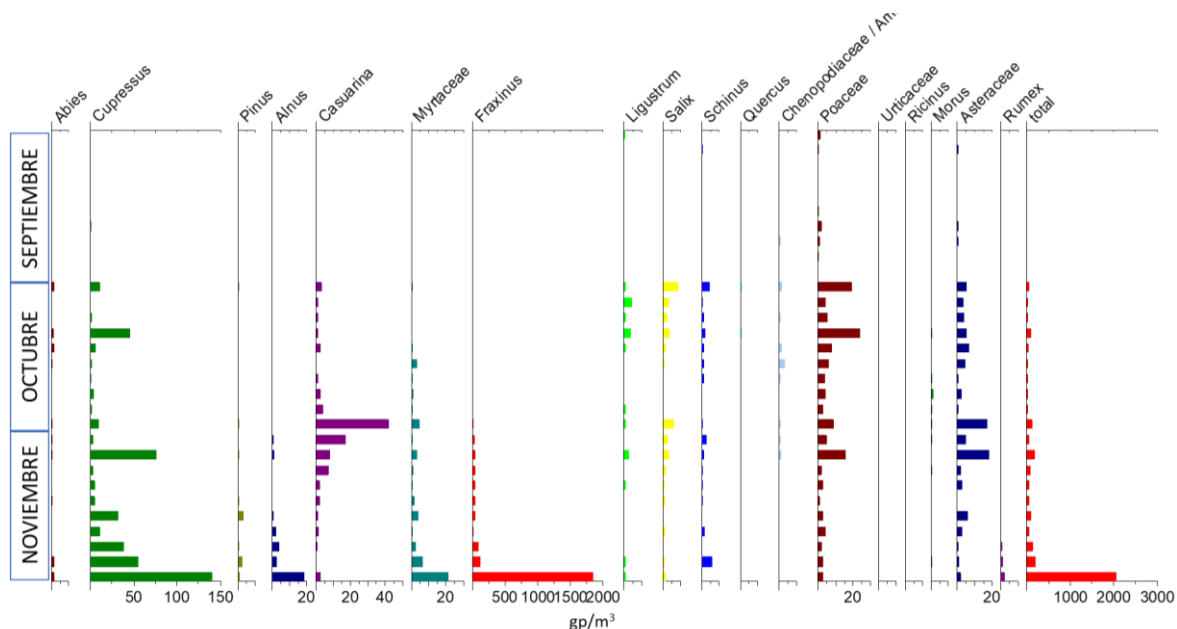


FIGURA 12 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DEL PERIODO DE OTOÑO 2010

El comportamiento de las concentraciones polínicas en el otoño del 2012 fue totalmente diferente al observado en el 2010. La presencia del polen se encuentra predominantemente concentrada en el mes de septiembre, con una pequeña proporción a inicios de octubre y hacia el final del periodo, en la segunda mitad del mes de noviembre. La concentración total es de 1,912.01 gp/m³, lo que representó solamente el 60% del valor correspondiente al 2010. *Fraxinus* (651.32 gp/m³) y *Cupressus* (214.44 gp/m³) se mantienen aportando una parte importante del total, pero en conjunto representan menos del 50% de la muestra; ahora, *Poaceae* (320.28 gp/m³), *Abies* (215.07 gp/m³), *Pinus* (154.44 gp/m³) y *Alnus* (127.43 gp/m³) en conjunto representaron cerca del 40% del resto de la muestra (Figura 13).

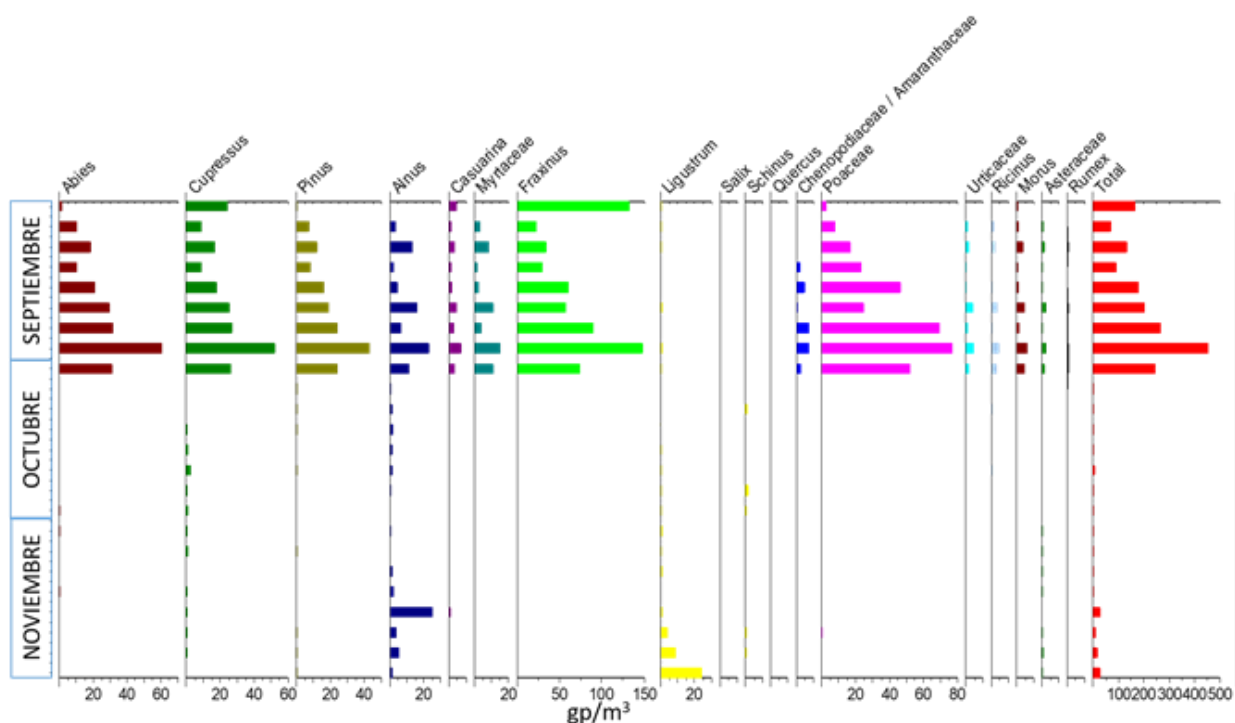


FIGURA 13 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DEL PERIODO DE OTOÑO 2012

6.2.4 INVIERNO (DICIEMBRE-FEBRERO)

La concentración total del periodo de invierno de 2010 fue de 11,629.17 gp/m^3 , la más elevada para todo el periodo, siendo las concentraciones más altas las que se presentaron hacia fines de diciembre y la primera mitad de enero. Los tipos polínicos con valores más altos fueron *Fraxinus* (8,354.31 gp/m^3), *Cupressus* (1,971.81 gp/m^3), *Alnus* (589.38 gp/m^3), *Pinus* (109.72 gp/m^3), *Casuarina* (108.19 gp/m^3) y *Myrtaceae* (187.19 gp/m^3) (Figura 14).

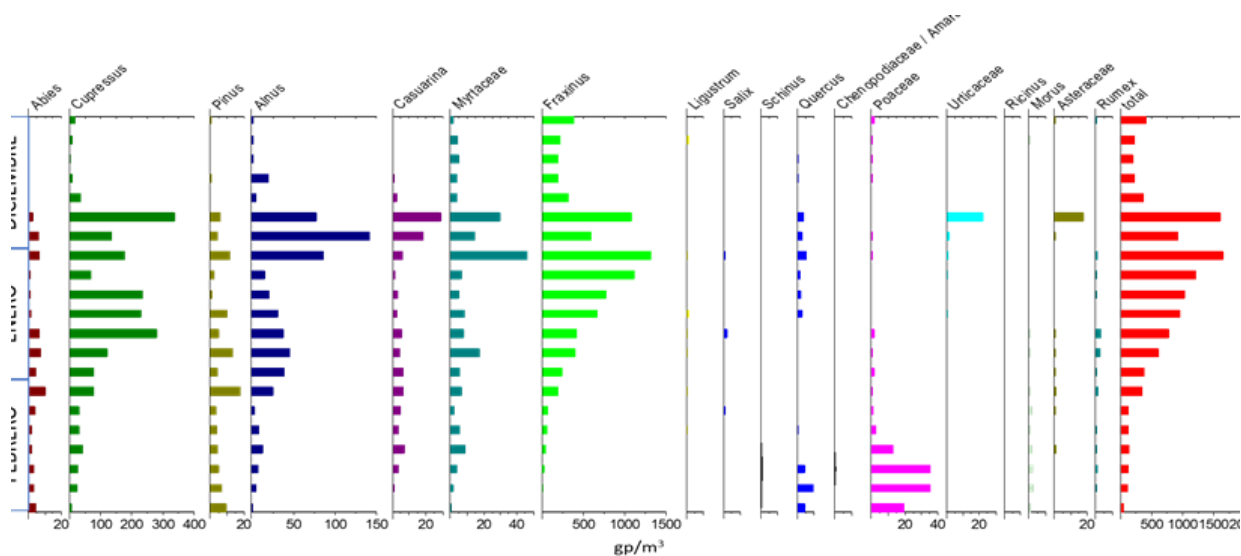


FIGURA 14 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DEL PERIODO DE INVIERNO 2010

La concentración total del periodo de invierno de 2012 fue de 4,160.35 gp/m³, alrededor del 35% con respecto al año anterior. Durante este año, las concentraciones más altas se presentaron, al igual que en el 2010, en la primera quincena del mes de enero, pero se encontró otro pico de igual magnitud a lo largo de febrero. Los tipos polínicos con valores más altos fueron *Fraxinus* (2,484.44 gp/m³), *Cupressus* (597.50 gp/m³), *Ligustrum* (551.32 gp/m³) y *Alnus* (218.96 gp/m³). Es interesante señalar que, a diferencia del 2010, en donde los dos primeros taxa comprendieron cerca del 90% del total del polen encontrado, ahora en conjunto no alcanzaron el 80% del valor global, además de la presencia de *Ligustrum*, que no había sido relevante en ninguno de los periodos estacionales previamente analizados (Figura 15).

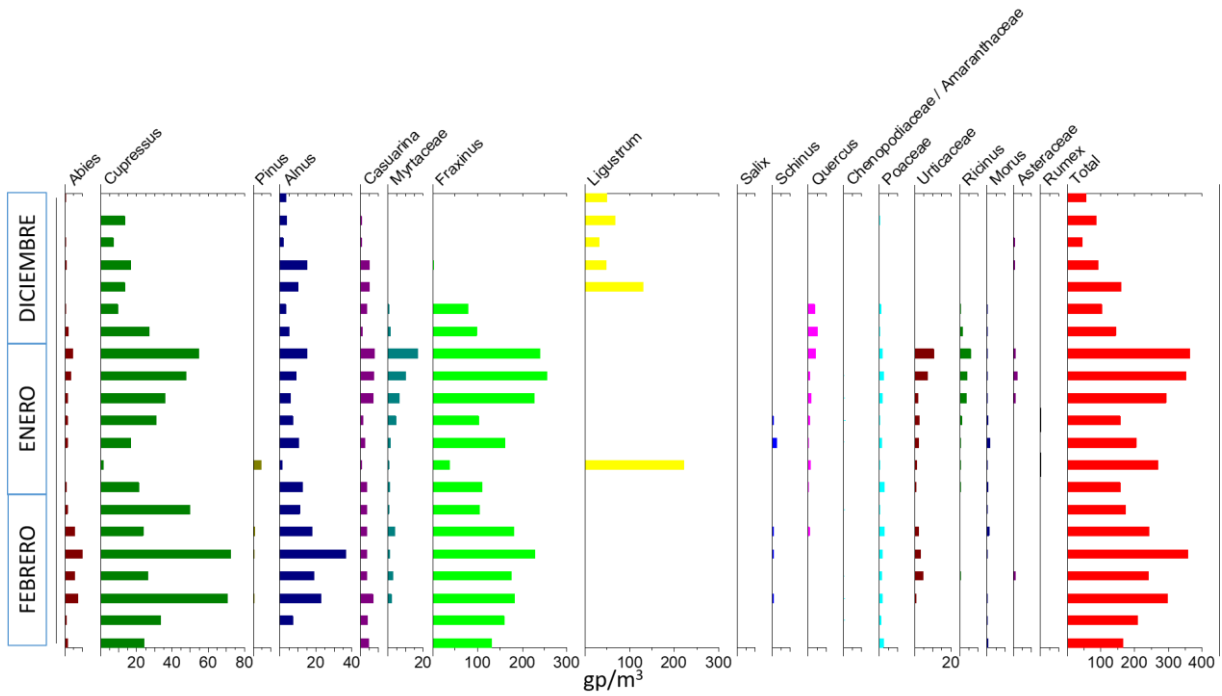


FIGURA 15 CONCENTRACIÓN POLÍNICA EN PERIODO DE INVIERNO 2012

Cuando se analizan todos los datos en forma global, se ven algunas variaciones que son importantes de señalar en el comportamiento de los principales taxa de un año a otro. Así, en el 2010, los principales tipos polinicos que predominaron fueron *Fraxinus* (en otoño e invierno), *Casuarina* (en verano, prácticamente con la totalidad de la muestra) y ambos, junto con *Abies*, *Cupressus* y *Pinus*, en primavera (Figura 16).

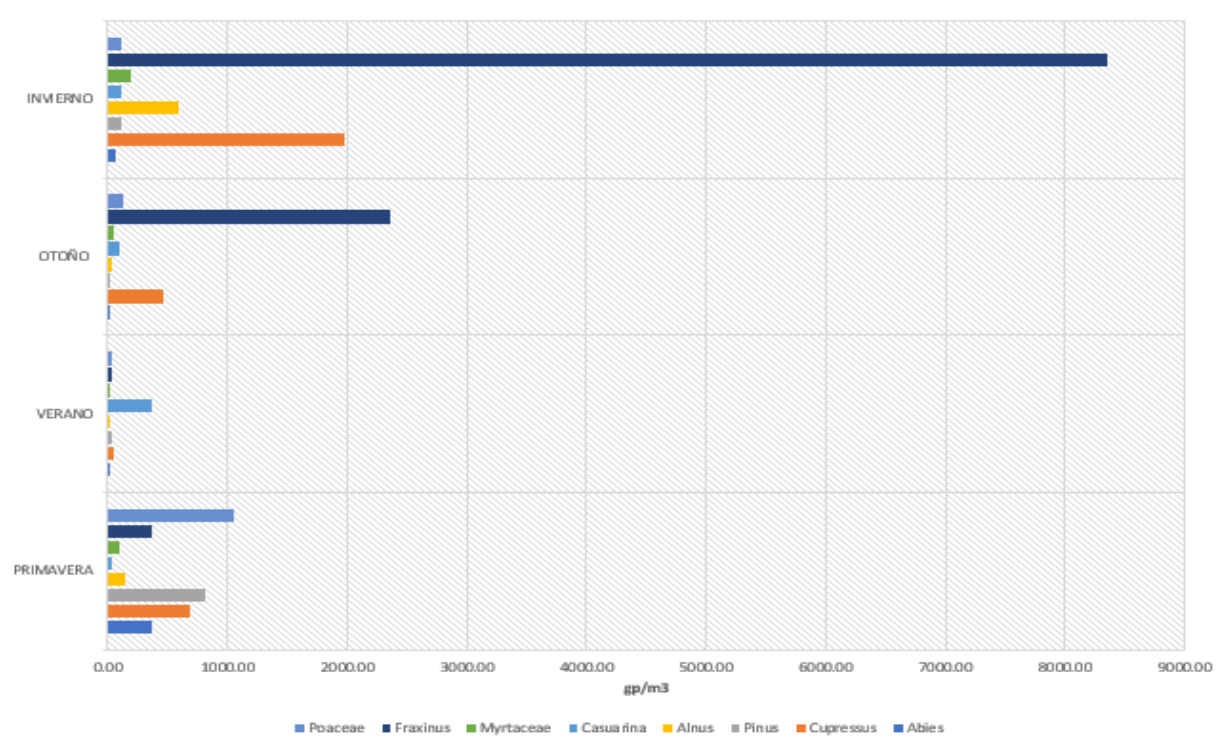


FIGURA 16 COMPARACIÓN DE LOS TIPOS POLÍNICOS MÁS ABUNDANTES DURANTE LOS CUATRO PERIODOS DEL AÑO 2010

En cambio, cuando se analizaron los cuatro periodos estacionales del 2012, el tipo polínico que predominó a lo largo del año fue *Fraxinus*, con aportaciones importantes de *Cupressus* (en todo el periodo), y de *Poaceae* (primavera y otoño) y *Ligustrum* (en invierno) (Figura 17).

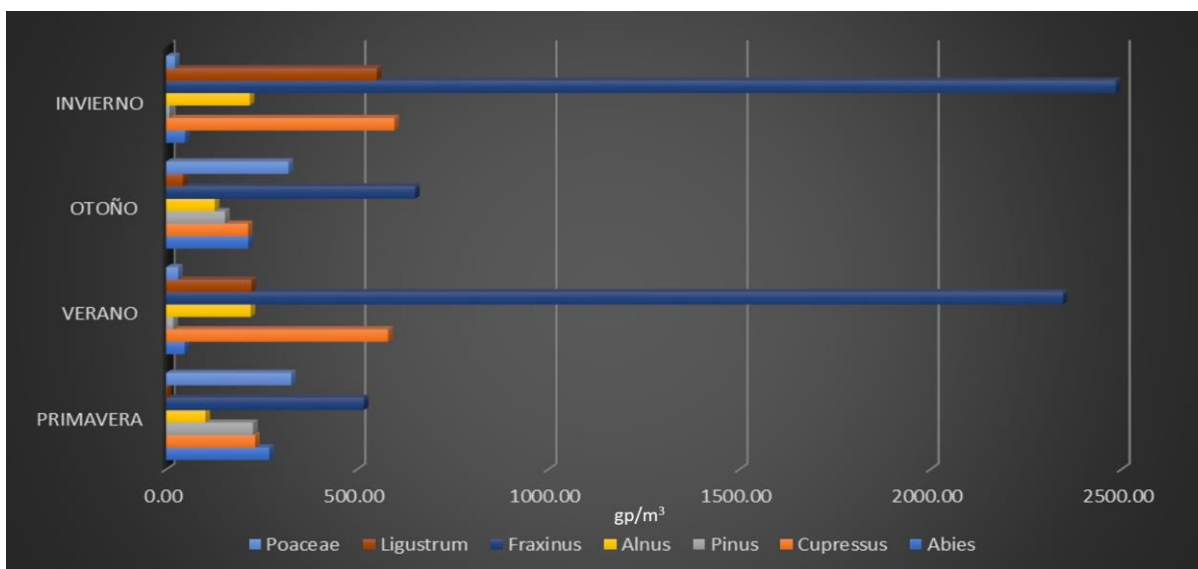


FIGURA 17 COMPARACIÓN DE LOS TIPOS POLÍNICOS MÁS ABUNDANTES DURANTE LOS CUATRO PERIODOS DEL AÑO 2012

En función de los diferencia en los datos obtenidos en los cortes estaciones entre los dos años estudiados, se consideró necesario afinar el análisis de los resultados a nivel mensual para poder obtener una información más detallada e intentar una explicación del fenómeno basada, tanto en las características biológicas de las especies estudiadas, como tomando en cuenta las variables meteorológicas que pudieran influir en su comportamiento.

6.3 COMPORTAMIENTO DE LOS INDICES POLÍNICOS EN CORTES MENSUALES DURANTE LOS PERIODOS DE ESTUDIO

En el 2010, las concentraciones mensuales más elevadas de los tipos polinicos se presentaron en los meses de enero a abril y diciembre, mientras que en el 2012 las concentraciones totales de polen se mantuvieron elevadas prácticamente durante todo el año, a excepción de los periodos mayo-junio y octubre-noviembre (Figura 18).

En cuanto a los taxa más abundantes, en el 2010, *Fraxinus* y *Cupressus* (con un 65% del total anual) parecen ser los responsables de las concentraciones elevadas a inicio del año, mientras que solamente el primero parece serlo del pico al final del periodo. Como se muestra en la Tabla 4, *Fraxinus* alcanza picos de alrededor de 1,500 gp/m³ en enero y cerca de 2,000 gp/m³ en diciembre, mientras que *Cupressus* alcanza máximos de alrededor de 300 gp/m³ a principio de año. En este año, solamente dos taxa tuvieron una concentración polínica lo suficientemente baja como para no poder definir un mes en que ésta fuera significativamente mayor (*Ligustrum* y *Rumex*).

Un comportamiento semejante con concentraciones máximas en el mes de enero se presenta para *Alnus*, Myrtaceae y Urticaceae, mientras que los picos de *Abies*, Poaceae y *Salix* se presentan hacia el mes de marzo, y los de Amaranthaceae/Chenopodiaceae, *Pinus*, *Quercus*, *Ricinus communis* y *Schinus* se presentan en abril, ya iniciada la primavera.

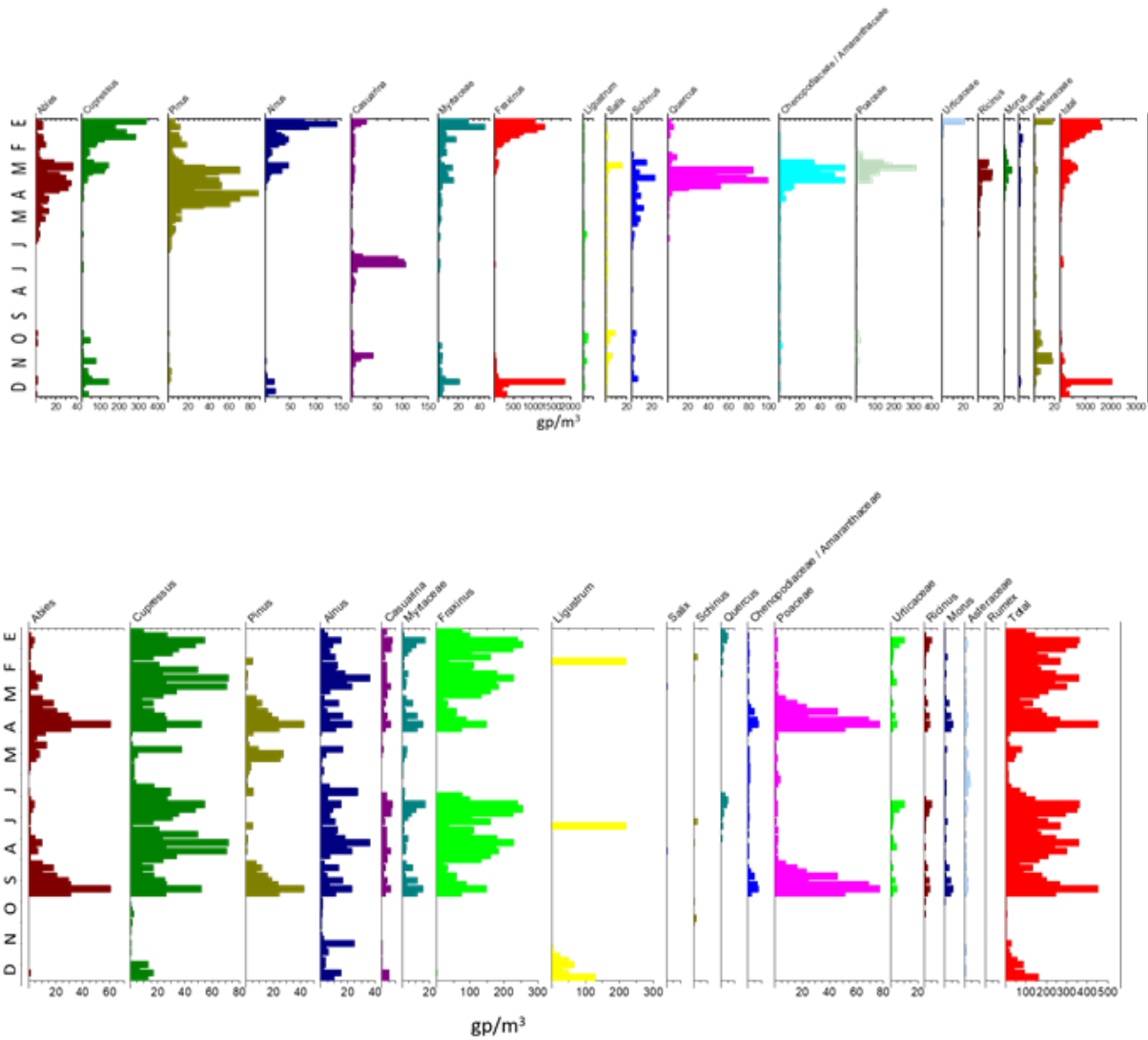


FIGURA 18 CONCENTRACIÓN A LO LARGO DEL AÑO DE LOS TIPOS POLÍNICOS DURANTE EL 2010 Y 2012 (gp/M3)

Cabe señalar que durante este año, solamente *Fraxinus* y *Salix* tuvieron un comportamiento que pudiera llamarse bifásico, ya que presentaron dos diferentes periodos mensuales con concentraciones polínicas elevadas. Dada la prevalencia del primero como componente principal, este patrón se reflejó al considerar el periodo anual para el polen del total de las especies.

Tabla 4 Concentraciones mensuales de los tipos polínicos

TIPO POLINICO	2010	2012
<i>Abies</i>	Marzo	Abril Septiembre
<i>Alnus</i>	Enero Agosto	Marzo Agosto
Amaranthaceae- Chenopodiaceae	Marzo	Abril Septiembre
Asteraceae	Marzo Septiembre	No significativo
<i>Casuarina</i>	Febrero Agosto	A lo largo del año*, excepto Junio y Octubre-Noviembre
<i>Cupressus</i>	Febrero Agosto	A lo largo del año, excepto Octubre-Noviembre
<i>Fraxinus</i>	Enero Febrero Agosto	Enero-Abril Julio-Septiembre
<i>Ligustrum</i>	No significativo	Febrero Julio Diciembre
Moraceae	Marzo	Abril Septiembre
Myrtaceae	Enero	A lo largo del año, excepto Octubre-Diciembre
<i>Pinus</i>	Abril	Abril Septiembre
Poaceae	Marzo	Abril Septiembre
<i>Quercus</i>	Abril	Enero Julio
<i>Ricinus communis</i>	Abril	A lo largo del año, excepto Mayo-Junio y Noviembre- Diciembre
<i>Rumex</i>	No significativo	No significativo
<i>Salix</i>	Marzo Octubre	No significativo
<i>Schinus</i>	Abril	No significativo
Urticaceae	Enero	Enero Julio

*Se aplica esta categorización cuando no existe un mes con concentraciones polínicas de al menos el doble del promedio mensual para el periodo anual correspondiente.

En comparación al 2010, durante el periodo anual 2012 el comportamiento de todos los taxa varía considerablemente, tanto en lo correspondiente al mes de máxima concentración polínica, como en lo que toca al comportamiento anual global. Para ningún taxa se tiene un mes claramente sobresaliente en cuanto a la máxima concentración polínica, sino que en todos los casos se ubican meses diferentes con concentraciones elevadas no sólo con un comportamiento bifásico (*Abies*, *Alnus*, *Amaranthaceae-Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Moraceae*, *Pinus*, *Poaceae*, *Quercus* y *Urticaceae*), sino con tres meses separados con concentraciones elevadas (*Ligustrum*) o incluso con altas concentraciones polínicas a lo largo de todo el año, a excepción de algunos meses, consecutivos o no, lo que se indica como a lo largo del año en la Tabla 4.

Cabe también señalar que, a diferencia de lo sucedido en el 2010, fue el doble el número de taxa para el que no fue posible determinar un pico mensual claro debido al escaso número de granos detectado (*Asteraceae*, *Rumex*, *Salix* y *Schinus*).

Los diferentes comportamientos de los taxa en los dos periodos anuales considerados podrían reflejar diferentes condiciones climáticas (temperatura, precipitación) que afectaran la fenología de los grupos, modificando los periodos de floración y, en consecuencia, la presencia de polen en la atmósfera.

Así, por ejemplo, en 1940, Salazar-Mallén determinó que durante la temporada de lluvias en el Distrito Federal, el polen dominante en la atmósfera pertenecía a las familias Poaceae y Compositae, mientras que, en la estación seca, la concentración de polen se caracterizó por una mayor densidad y estaba dominado por *Alnus*, *Cupressus*, *Pinus*, *Populus* y *Quercus*, siendo el primero el más abundante. En 1961, Ramírez & Rodríguez llevaron a cabo un estudio ilustrado de los pólenes del aire más comunes y reportaron 12 géneros de árboles, 11 géneros de malezas y 8 géneros de gramíneas.

González-Lozano *et al* (1999) reportan que la distribución de polen en la atmósfera durante la temporada de secas estuvo determinada principalmente por la floración de tres taxa de árboles (*Alnus*, *Cupressus* y *Fraxinus*), las que tuvieron su máxima contribución a la atmósfera en enero y febrero. Se observó un segundo pico importante durante marzo, el que estuvo determinado por la floración de *Jacaranda* y *Pinus*.

6.4 INDICES POLÍNICOS DIARIOS DURANTE LOS PERIODOS DE ESTUDIO

Las concentraciones polínicas medias en los diferentes días a lo largo de cada uno de los meses del año tiende a mantenerse relativamente constante en ambos periodos analizados, si bien pueden encontrarse diferentes comportamientos, dependiendo del mes específico que sea analizado.

6.4.1 PERIODO ANUAL 2010

Existe un intervalo que inicia en la segunda quincena del mes de enero y termina en la primera quincena de febrero, en que la concentración polínica disminuye por debajo de los 200 gp/m³, e incluso en la primera de éstas no llega a detectarse polen. Periodos con el mismo comportamiento se observan a principios de marzo, finales de abril, las primeras quincenas de julio y agosto, así como prácticamente todo el mes de noviembre y la primera quincena de diciembre (Figura 19).

Es interesante señalar que este detalle de comportamiento en las concentraciones polínicas no se apreciaba cuando el análisis abarcó la totalidad de cada mes, como se señaló en el inciso anterior.

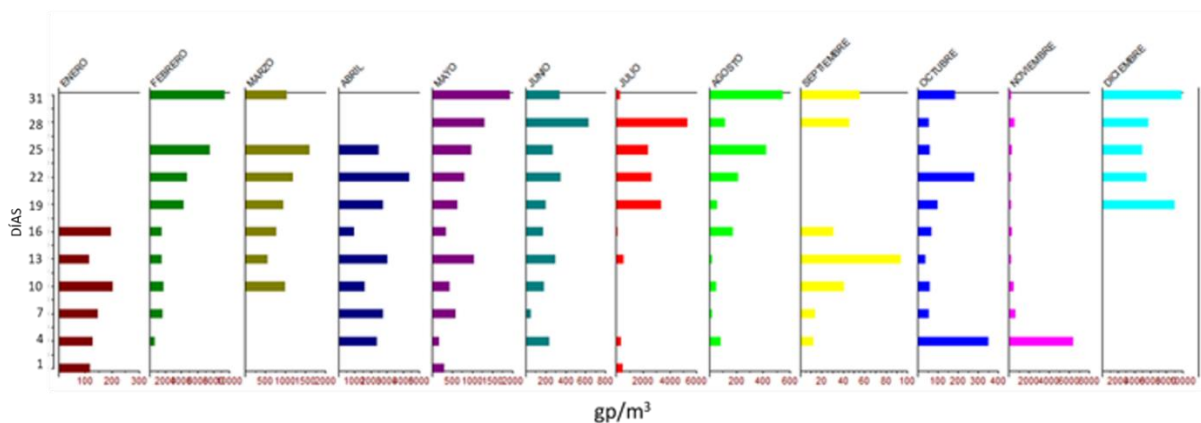


FIGURA 19 CONCENTRACIÓN POLÍNICA DIARIA EN LOS DIFERENTES MESES DEL AÑO 2010

6.4.2 PERIODO ANUAL 2012

Al igual que en el 2010, existen días a lo largo de los diferentes meses en que no fue posible detectar polen en los muestreos, en algunos casos semejantes a lo detectado en ese año (como ejemplo, a fines de enero y principios de febrero o primera quincena de diciembre), pero en otros casos el comportamiento fue totalmente diferente (Figura 20).

Un ejemplo claro de esto lo encontramos en las primeras quincenas de los meses de mayo y junio, que en el 2010 presentaron valores promedio alrededor de los 400-500 gp/m³, mientras que para el 2012 no se encontró polen en las muestras analizadas.

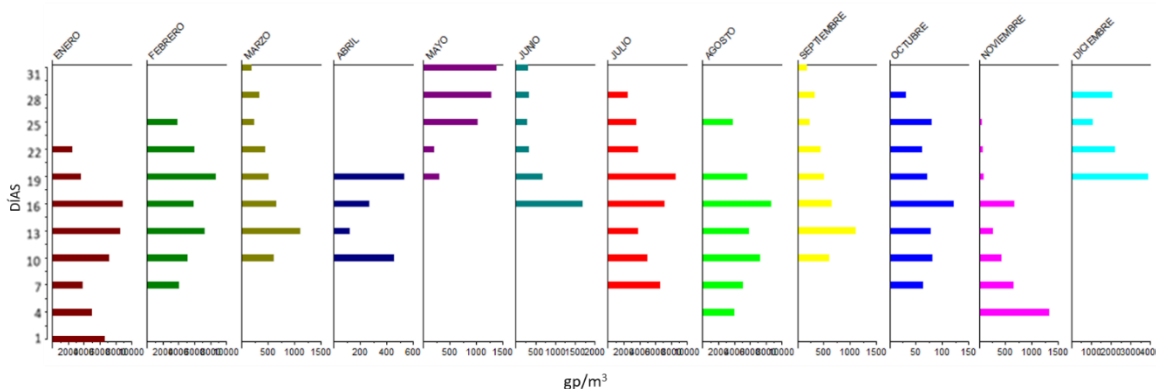


FIGURA 20 CONCENTRACIÓN POLÍNICA DIARIA EN LOS DIFERENTES MESES DEL AÑO 2012

6.5. COMPORTAMIENTO DE LAS CONCENTRACIONES POLÍNICAS A LO LARGO DEL DÍA EN AMBOS PERIODOS DE ESTUDIO

Con el propósito de determinar si algunos otros parámetros meteorológicos, además, pueden explicar el comportamiento del polen en el periodo estudiado, se analizó éste desde una perspectiva horaria, ya que es muy evidente que variables tales como la temperatura o los patrones de viento, presentan valores diferentes a lo largo del día.

Para obtener las concentraciones polínicas (Figura 21), los valores totales de dichas concentraciones para cada día del mes indicado en cada intervalo horario a lo largo de las 24 horas de cada día, fueron promediados y graficados.

En este caso, existe una tendencia similar en ambos años, con polen presente a lo largo de todo el día en los periodos invernales. Sin embargo, en el caso de los periodos de verano (junio-agosto), en los cuales la concentración polínica total es mucho menor,

en el 2010 el polen se encuentra presente principalmente entre las 10 y las 17 horas, siendo indetectable durante la noche; el mismo comportamiento se presenta en el otoño (septiembre-noviembre), aunque las concentraciones totales son significativamente mayores (figura 21).

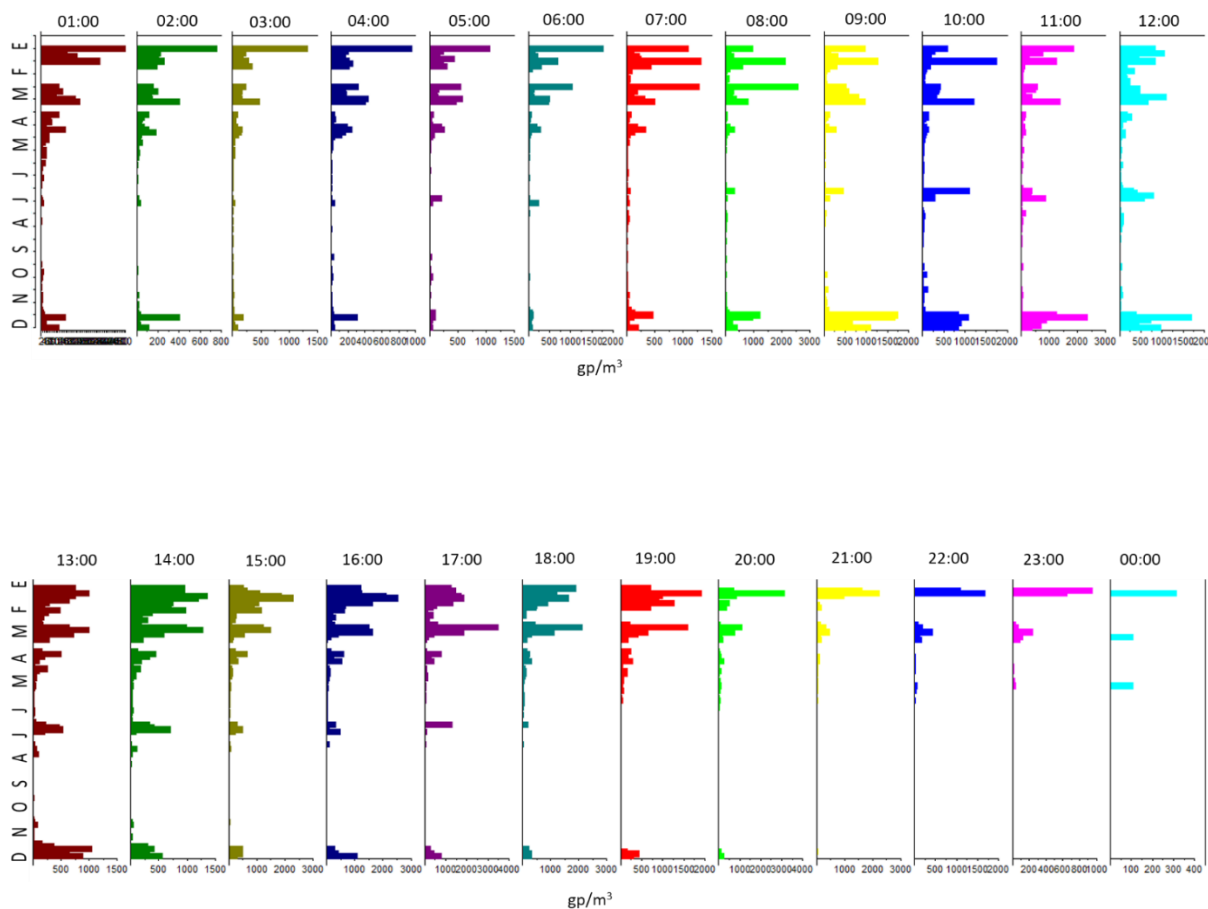


FIGURA 21 CONCENTRACIONES POLÍNICAS PROMEDIO PARA CADA PERIODO HORARIO A LO LARGO DEL AÑO 2010

En cambio, en el 2012 las concentraciones horarias presentan un comportamiento más homogéneo durante todo el año las concentraciones, e incluso se llegan a presentar concentraciones altas en los periodos de verano (Figura 22). Solamente en el mes de

noviembre se llegan a presentar comportamientos análogos al de verano del 2010, con polen presente principalmente en el intervalo horario que inicia a las 12 horas y se extiende hasta las 22 horas.

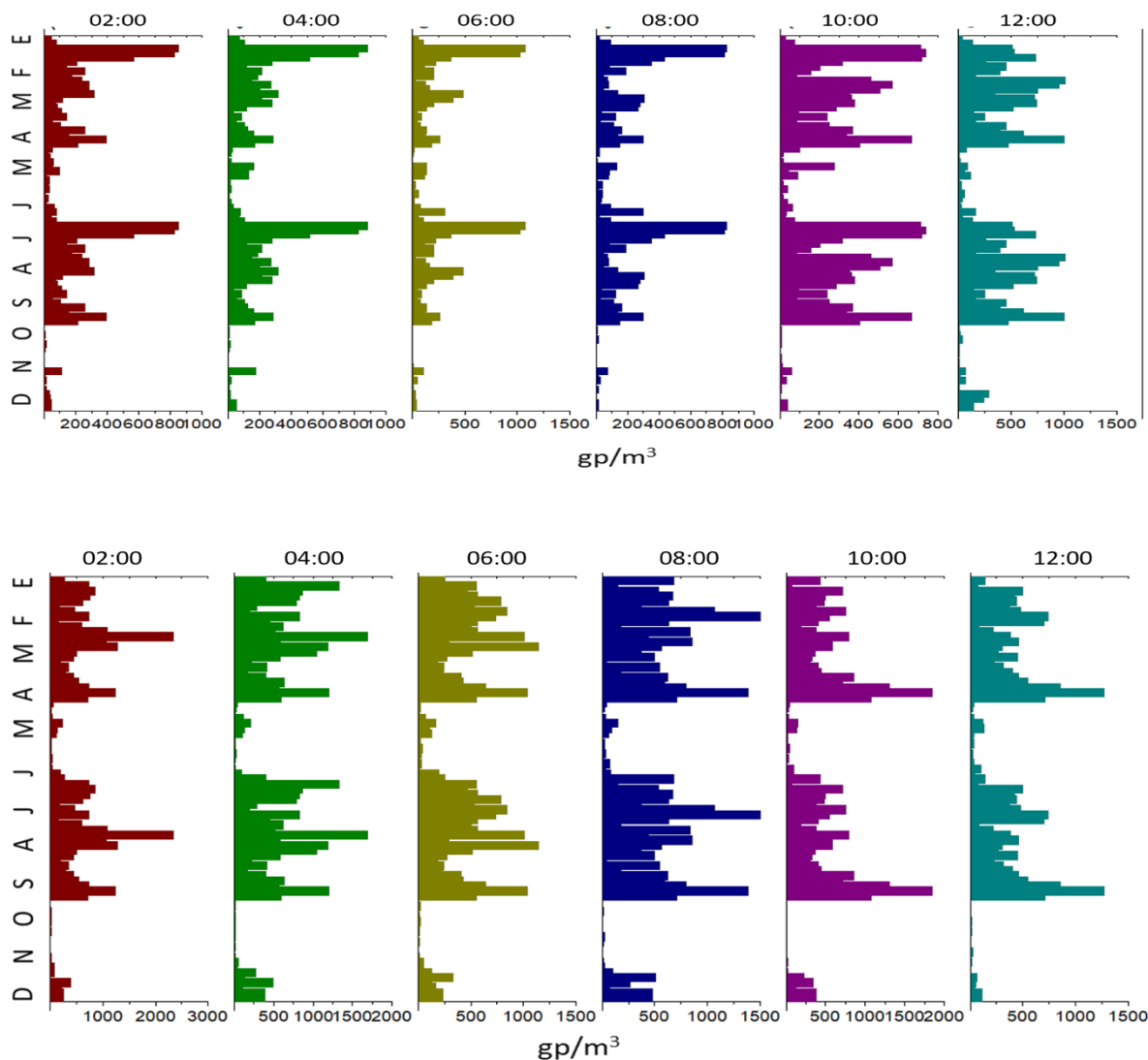


FIGURA 22 CONCENTRACIONES POLÍNICAS PROMEDIO PARA CADA PERIODO HORARIO A LO LARGO DEL AÑO 2012

La abundancia del polen es la época de mayor abundancia anual de pólenes es el tiempo de sequía (noviembre a abril), debido a que en esta temporada muchos árboles polinizan, además de que los elementos meteorológicos presentes en este periodo como son la humedad relativa baja, poca precipitación pluvial y la alta velocidad del viento ayudan a la suspensión y transportación de los pólenes en el ambiente. Por el contrario, en la temporada de lluvias (mayo a octubre) hay menor riqueza y bajas concentraciones de polen, por la elevada precipitación y la alta humedad relativa (Teran *et al.*, 2009).

6.6 EFECTO DE LOS FACTORES METEOROLOGICOS SOBRE LAS CONCENTRACIONES POLINICAS

Diversos autores han señalado que los diferentes factores meteorológicas pueden tener una incidencia sobre la presencia del polen en la atmósfera, ya que influyen tanto sobre el tiempo que estas biopartículas pueden mantenerse en suspensión, como en las distancias que pueden alcanzar en procesos de dispersión mediados por el viento, a partir de su punto inicial de origen (Bronillet, 1992, Rosales, 1985, Salazar, 1995), dependiendo esto también de la morfología y las características aerodinámicas del polen (Linares, 2007, Benito-Rica, 2003).

En este sentido, se ha encontrado que las concentraciones de polen se correlacionan positivamente con la temperatura, la velocidad y dirección del viento; así mismo existe una correlación negativa entre la concentración de polen y la presión atmosférica, la

humedad relativa y la lluvia (Bronillet, 1992, Rosales, 1985, Salazar, 1995). Por otra parte, la humedad relativa y la temperatura pueden modificar la fenología de las plantas, y alterar en consecuencia, la aparición de su polen en la atmósfera de manera estacional.

Si bien es posible acceder a través de las bases de datos de la REDMET y de la RAMA a los valores de todos los factores meteorológicos en los periodos estudiados, para efectos de esta tesis y en virtud de la información previa existente, se seleccionaron únicamente los valores de temperatura (T) y humedad relativa (HR) para buscar alguna correlación con el comportamiento de los taxa con pólenes más abundantes. Cabe señalar que los datos correspondientes a los meses de enero y febrero de 2010 no se encontraron registrados para HR en las bases de datos utilizadas, ni para T en los primeros 3 meses del mismo año, por lo que aparecen como cero en los gráficos correspondientes.

6.6.1 ABIES

En ambos años, con respecto a la HR, se observa que sólo para algunos meses la concentración del polen disminuye cuando aumenta la humedad, lo cual parece coincidir con la temporada de lluvias. En cuanto a la temperatura para 2010 y 2012, se observa que no parece haber correlación alguna con respecto a las concentraciones polínicas a lo largo del año (Figura 23).

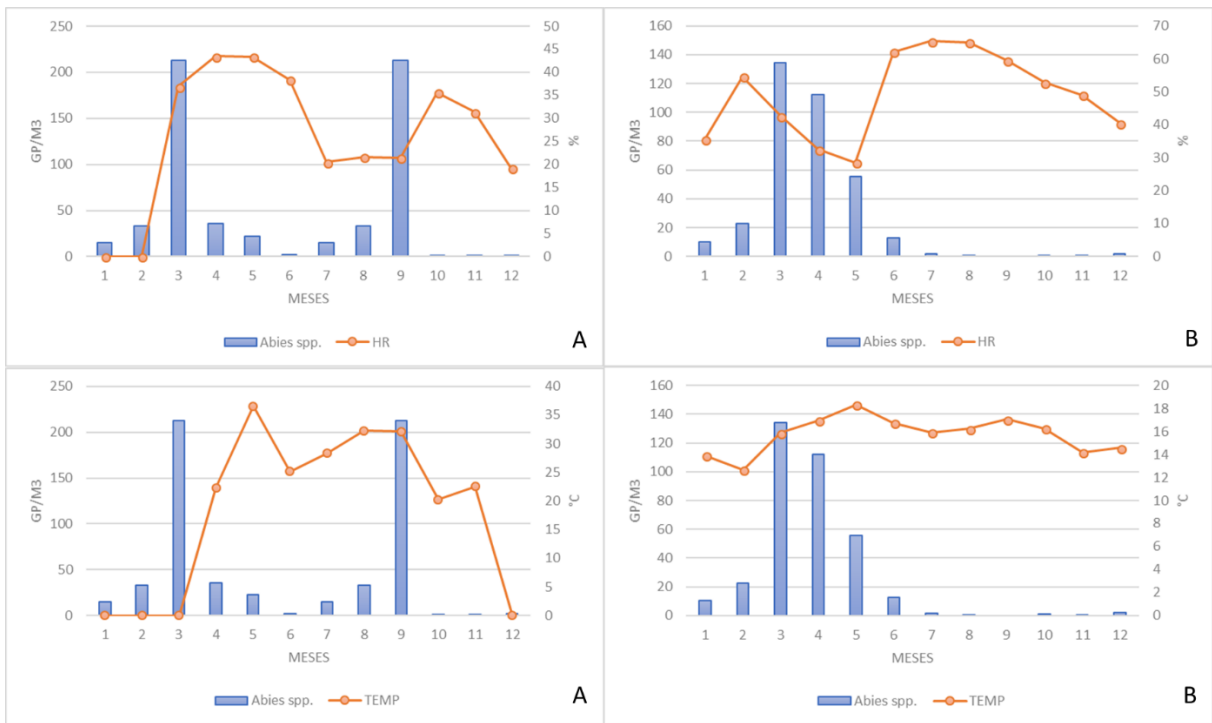


FIGURA 23 COMPARACIÓN DE ABIES CON HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA EN 2010 (A) Y 2012 (B)

6.6.2 ALNUS

Para este tipo polínico se observó una marcada diferencia en su comportamiento entre los dos años. En 2010, en los meses de mayo a junio y de octubre a diciembre, las concentraciones disminuyeron a medida que la humedad aumentaba, mientras que para el 2012, el polen desapareció después de marzo, independientemente de los valores de HR. La temperatura no tiene relación con la concentración de *Alnus* en el 2012, pero sí parece existir una correlación en los meses de verano del 2010, ya que al aumentar la temperatura, la concentración se incrementa (Figura 24).

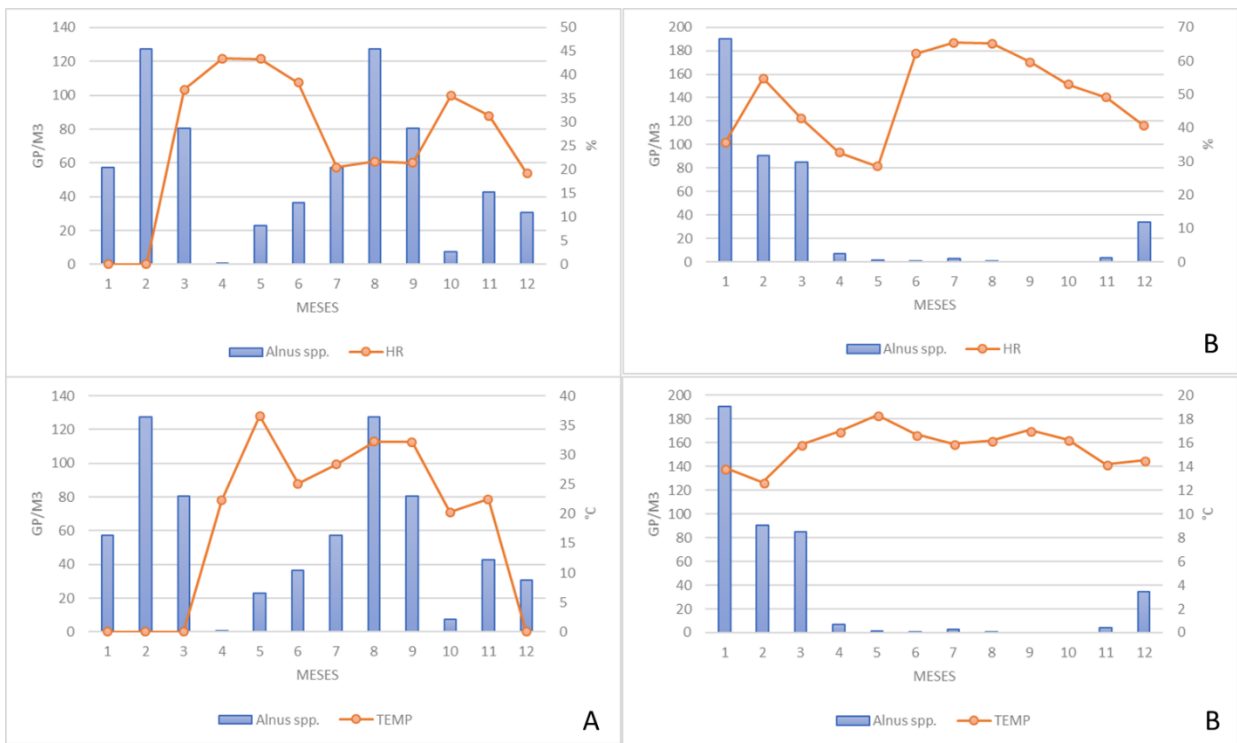


FIGURA 24 COMPARACIÓN DE ALNUS CON HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA EN 2010 (A) Y 2012 (B)

6.6.3 CASUARINA

Para *Casuarina* se observa que cuando aumenta la humedad, la concentración disminuye para los dos años, a excepción de un comportamiento atípico en julio del 2012. Por otra parte, de julio a agosto de 2010, al aumentar la temperatura las concentraciones de *Casuarina* se elevaron, lo que no se observó en el 2012 (Figura 25).

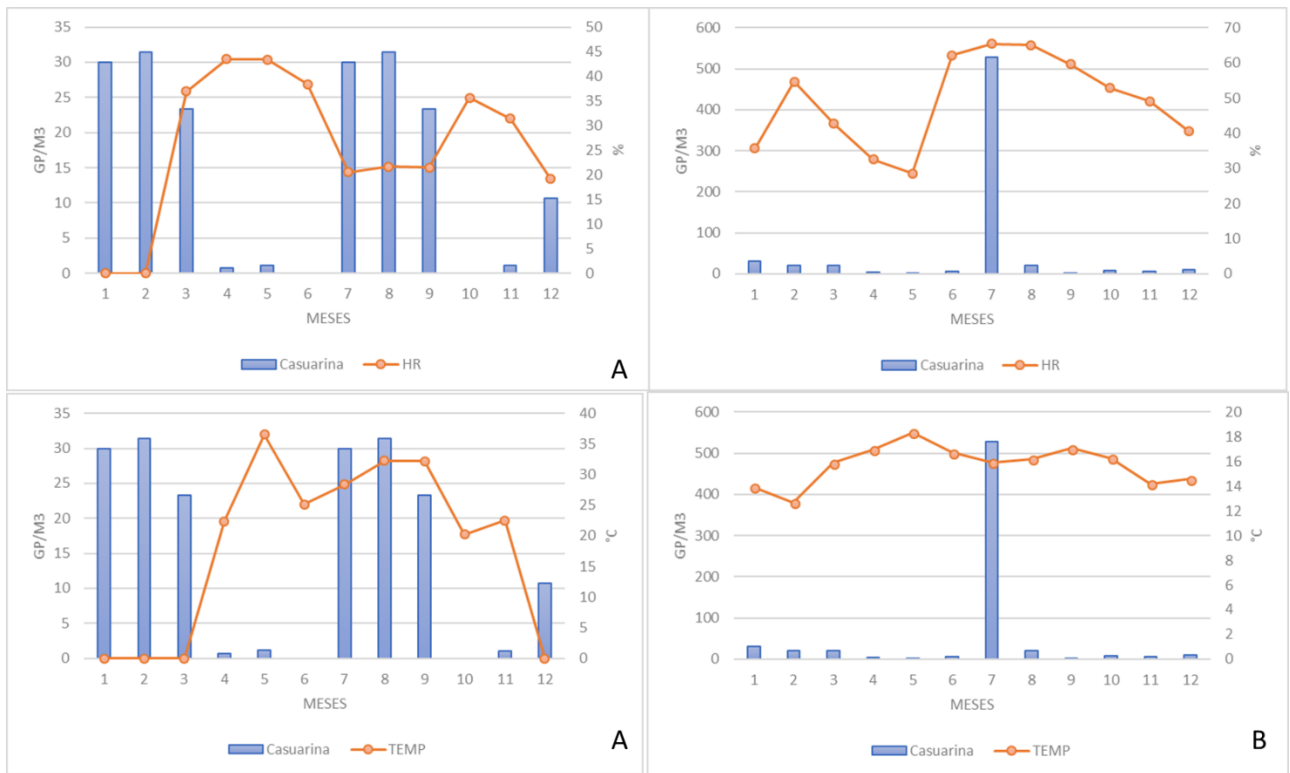


FIGURA 25 COMPARACIÓN DE CASUARINA CON HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA EN 2010 (A) Y 2012 (B)

6.6.4 CUPRESSUS

Para *Cupressus*, la HR parece comportarse de manera inversa a las concentraciones polínicas en el 2010, pero en el 2012 la misma relación parece existir en el periodo invernal, no así en el resto del año. En cuanto al temperatura, en 2010 se observa una tendencia a que las concentraciones polínicas se incrementen en verano, lo que no se ve reflejado en el 2012 (Figura 26).

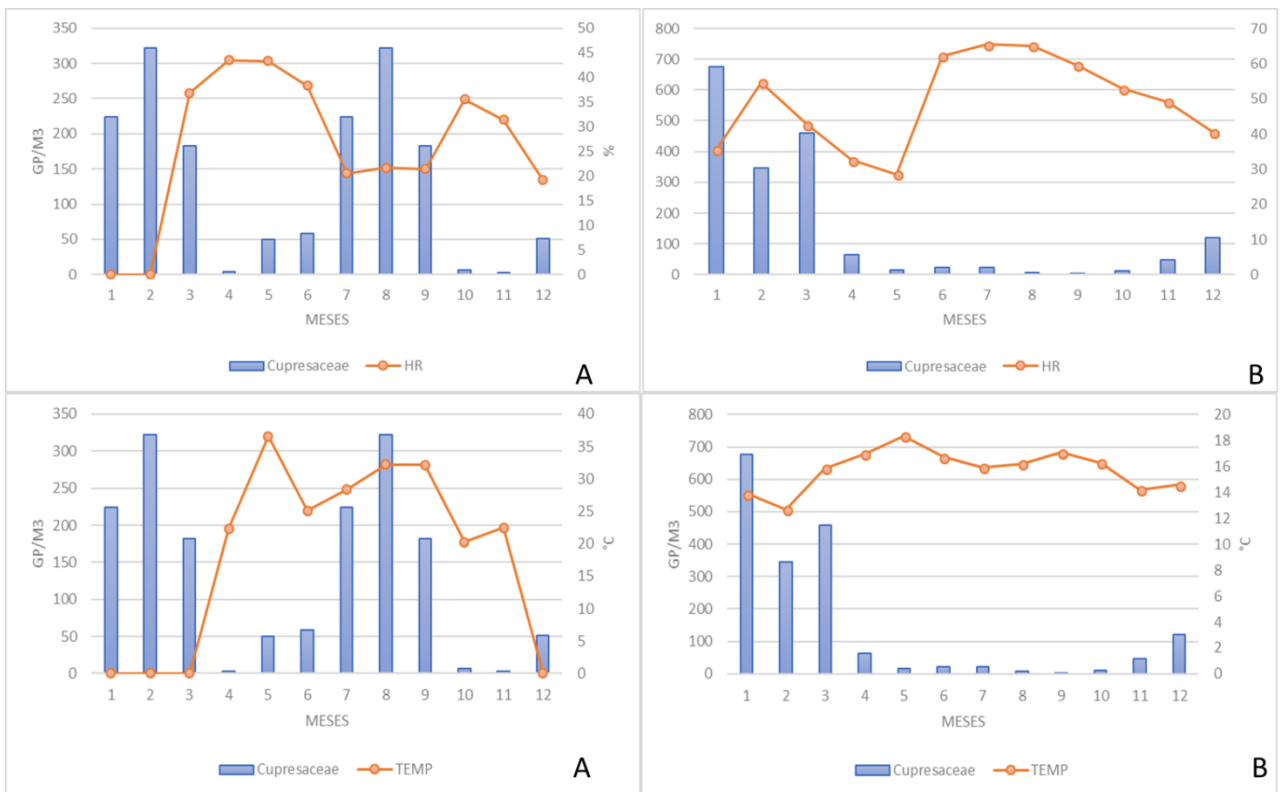


FIGURA 26 COMPARACIÓN DE CUPRESSUS CON HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA EN 2010 (A) Y 2012 (B)

6.6.5 FRAXINUS

Parece existir una tendencia a que las concentraciones de *Fraxinus* tiendan a elevarse cuando la HR disminuye en ambos periodos anuales. En cuanto a la influencia de la temperatura, sólo en 2010 se observa que al aumentar ésta, lo hace también la concentración de este polen (Figura 27).

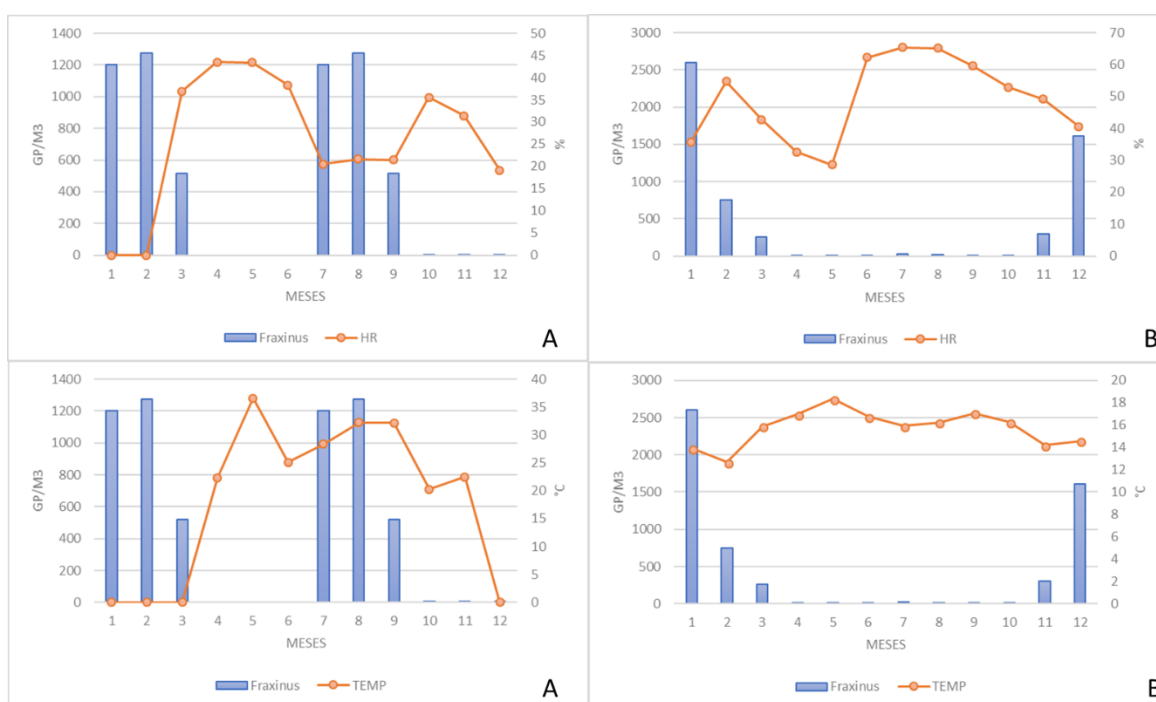


FIGURA 27 COMPARACIÓN DE FRAXINUS CON HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA EN 2010 (A) Y 2012 (B)

6.6.6 MYRTACEAE

Para las Myrtaceae, el efecto de la HR parece seguir un patrón semejante al mencionado anteriormente para otros géneros, ya que las concentraciones polínicas tienden a moverse de manera inversa en ambos años. En cuanto a la temperatura, en 2010, las concentraciones tienden a aumentar en verano y disminuir hacia fines del año, lo que no se observa en el 2012.

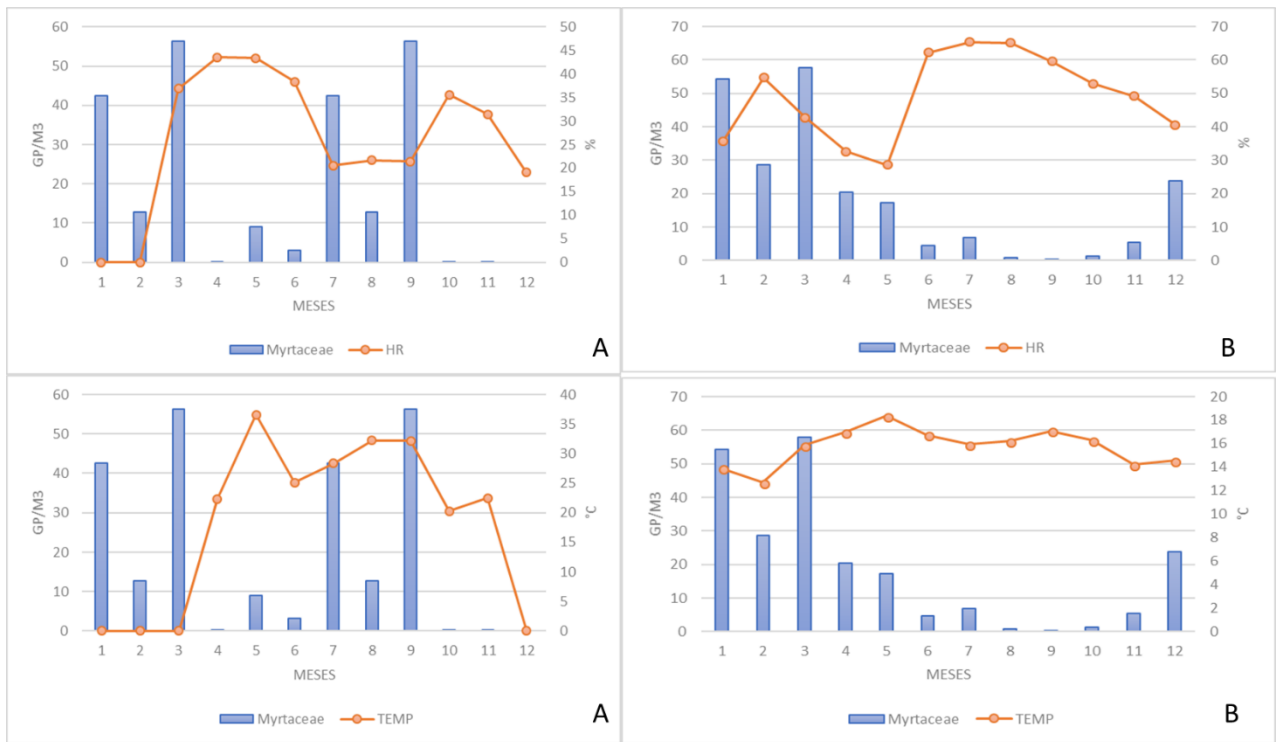


FIGURA 28 COMPARACIÓN DE MYRTACEAE CON HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA EN 2010 (A) Y 2012 (B)

6.6.7 PINUS

En el caso del polen de *Pinus*, dado que la distribución a lo largo del año es muy irregular en el 2010, no es posible analizar claramente el efecto de ambos parámetros en las concentraciones polínicas. En el caso particular del 2012, nuevamente se observa una tendencia al incremento del polen cuando la HR disminuye la temperatura (Figura 29).

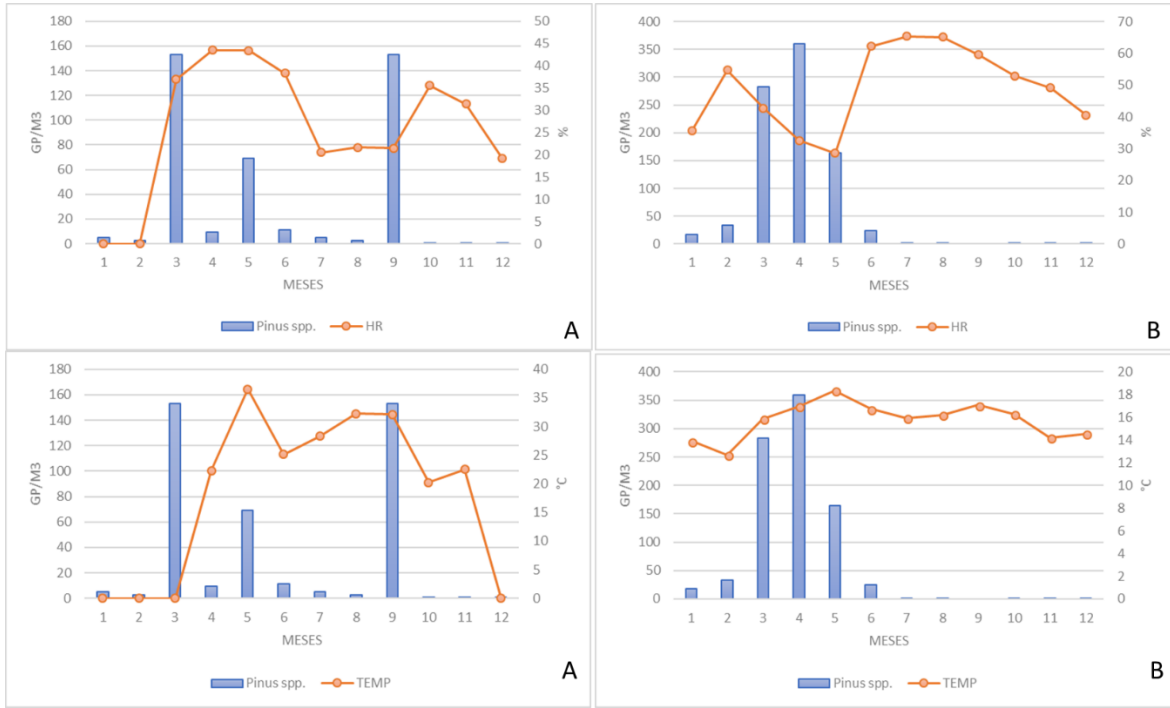


FIGURA 29 COMPARACIÓN DE PINUS CON HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA EN 2010 (A) Y 2012 (B)

6.7 ANALISIS DEL PATRON DEL COMPORTAMIENTO DE PM10 A LO LARGO DEL AÑO

6.7.1. PERIODO MENSUAL (ENERO-DICIEMBRE 2010)

Como puede observarse en la Figura 30, las concentraciones mensuales promedio de PM10 variaron significativamente entre los distintos meses, observándose los máximos valores en los meses de noviembre y diciembre, y los mínimos durante el periodo julio-septiembre. El análisis estadístico muestra que estas diferencias son significativas ($H=7.89.64$; $P<0.00001$).

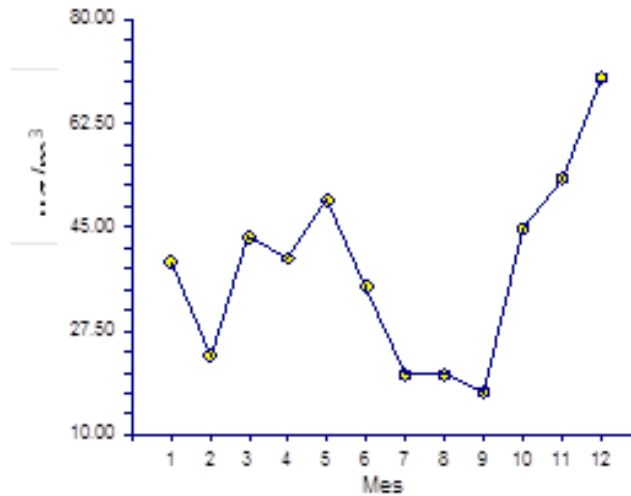


FIGURA 30 PERIODO MENSUAL DE ENERO A DICIEMBRE DE 2010

Los comportamientos diarios específicos para cada uno de los meses del periodo se muestran en el Anexo 2 de este documento y se resumen en la Tabla 5. Cabe señalar que los valores máximo y mínimos son significativas con respecto al promedio mensual correspondiente con un nivel de $P < 0.0001$.

TABLA 5 CONCENTRACIONES MENSUALES DE PM10 DURANTE 2010		
MES (CONCENTRACION PROMEDIO)	MINIMOS (DÍA/CONCENTRACION)	MAXIMOS (DÍA/CONCENTRACION)
ENERO (40 µg/m ³)	31 (23 µg/m ³)	1 (63 µg/m ³)
FEBRERO (25 µg/m ³)	25 (3 µg/m ³)	4 (38 µg/m ³)
MARZO (45 µg/m ³)	1 (22 µg/m ³)	7 (63 µg/m ³)
ABRIL (40 µg/m ³)	13 (21 µg/m ³)	22 (56 µg/m ³)
MAYO (50 µg/m ³)	16 (32 µg/m ³)	4 (68 µg/m ³)
JUNIO (33 µg/m ³)	13 (13 µg/m ³)	4 (65 µg/m ³)
JULIO (23 µg/m ³)	25 (13 µg/m ³)	16 (36 µg/m ³)
AGOSTO (24 µg/m ³)	13 (5 µg/m ³)	25 (31 µg/m ³)
SEPTIEMBRE (20 µg/m ³)	19 (7 µg/m ³)	22 (27 µg/m ³)
OCTUBRE (45 µg/m ³)	7 (25 µg/m ³)	28 (73 µg/m ³)
NOVIEMBRE (55 µg/m ³)	4 (25 µg/m ³)	13 (80 µg/m ³)
DICIEMBRE (70 µg/m ³)	31 (36 µg/m ³)	25 (100 µg/m ³)

6.7.2 PERIODO MENSUAL (ENERO-DICIEMBRE 2012)

Los comportamientos diarios específicos para cada uno de los meses del periodo se muestran y se resumen en la Tabla 6. Cabe señalar que los valores máximo y mínimos son significativas con respecto al promedio mensual correspondiente con un nivel de $P < 0.0001$.

TABLA 6 CONCENTRACIONES MENSUALES DE PM10 DURANTE 2012		
MES (CONCENTRACIÓN PROMEDIO)	MINIMOS (DIA/CONCENTRACIÓN)	MAXIMOS (DIA/CONCENTRACION)
ENERO (21.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11 (27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	28 (99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
FEBRERO (13.96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15 (19.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25 (61.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MARZO (34.93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15 (0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2 (69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ABRIL (43.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26 (36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29 (87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MAYO (45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20 (43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 (69.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
JUNIO (19.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	28 (17.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	7 (46.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
JULIO (25.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9 (24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17 (44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
AGOSTO (19.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19 (12.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SEPTIEMBRE (33.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2 (17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	4 (62.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
OCTUBRE (26.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9 (24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16 (61.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NOVIEMBRE (30.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	19 (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11 (70.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
DICIEMBRE (27.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15 (38.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10 (51.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

6.7.3 PERIODO DIARIO (ENERO-DICIEMBRE 2010)

Las concentraciones horarias promedio de PM10 presentan comportamientos claramente diferentes entre los distintos meses, observándose los máximos valores en las primeras horas del día durante todo el año, pero en ocasiones con un segundo pico durante la tarde e inicio de la noche (sobre todo en los meses de otoño e invierno) o con oscilaciones no significativas a lo largo del día, como puede observarse en la Tabla 7. Las gráficas de los comportamientos horarios correspondientes a todos los meses del año se incluyen en el Anexo 2.

TABLA 7 CONCENTRACIONES HORARIAS DE PM10 DURANTE 2010		
MES (CONCENTRACION PROMEDIO)	MINIMOS (HORA/CONCENTRACION)	MAXIMOS (HORA/CONCENTRACION)
ENERO (40 µg/m ³)	05:00 (28 µg/m ³)	19:00 (55 µg/m ³)
FEBRERO (25 µg/m ³)	15:00 (7 µg/m ³)	8:00 (41 µg/m ³)
MARZO (45 µg/m ³)	6:00 (29 µg/m ³)	17:00 (65 µg/m ³)
ABRIL (40 µg/m ³)	2:00 (27 µg/m ³)	9:00 (63 µg/m ³)
MAYO (50 µg/m ³)	3:00 (25 µg/m ³)	19:00 (90 µg/m ³)
JUNIO (33 µg/m ³)	3:00 (12 µg/m ³)	19:00 (51 µg/m ³)
JULIO (23 µg/m ³)	4:00 (6 µg/m ³)	15:00 (33 µg/m ³)
AGOSTO (24 µg/m ³)	2:00 (4 µg/m ³)	17:00 (36 µg/m ³)
SEPTIEMBRE (20 µg/m ³)	2: 00 (6 µg/m ³)	16:00 (25 µg/m ³)
OCTUBRE (45 µg/m ³)	2:00 (20 µg/m ³)	19:00 (95 µg/m ³)
NOVIEMBRE (55 µg/m ³)	6:00 (30 µg/m ³)	19:00 (95 µg/m ³)
DICIEMBRE (70 µg/m ³)	15:00 (32 µg/m ³)	18:00 (90 µg/m ³)

6.7.4 PERIODO DIARIO (ENERO-DICIEMBRE 2012)

Las concentraciones horarias promedio de PM10 presentan comportamientos claramente diferentes entre los distintos meses, observándose los valores mínimos en las primeras horas del día durante todo el año a excepción de abril, junio y agosto, y las concentraciones máximas oscilan entre las 11 y las 15 horas del día como se observa resumido en la Tabla 8.

TABLA 8 CONCENTRACIONES HORARIAS DE PM10 DURANTE 2012		
MES CONCENTRACIÓN PROMEDIO	MINIMOS HORA/CONCENTRACIÓN	MAXIMOS HORA/CONCENTRACIÓN
ENERO (35.01 µg/m ³)	1:00, 3:00 (24 µg/m ³)	21:00 (88.5 µg/m ³)
FEBRERO (28.09 µg/m ³)	3:00 (16.5 µg/m ³)	15:00 (53 µg/m ³)
MARZO (34.74 µg/m ³)	5:00 (20.5 µg/m ³)	11:00 (52.1 µg/m ³)
ABRIL (53.54 µg/m ³)	17:00 (39 µg/m ³)	11:00 (87.5 µg/m ³)
MAYO (49.76 µg/m ³)	1:00 (30 µg/m ³)	10:00 (81.5 µg/m ³)
JUNIO (34.13 µg/m ³)	20:00 (13.5 µg/m ³)	17:00 (50 µg/m ³)
JULIO (27.48 µg/m ³)	5:00 (16.5 µg/m ³)	14:00 (52 µg/m ³)
AGOSTO (28.65 µg/m ³)	19:00 (16 µg/m ³)	13:00 (48 µg/m ³)
SEPTIEMBRE (32.56 µg/m ³)	1:00 (14 µg/m ³)	12:00 (64 µg/m ³)
OCTUBRE (36.73 µg/m ³)	3:00 (13.5 µg/m ³)	10:00 (58.5 µg/m ³)
NOVIEMBRE (49.67 µg/m ³)	6:00 (21.5 µg/m ³)	13:00 (75 µg/m ³)
DICIEMBRE (47.29 µg/m ³)	4:00 (17.5 µg/m ³)	13:00 (63.5 µg/m ³)

6.8 ANALISIS DEL PATRON DE COMPORTAMIENTO DEL OZONO A LO LARGO DEL AÑO

6.8.1. PERIODO MENSUAL (ENERO-DICIEMBRE 2010)

Como puede observarse en la Figura 31, las concentraciones mensuales promedio de ozono variaron significativamente entre los distintos meses, observándose dos picos máximos en los meses de mayo-junio y octubre-noviembre y diciembre, y los mínimos durante el periodo julio-septiembre. El análisis estadístico muestra que estas diferencias son significativas ($H=142.11$; $P<0.00001$).

Cabe señalar que, como se ha señalado anteriormente para HR y T, los datos de las concentraciones de ozono en la RAMA y la REDMET no estuvieron disponibles para los dos primeros meses del año.

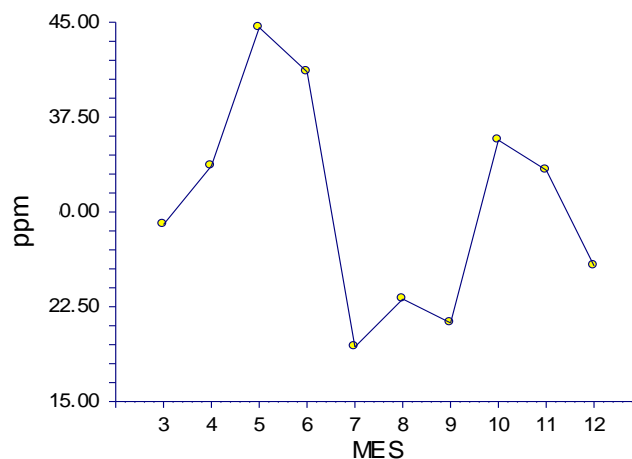


FIGURA 31 COMPORTAMIENTO MENSUAL PROMEDIO DEL OZONO DURANTE EL 2010

Los comportamientos diarios específicos para cada uno de los meses del periodo se muestran en el Anexo 3 de este documento y se resumen en la Tabla 9. Cabe señalar que los valores máximo y mínimos son significativos con respecto al promedio mensual correspondiente con un nivel de $P < 0.0001$.

TABLA 9 CONCENTRACIONES MENSUALES DE OZONO DURANTE 2010		
MES (CONCENTRACIÓN PROMEDIO)	MÍNIMOS (DÍA/CONCENTRACIÓN)	MÁXIMOS (DÍA/CONCENTRACIÓN)
ENERO	ND	ND
FEBRERO	ND	ND
MARZO (27 ppm)	16 (14 ppm)	22 (40 ppm)
ABRIL (43 ppm)	13 (19 ppm)	4 (47 ppm)
MAYO (47ppm)	16 (24 ppm)	1 (70 ppm)
JUNIO (40 ppm)	16 (19 ppm)	7 (60 ppm)
JULIO (22 ppm)	22 (11 ppm)	31 (33 ppm)
AGOSTO (25 ppm)	31 (11 ppm)	28 (40 ppm)
SEPTIEMBRE (23 ppm)	19 (11 ppm)	10 (34 ppm)
OCTUBRE (35 ppm)	7 (27 ppm)	10 (43 ppm)
NOVIEMBRE (33 ppm)	7 (23 ppm)	28 (43 ppm)
DICIEMBRE (39 ppm)	13 (17 ppm)	25 (44 ppm)

6.8.2 PERIODO MENSUAL (ENERO-DICIEMBRE 2012)

En esta tabla están los comportamientos diarios para cada mes del periodo y se resumen en la Tabla 10 muestran los mínimos y máximos son significativos con respecto al promedio mensual con un nivel de $P < 0.0001$.

TABLA 10 CONCENTRACIONES MENSUALES DE OZONO DURANTE 2012		
MES CONCENTRACIÓN PROMEDIO	MÍNIMO DÍA/CONCENTRACIÓN	MÁXIMOS DÍA/CONCENTRACIÓN
ENERO (21.66 ppb)	9 (1 ppb)	23 (95 ppb)
FEBRERO (13.96 ppb)	16 (1 ppb)	25 (86 ppb)
MARZO (34.93 ppb)	5 (1 ppb)	2 (138 ppb)
ABRIL (43.78 ppb)	17 (0 ppb)	29 (127 ppb)
MAYO (45 ppb)	15 (3 ppb)	1 (123 ppb)
JUNIO (19.05 ppb)	30 (ppb)	7 (133 ppb)
JULIO (25.84 ppb)	9 (2 ppb)	11 (99 ppb)
AGOSTO (19.97 ppb)	2 (10 ppb)	16 (109 ppb)
SEPTIEMBRE (33.01 ppb)	2 (3 ppb)	16 (123 ppb)
OCTUBRE (26.97 ppb)	12 (3 ppb)	16 (130 ppb)
NOVIEMBRE (30.18 ppb)	22 (3 ppb)	11 (175 ppb)
DICIEMBRE (27.62 ppb)	10 (3 ppb)	15 (124 ppb)

6.8.3 PERIODO DIARIO (ENERO-DICIEMBRE 2010)

Las concentraciones horarias promedio de ozono presentan comportamientos semejantes entre los distintos meses, observándose los máximos valores generalmente en el periodo entre las 14:00-16:00 horas, como puede observarse en la Tabla 11. Las gráficas de los comportamientos horarios correspondientes a todos los meses del año analizados se incluyen en el Anexo 3.

TABLA 11 CONCENTRACIONES HORARIAS DE OZONO DEL PERIODO DE 2010		
MES	MINIMOS	MAXIMOS
CONCENTRACION PROMEDIO	HORA/CONCENTRACIÓN	HORA/CONCENTRACIÓN
ENERO	ND	ND
FEBRERO	ND	ND
MARZO	7:00 (2.5 ppb)	14:00 (80 ppb)
ABRIL	7:00 (2.5 ppb)	14:00 (80 ppb)
MAYO	7:00 (5 ppb)	14:00 (120 ppb)
JUNIO	7:00 (2.5 ppb)	15:00 (108 ppb)
JULIO	7:00 (3 ppb)	14:00 (54 ppb)
AGOSTO	7:00 (4 ppb)	14:00 (72 ppb)
SEPTIEMBRE	7:00 (3 ppb)	14:00 (64 ppb)
OCTUBRE	7:00 (3 ppb)	15:00 (95 ppb)
NOVIEMBRE	7:00 (5 ppb)	15:00 (95 ppb)
DICIEMBRE	4:00-8:00 (2.5 ppb)	16:00 (80 ppb)

6.8.4 PERIODO HORARIO (ENERO-DICIEMBRE 2012)

Las concentraciones horarias promedio presentan los promedios máximos entre las 13:00-14:00 horas, al igual que en el 2010, si bien los valores máximos tienden, en general, a ser menores de los correspondientes al otro periodo anual (Tabla 12).

TABLA 12 CONCENTRACIONES HORARIAS DE OZONO DEL PERIODO DE 2012		
MES CONCENTRACIÓN PROMEDIO	MINIMOS HORA/CONCENTRACIÓN	MAXIMOS HORA/CONCENTRACIÓN
ENERO (21.94 ppb)	8:00 (ppb)	15:00 (61 ppb)
FEBRERO (13.96 ppb)	8:00 (ppb)	16:00 (48 ppb)
MARZO (34.93 ppb)	8:00 (9.5 ppb)	15:00 (98 ppb)
ABRIL (43.78 ppb)	7:00 (10 ppb)	16:00 (90 ppb)
MAYO (45 ppb)	7:00 (1 ppb)	15:00 (94 ppb)
JUNIO (19.05 ppb)	7:00 (6 ppb)	15:00 (66.5 ppb)
JULIO (25.84 ppb)	7:00 (7.5 ppb)	14:00 (71 ppb)
AGOSTO (19.97 ppb)	7:00 (6.5 ppb)	15:00 (56.5 ppb)
SEPTIEMBRE (33.01 ppb)	7:00 (6.5 ppb)	15:00 (83 ppb)
OCTUBRE (26.97 ppb)	6:00 (7 ppb)	15:00 (81.5 ppb)
NOVIEMBRE (30.18 ppb)	8:00 (6 ppb)	16:00 (109 ppb)
DICIEMBRE (27.62 ppb)	8:00 (6 ppb)	16:00 (88.5 ppb)

6.9 COMPARACION DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CONCENTRACIONES POLINICAS, LAS PM10 Y EL OZONO

Los pólenes forman parte del grupo de partículas suspendidas que pueden clasificarse de acuerdo con su diámetro en diversos grupos, perteneciendo principalmente a las PM10 y secundariamente a las PM2.5. En este sentido, se ha observado que los datos recabados en REDMET y RAMA, que la presencia del grupo de PM10 varía considerablemente a lo largo del año, y que ésta podría verse afectada por diversos factores meteorológicos. Por otra parte, algunos autores han señalado que contaminantes atmosféricos como el ozono podrían incidir sobre la presencia de PMs en la atmósfera y, en consecuencia, potencialmente sobre las concentraciones polínicas.

Las PM10 en su conjunto pueden interactuar como portadoras de alérgenos, y la mayoría de los tipos polínicos pueden causar reacciones alérgicas, tales como asma o conjuntivitis. La concentración promedio anual de estas partículas está en un rango de 31.59 a 56.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en México la Norma Oficial Mexicana (NOM-025-SSA1-2014) establece como valores para partículas suspendidas: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, promedio anual; 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, promedio de 24 horas.

6.9.1 COMPARACIÓN ENTRE PM10 Y BIOPARTÍCULAS

Las concentraciones de PM10 y de biopartículas (polen) en los periodos anuales analizados a lo largo del día se muestran en las Figuras 32 y 33. Cabe señalar que, como una primera aproximación al análisis, los valores reportados de ambas variables reflejan los promedios de los valores de todos los días de cada año, para cada hora específica.

En general, durante el 2010, el comportamiento de ambas variables es semejante a lo largo del día, con los picos más altos de PM10 entre las 7-9 de la mañana y de las 14-18 horas de la tarde, mientras que las biopartículas registraron incrementos similares durante la mañana, pero el pico vespertino de las PM10 no se ve replicado para las biopartículas (Figura 32). En cambio, para el 2012 las concentraciones más altas de biopartículas se registraron después de las 10 horas con un pico secundario entre las 20 y 24 horas, cuando las concentraciones de PM10 presentan una curva descendente (Figura 33).

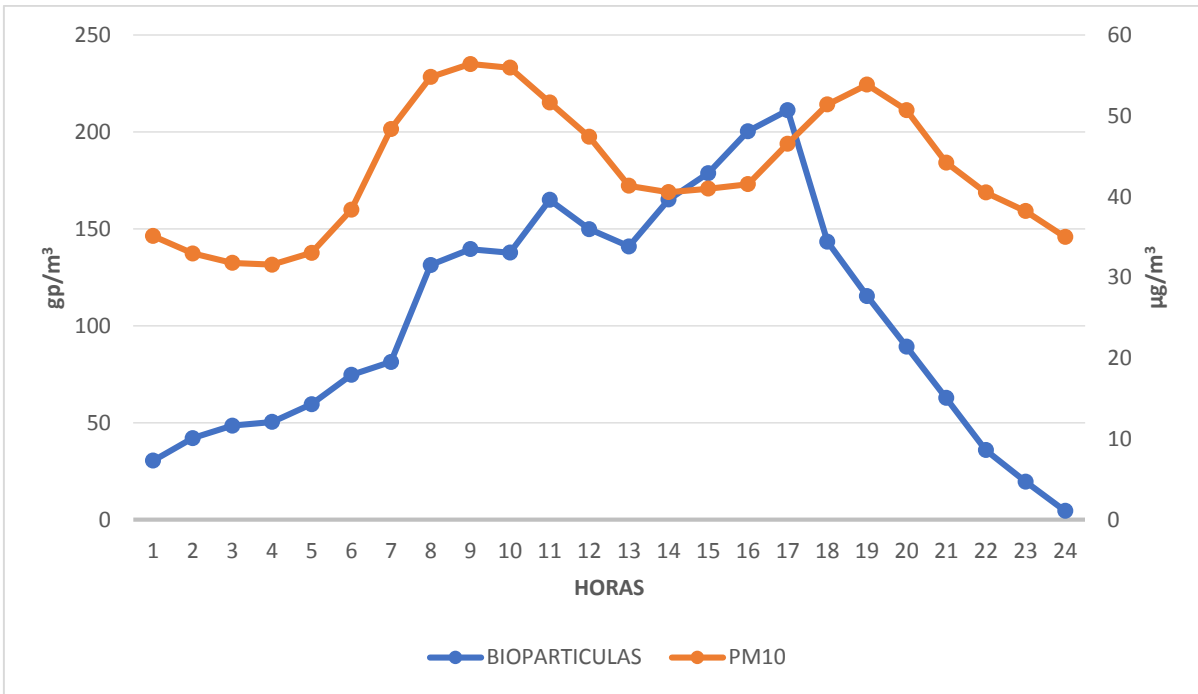


FIGURA 32 COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS BIOPARTÍCULAS Y PM10 EN 2010

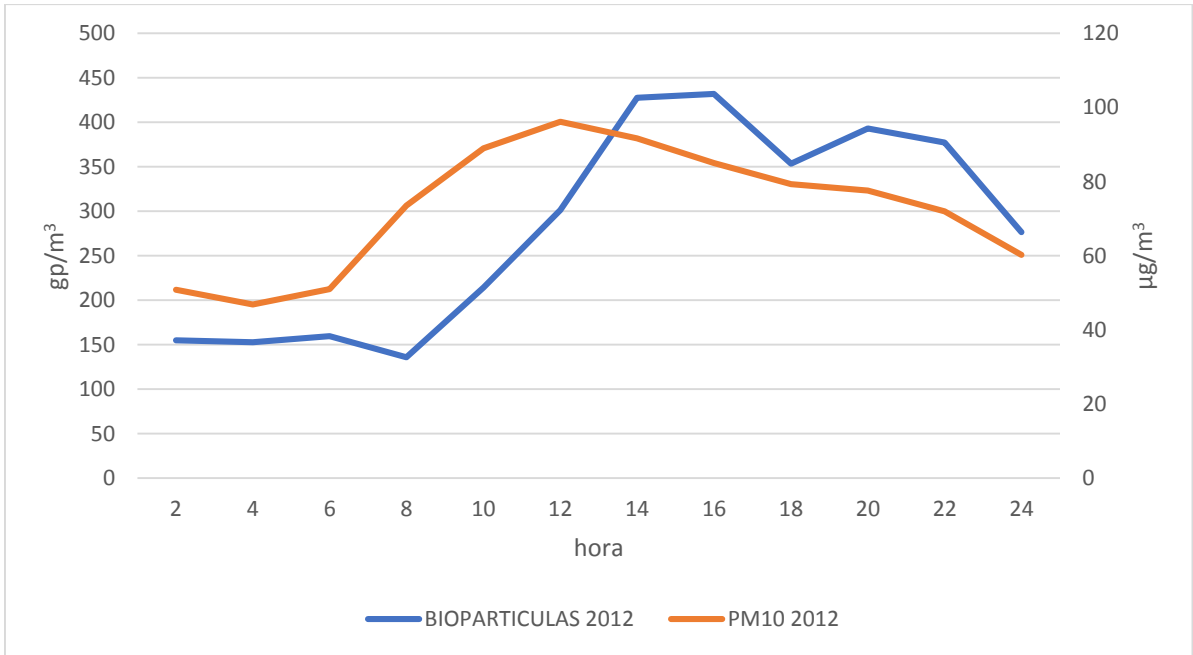


FIGURA 33 COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS BIOPARTÍCULAS Y PM10 EN 2012

6.9.2 COMPARACIÓN ENTRE OZONO Y BIOPARTÍCULAS

Al igual que para la comparación anterior, en este inciso se presenta un primer nivel de análisis que considera el comportamiento anual promedio de ambas variables. En este sentido, en el 2010, los picos máximos de ozono (registrados en la estación Pedregal del RAMA) se observan entre las 13:00 y 14:00 horas con emisiones mayores de 60 ppm, mientras que las biopartículas tienden a incrementarse significativamente durante la mañana a partir de las 7:00 horas, alcanzando una concentración máxima alrededor de las 17:00 horas. Sin embargo, una vez alcanzado su pico máximo, el comportamiento descendente de ambas variables es paralelo hasta el fin del día, si bien el incremento de biopartículas parecería iniciarse al siguiente día previo al aumento del ozono (Figura 34).

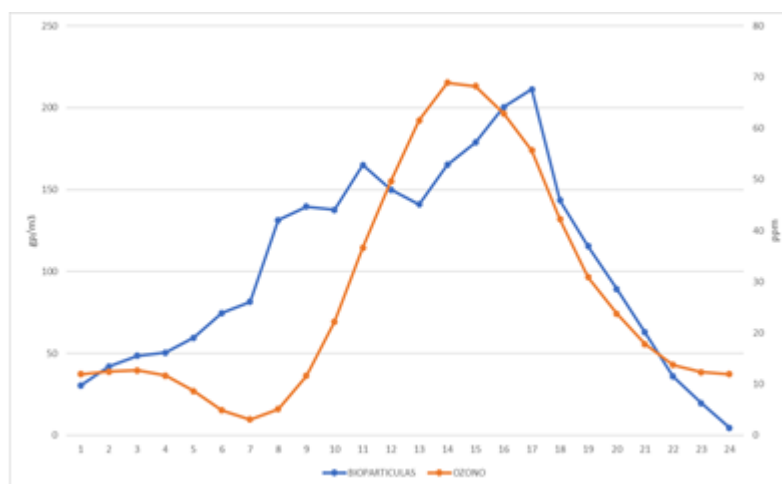


FIGURA 34 COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS BIOPARTÍCULAS Y OZONO DURANTE UN DÍA PROMEDIO PARA 2010

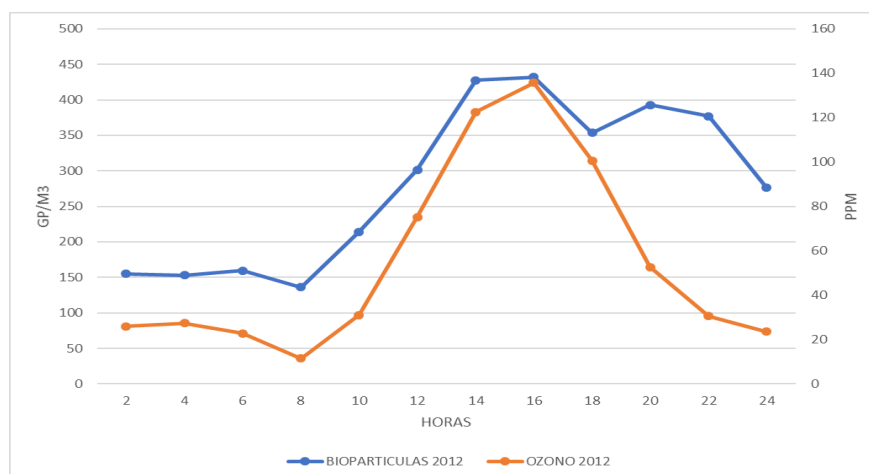


FIGURA 35 COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS BIOPARTÍCULAS Y OZONO DURANTE UN DÍA PROMEDIO PARA 2012

Por otra parte, en el 2012 se ve un comportamiento similar entre las concentraciones de biopartículas y ozono, con las concentraciones mayores para ambos observables entre las 14:00 y las 16:00 horas (Figura 35). Es interesante señalar que en este año, tanto las concentraciones de ozono como las de biopartículas fueron mayores a las correspondientes en 2010, de tal forma que el ozono no se mantuvo dentro de los límites de la NOM, al registrar 310 horas que superaron el valor de 110 ppm, y mucho menos los valores de OMS y la US EPA, los cuales son más estrictos.

Si bien una primera aproximación a nivel del promedio anual puede dar cierta información con respecto a la posible correlación existente entre las concentraciones consideradas en el análisis podría proporcionar información relevante, es evidente que existen diferencias importantes en lo que sucede a lo largo del año con respecto a cada variable.

6.10 ANALISIS DE LA POSIBLE CORRELACION ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE BIOPARTICULAS, PM10 Y OZONO

Las Tablas 13 y 14 proporcionan los resultados del análisis de correlación entre las biopartículas, el ozono y las partículas menores a 10 μm , en función de los datos registrados cada hora para el 2010 y cada dos horas al día, en 2012. Debido a las diferencias en los intervalos de nuestros, el número total de datos es diferente para cada uno de los periodos.

Con un nivel de significancia de $P < 0.001$, no parece existir una clara correlación entre las variables analizadas cuando se analiza la totalidad de los datos correspondientes a cada periodo anual, si bien parece existir una asociación ligeramente positiva entre las biopartículas y las PM10 y el ozono para el 2010, la cual es mayor para ozono y PM10 en el 2012. Por otra parte, llama la atención que en el número de biopartículas parece estar negativamente asociado con las concentraciones de PM10 en el segundo periodo anual analizado.

La dependencia que pareciera existir entre las concentraciones de ozono y las de biopartículas no es fácil de explicar, ya que no es posible encontrar datos que correlacionen éstas en la literatura; tampoco sería claro definir cómo el ozono podría influir sobre la presencia y/o vida media de las biopartículas en suspensión en el aire.

TABLA 13 CORRELACIÓN DE SPEARMAN ENTRE VARIABLES PARA EL AÑO 2010

	PM10	OZONO
BIOPARTÍCULAS	$R_s=0.138215$	$R_s=0.121803$
	$P<0.001$	$P<0.001$
N	2760	2760
PM10		$R_s=0.162597$
		0
N		2760

TABLA 14 CORRELACIÓN DE SPEARMAN ENTRE VARIABLES PARA EL AÑO 2012

	OZONO	BIOPARTICULAS
PM10	$R_s=0.31376$	$R_s=-0.125629$
	$P<0.001$	$P<0.000092$
N	964	964
OZONO		$R_s=0.029184$
		$P<0.3654$
N		964

Por otra parte, al ser las biopartículas al menos en parte, una fracción de las PM10 sería evidente la relación que pudiera existir entre ambas variables. Sin embargo, el análisis demuestra que esta asociación cambia sustancialmente entre ambos períodos de análisis, siendo positiva en uno de ellos (2010), y negativa en el otro.

Esta diferencia parecería no estar vinculada a diferencias en el número total de gp/m^3 presentes en ambos años ya que ésta, tomada en la suma total anual, no excede el 10% en el 2012, con respecto al 2010. Sin embargo, quizá sí podría explicarse en función de la composición de las muestras que, como se ha mencionado en incisos anteriores, es marcadamente diferente entre los dos periodos. En este sentido, sería necesario determinar a través de análisis temporales más prolongados, si estas diferencias son significativas y cuáles serían los factores asociadas a ellas o solamente debidas al azar.

7. CONCLUSIONES

- Se colectaron 18 tipos polínicos diferentes en la zona sur de la Ciudad de México, a través de un muestreo continuo durante 2 periodos anuales (2010 y 2012), de los cuales 12 fueron arbóreos, uno arbustivo y 5 herbáceos, algunos de los cuales son considerados alergénicos.
- Los tipos polínicos más abundantes fueron *Abies*, *Casuarina*, *Cupressus* ssp, *Fraxinus* ssp, Myrtaceae, *Pinus*, Poaceae y *Quercus*, con variaciones significativas para todos ellos entre los 2 años analizados.
- En el 2010, los principales tipos polínicos que predominaron fueron *Fraxinus* en otoño e invierno), *Casuarina* (en verano, prácticamente con la totalidad de la muestra) y ambos, junto con *Abies*, *Cupressus* y *Pinus*, en primavera. En cambio, el tipo polínico que predominó a lo largo del 2012 fue *Fraxinus*, con aportaciones importantes de *Cupressus* (en todo el periodo), y de Poaceae (primavera y otoño) y *Ligustrum* (en invierno).
- En el 2010, solamente *Fraxinus* y *Salix* tuvieron un comportamiento bifásico, ya que presentaron dos diferentes periodos mensuales con concentraciones polínicas elevadas. En comparación, durante el periodo anual 2012, el comportamiento de todos los taxa varía considerablemente, y se tiene patrones bifásicos (*Abies*), máximos en tres meses separados (*Ligustrum*) o incluso altas concentraciones polínicas a lo largo de todo el año.
- Existe una tendencia similar en el comportamiento horario para ambos años, con polen presente a lo largo de todo el día en los periodos invernales. Sin

embargo, en el caso de los periodos de verano, el polen se encuentra presente principalmente entre las 10 y las 17 horas (2010), siendo indetectable durante la noche, mientras que en el 2012, el comportamiento de las biopartículas es más homogéneo a lo largo del día.

- No parece haber una correlación evidente entre los cambios de las variables meteorológicas temperatura y humedad relativa con las concentraciones polínicas en un análisis temporal anual, si bien existe una tendencia a que las concentraciones polínicas disminuyan cuando aumenta la segunda.
- Por otra parte, existen variaciones significativas en las concentraciones de ozono y PM10 a lo largo del año que, en algunos casos, parecen seguir los cambios en la abundancia de biopartículas. Cuando se analiza la totalidad de los datos correspondientes a cada periodo anual, la correlación de Spearman muestra una asociación ligeramente positiva entre las biopartículas y las PM10 y el ozono para el 2010, la cual es mayor para ozono y PM10 en el 2012, así como una asociación negativa entre el número de biopartículas y las concentraciones de PM10 en el segundo periodo anual analizado.
- Los diferentes comportamientos de los taxa en los dos periodos anuales considerados podrían reflejar diferentes condiciones climáticas que afectarían la fenología de los grupos, modificando los periodos de floración y, en consecuencia, la presencia de polen en la atmósfera.

8. PERSPECTIVAS A FUTURO

- Sería conveniente realizar un análisis con parámetros como la velocidad y dirección del viento, así como precipitación, con el fin de observar su influencia sobre la presencia de biopartículas en la atmósfera.
- Con base en los datos anteriores, podrían generarse modelos de dispersión que explicaran el comportamiento del polen en función de las diferentes variables atmosféricas.
- Sería recomendable realizar análisis estadísticos que, con base en reportes de consultas externas por presencia de alergias, puedan proporcionar información sobre la posibilidad de que algunos patrones de comportamiento de las biopartículas tengan influencia sobre los meses de mayor incidencia de enfermedades respiratorias.

9. BIBLIOGRAFIA

- Aragón Piña, A., 2011. ¿Cómo son las partículas atmosféricas antropogénicas y cuál es su relación con los diversos tipos de fuentes contaminantes? Bloomington: Instituto de Metalurgia.
- Aránguez, E. Ordóñez, J., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández-Patier, R., Gandarillas, A. & Galán, I. (1999). Contaminantes Atmosféricos y Su Vigilancia. *Rev. Esp. Salud Pública*, 73(2).
- Benito-Rica, V. 2003. Aerobiología del polen alergénico y polinosis en Santander. Relación de la agudización del asma bronquial con factores del ambiente exterior. Tesis de Doctorado. Universidad de Cantabria. 148 pp.
- Borja-Aburto, V. H., Loomis, D. P., Bangdiwala, S., Shy, C. M. and R. A. Rascon-Pacheco. 1998. Ozone, suspended particulates, and daily mortality in Mexico city, 1993-1995. *Am J. Epidemiol.* 145(3): 258-68.
- Bronillet, T. I. 1992. Estudio aeropolínico de la zona norte de la Ciudad de México en un ciclo anual. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 84 pp.
- Cárdenas, G. B., S. Revah-Moiseev, S. Hernández Jiménez, A. Martínez Sánchez y V. Gutiérrez Avedoy. 2003. Tratamiento biológico de compuestos orgánicos volátiles de fuentes fijas. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT. Pp. 61.

- Cid, M. M. A. 2007. Estacionalidad de granos de polen en dos zonas de la Ciudad de México. Tesis de Maestría. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 92 pp.
- Cox, C. S. & C. M. Wathes. 1995. Bioaerosols Handbook. Lewis Publishers. New York.
- Chacalo, A., y V. Corona y Nava Esparza. 2010. Árboles y arbustos para ciudades. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F. 600 pp.
- Diethart, B., Sam, S. and M. Weber. 2007. Walls of allergenic pollen: Special reference to the endexine. Grana 46: 164–175.
- Finlayson-Pitts, B. J. & Pitts Jr. J. N. 2000. Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere: Theory, Experiments and Applications. Academic Press, San Diego, CA.
- Fonseca, R. M. 2013. "Pinaceae". Flora de Guerrero. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. Las prensas de ciencias. México. 58: 1-65
- Flores, F., 1996. Estudio aerobiológico de la zona urbana de la Ciudad de Aguascalientes. Investigación y Ciencia, Volumen 16, pp. 21-26.
- Fuertes-Rodríguez, C. R. 2011. Estudio aerobiológico y fenológico de Ericaceae en León. Tesis de Doctorado. Universidad de León. España
- Galán, C. Cariñanos, P., Alcázar, P. & E. Domínguez. 2007. Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología, REA. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. España. 39 pp.

- GINA, 2009. Global strategy for asthma management and prevention. [En línea] Available at: <http://www.ginasthma.org/> [Último acceso: 25 enero 2016].
- González-Castañeda, N. & Ibarra-Manríquez, G. 2012. Fascículo 96. Moraceae. Flora del Valle de Tehuacán- Cuicatlán. 40 pp.
- González-Díaz, S.N., Rodríguez-Ortiz, P.G., Arias-Cruz, A., Macías-Weinmann, A., Cid-Guerrero, D, Sedo-Mejía, G. A. 2010. Atmospheric pollen count in Monterrey, Mexico. *Allergy Asthma Proc.*, Volumen 31, pp. 341-348.
- González-Lozano, M. C., Cerezo-Moreno A, González-Macías MC & col. Comportamiento de las partículas suspendidas y polen en la atmósfera de la región norte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Revista de la Sociedad Química de México* 1999; 43:155-164.
- Guidos, G. A. & V. M. Almeida. 2005. Polinosis y aeroalergenos. *Alergia, Asma e Inmunología Pediátricas* 14 (2): 52-55
- Hirst, J., 1952. An automatic volumetric spore trap.. *Ann Appl Biol*, Volumen 39, p. 257–265.
- Kelly, L. M. & Delgado, A., 2010. Arboles de la UNAM. [En línea] Available at: <http://www.arboles.org> [Último acceso: 23 11 2015].
- Knox, R.B., Suphioglu. C., Taylor, P., Desai, R., Watson, H.C., Peng. J.L., Bursill, L.A., 1997. Major grass pollen allergen Lol p 1 binds to diesel exhaust particles: implications for asthma and air pollution. *Clinical and Experimental Allergy*, Volumen 27, pp. 246-251.

- Linares, F. C. 2007. Análisis del polen alergógeno en la atmósfera de Granada: Evolución de las concentraciones polínicas, actividad alergénica e incidencia en la población atópica. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Martínez-Bernal, A., J. A. Sepúlveda-Sánchez, J. C. Barrita Nuñez, B. Cárdenas-González, S. Blanco-Jiménez & A. A. Campos-Ramos. 2011. Análisis de partículas suspendidas con diferentes metodologías de laboratorio para su caracterización biológica y fisicoquímica. INE/PS-001/2011. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa y el Instituto Nacional de Ecología. 165 pp.
- Martínez-Bernal, A., J. A. Sepúlveda-Sánchez, J. C. Barrita Nuñez, I. Rosas-Pérez, L. Martínez Pérez, B. Cárdenas-González, S. Blanco-Jiménez & A. A. Campos-Ramos. 2010. Clasificación y determinación taxonómica de biopartículas y su relación con las fuentes emisoras. INE/A1-019/2010. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa y el Instituto Nacional de Ecología. 181 pp.
- Martínez- Bernal, A., Sepúlveda-Sánchez, J. A., Barrita Nuñez, J. C., Martínez-Olivares, E. L., Laguna, I., Guzmán-Perdomo, A., Cárdenas-González, B., Blanco-Jiménez, S. & A. A Campos-Ramos.2009. Revisión bibliográfica del impacto del cambio climático en la emisión de pólenes y esporas por fuentes naturales y sus implicaciones en la calidad del aire. INE/A1-050/2009. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y el Instituto Nacional de Ecología. 112 pp.
- Méndez, J. L. A., Paz Martínez, D., Galindo-García, J. A. & J. E. Toriz Martínez. 1996. Principales alérgenos en las enfermedades alérgicas más frecuentes. *Alergia Inmunol.* 5(1): 5-8.

- Martínez-Ordaz V. A., Castañeda, C.B., Campos, C. L., Rodríguez, V.M., Saenz, J.G., Ríos, P.C. 1998. Asthmatic exacerbations and environmental pollen concentration in La Comarca Lagunera (México). *Revista de Alergia Mexicana*, 45(4), pp. 106-111.
- Miranda J., Cahill T.A., Morales J.R., Aldape F., Flores M. & Diaz R.V. (1994). Determination of elemental concentrations in atmospheric aerosols in México City using proton induced X-ray emission, proton elastic scattering, and laser absorption. *Atmos. Environ.* 28, No. 14, 2299-2306.
- Parnia, S., Brown, J. & Frew, A., 2002. The role of pollutants in allergic sensitization and the development of asthma. *Allergy*, Volumen 57, pp. 1111-1117.
- Pósfai, M. & Molnár A. 2000. Aerosol particles in troposphere: a mineralogical introduction In: *environmental mineralogy* (Vaughan D. J. y Wogelius, R., eds), Budapest.
- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F., 2010. *Presente y Futuro de las Áreas Verdes y del Arbolado de la ciudad de México*. Distrito Federal: ekilibria.
- Ramírez, O. A. & B. Rodríguez. 1961. Estudio ilustrado de los pólenes del aire de México más comunes. *Polinosis. Alergia*. VII (4): 187-218.
- Ramírez, E., Melchor-Sánchez, J., Martínez, H. E. & Lozano, G. S., 1995. Análisis de polen y fungosporas de a atmósfera en el sudeste de la Ciudad de México, durante el segundo semestre de 1988. En: INAH, ed. *Implicaciones Evolutivas*. México: Publicación Especial, Serie Arqueología, pp. 155-169.

- Red Automática de Monitoreo Atmosférico- RAMA (<http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnrama2.htm>).
- Rios-Ramos, B. E. 2014. Aspectos Meteorológicos Asociados Al Aeropolen Urbano: Ciudad De México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ríos, B., R. Torres-Jardón, I. Rosas. 2015. Diurnal variations of airborne pollen concentration and the effect of ambient temperature in three sites of Mexico City. *Int J Biometeorol.* DOI 10.1007/s00484-015-1061-3
- Rocha-Estrada, A, Alvarado-Vázquez, M.A., Torres-Cepeda, T. E., Foroughbakhch-Pournavab, R. 2008. Metropolitan Area Of Monterrey Nuevo Leon, Mexico. *Ann Agric Environ Med.* Volumen 15, pp. 205-209.
- Rojas Bracho, L. & V. Garibay Bravo. 2003. Las partículas suspendidas, aeropartículas o aerosoles: ¿Hacen daño a la salud?; ¿Podemos hacer algo? INE-SEMARNAT. México. *Gaceta Ecológica* 69: 29-44.
- Rosales, L. J. 1985. Análisis palinológico anual del norte de la Ciudad de México, implicaciones en la contaminación ambiental y en la alergología. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 113 pp.
- Salazar, C. L. 1995. Estudio anual de polen atmosférico en la zona sur de la Ciudad de México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala. UNAM. 153 pp.
- Salazar-Mallen. 1940. Pólenes atmosféricos de la Cd. de México. *CAMEP.* 9:163.

- Sánchez, W. 2007. De la alergia clínica a la alergia molecular: concisa historia de cien años. Arch. Alergia Inmunol. 38 (3): 91-106.
- Silva-Bárceñas, A. 1975. Variantes dispersantes y de la depositación de las partículas sólidas del aire. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 36:77-109.
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. Calidad del aire en la Ciudad de México, informe 2016. Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire, Dirección de Monitoreo Atmosférico. Ciudad de México. Noviembre, 2017.
- Subiza J, Jerez M, Subiza E. 1992. Introducción a la aerobiología de las gramíneas. Rev. Esp. Alergol. Inmunol. Clin. 7: 151-161.
- Terán, L. M., Haselbarth-López, M. M. M y D. L. Quiroz-García. 2009. Alergia, pólenes y medio ambiente. Gaceta Médica de México 3:215-222.
- Tzintzun- Cervantes, Ma. G., Rojas-Bracho, L. y A. Fernández-Bremautz. 2005. Las partículas suspendidas en tres grandes Ciudades Mexicanas. Gaceta Ecológica. Instituto Nacional de Ecología. México 74:15-28.
- Vázquez Yanes, C.; Batis Muñoz, A.; Alcocer Silva, S.; Gual Díaz, M.; Sánchez Dirzo, C., 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Proyecto J-084, Instituto de Ecología, Universidad Autónoma de México.
- Valencia, A. S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Bol. Soc. Méx. 75:33-53.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la

restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.

- Vibrans, H. (Eds). 2009. *Casuarina equisetifolia*. Malezas de México. Consultado en octubre 2009 en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/casuarinaceae/casuarinaequisetifolia/fichas/ficha.htm>
- Villaseñor, R., J.L. y F.J. Espinosa. 1998. Catálogo de malezas de México . UNAM. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México.
- Wark K. y C. F. Wamer. 2007. Contaminación del aire: origen y control. Editorial Limusa. México. D. F. 650 pp.
- Zamudio, S. y E. Carranza (1994) Cupressaceae: en Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes Fascículo 29
- Zecua-Najera, Y. 2010. Prevalencia de aeroalergenos en pacientes con rinitis alérgica y análisis de los factores asociados. Tesis de Especialidad. Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Zereini, F. & Wiseman, C., 2010. Urban Airborne Particulate: Origin, Chemistry, Fate and Health Impacts. Berlín: Springer.
- Zereini, F. & Wiseman, C. L. S., 2010. Urban Airborne Particulate Matter: Origin, Chemistry, Fate and Health Impact. London: Springer.
- Zepeda-González, F. A. 2002. Estudio del impacto ambiental en la ciudad de colima de partículas (fracción respirable) generadas por la industria minera del estado de colima. Tesis de maestría.

ANEXO 1

FICHAS PALINOLÓGICAS

ABIES

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: *Abies* Mill.

DESCRIPCIÓN BOTANICA

Árbol de 35 a 50 metros de altura, diámetro de 100 a 180 cm, con ramas extendidas o ligeramente ascendentes y verticiladas, corteza grisácea, hojas simples, alternas, de 20 a 30 mm de largo y de 1 a 1.5 mm de ancho, dispuestas en espiral, lineares. Los frutos son conos cilíndricos, solitarios, de 10 a 16 cm de largo y de 4 a 6 cm de ancho (Fonseca, 2013) (Figura 36).



FIGURA 36 *ABIES*

DESCRIPCIÓN PALINOLÓGICA

Grano de polen provisto de dos sacos aéreos, con estructura alveolar reticulada; ornamentación psilada en la superficie del cuerpo, de (45-)50(-58) μm de largo y de (30-)38(-53) μm ancho; largo del grano (53-)61(-73) μm ; simetría bilateral y heteropolar (Martínez-Bernal, *et al.*, 2010).



FIGURA 37 POLEN DE *ABIES* 40X

DISTRIBUCIÓN

Se distribuye desde México hasta Guatemala. En México se distribuye en los estados de Hidalgo, Puebla, Veracruz, Michoacán, Jalisco, Morelos, Estado de México, Tlaxcala y Distrito Federal (Fonseca, 2013)

ALNUS

CLASIFICACIÓN TAXÓNOMICA

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Betulaceae

Género: *Alnus*

Familia Betulaceae con varias especies representadas en la zona sur: *Alnus acuminata*, *Alnus arguta* (Vázquez-Yanez *et al.*, 1999).

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Árbol o arbusto perennifolio/caducifolio de 10 a 25 m de altura; hojas con lamina ovada de 6 a 15 cm de largo; corteza lisa o ligeramente rugosa; inflorescencias masculinas en amentos de 3 a 5 cm de largo; inflorescencias femeninas de 3 a 4 racimos; fruto elíptico a obovado (Vázquez-Yanes, *et al.*, 1999) (Figura 38).



FIGURA 38 ALNUS (FOTO TOMADA DE
[HTTPS://UPLOAD.WIKIMEDIA.ORG/WIKIPEDIA/COMMONS/2/2B/ALNUS_ACUMINATA_2.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2B/ALNUS_ACUMINATA_2.JPG))

DESCRIPCIÓN PALINOLÓGICA

Polen isopolar, radiosimétrico, esferoidal, diámetro de 26-28 micras. Pentazoniporado, algunas veces tetra o hexaporado. Intina delgada, con pequeños oncus. Tectado (Martínez-Bernal, *et al.*, 2010) (Figura 39).

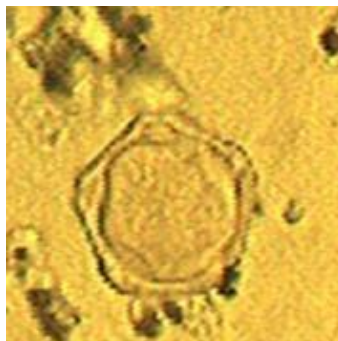


FIGURA 39 POLEN DE *ALNUS* 40X

DISTRIBUCIÓN

Especie originaria de México y Centroamérica. Se extiende desde el noroeste de México hasta el norte de Argentina y los Andes de Perú y Bolivia. Se ha introducido con éxito en el sur de Chile y en Nueva Zelanda. En México se distribuye en Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelia, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa, San Luis Potosí, Sonora, Tlaxcala y Veracruz (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999)

CASUARINA

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: *Casuarinaceae*

Género: *Casuarina* L.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Árbol monoico perennifolio de 15 a 25 mts de altura; corteza rugosa de color gris pardo, las ramitas de 3 a 5 mm de diámetro, dan la apariencia de ser hojas en forma de aguja como las de los pinos, son articuladas, su superficie es estriada, brotan en verticilos y permanecen colgantes. Las hojas están reducidas a diminutas escamas que brotan en verticilos de 4 a 16 hojillas soldadas en la base, formando una vaina que rodea la ramita, las puntas de las hojillas aparecen como dientes. Las flores masculinas en espigas simples o ramificadas ubicadas en la punta de las ramas superiores (Vibrans, 2009).



FIGURA 40 *CASUARINA*

DESCRIPCIÓN PALINOLÓGICA

El polen es trinozoporado, isopolar, radiosimétrico. Tamaño mediano ($P=22-26\ \mu\text{m}$; $E=27-32\ \mu\text{m}$). Aberturas simples, de tipo poro, dispuestas en la zona ecuatorial, aspidadas, de $2-2,5\ \mu\text{m}$ de diámetro. Exina de $1,5-2\ \mu\text{m}$ de grosor, algo más gruesa en las aberturas, e intina muy engrosada, por debajo de las mismas (Martínez-Bernal, *et al.*, 2010).

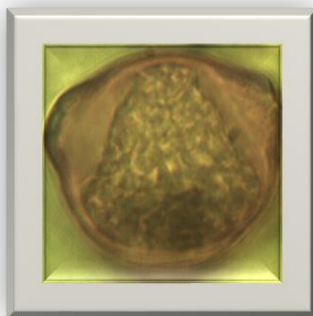


FIGURA 41 POLEN DE *CASUARINA* 40X

DISTRIBUCIÓN

Se distribuye desde Norteamérica hasta el Caribe, Sudamérica, África, Asia. En México se ha registrado en Campeche, Estado de México, Oaxaca, Sinaloa, Yucatán y Zacatecas (Vibrans, 2009).

CUPRESSUS

CLASIFICACIÓN TAXONOMICA

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Cupressaceae

Género: *Cupressus* L.

DESCRIPCIÓN BOTANICA

Son árboles o arbustos resinosos, de hasta 30 metros de altura, con la corteza rasgada y fibrosa, de color café-rojizo a café cenizo, con hojas simples, aciculares o en forma de escama, enteras que se sitúan en disposición opuesta o en verticilos, por 3 o 4 y habitualmente perennes. La polinización es anemófila. Producen conos masculinos y femeninos (Zamudio & Carranza, 1994) (Figura 42)

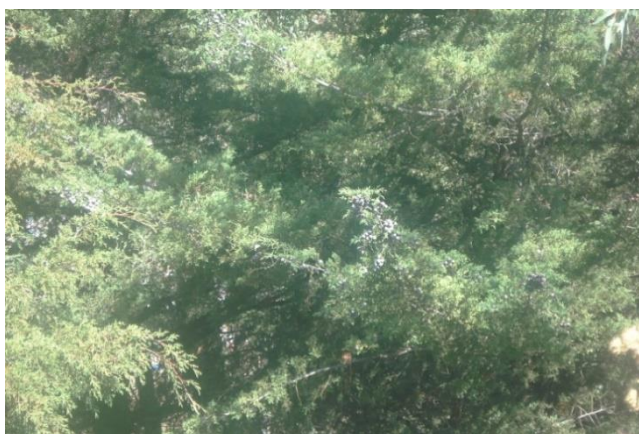


FIGURA 42 *CUPRESSUS*

DESCRIPCIÓN PALINOLÓGICA

Polen de forma esferoidal, apolar, de tamaño variable 19-38 micras, inaperturados y con exina delgada con gránulos finos y gruesos esparcidos irregularmente (Martínez-Bernal, *et al.*, 2010).



FIGURA 43 POLLEN DE *CUPRESSUS* 40X

DISTRIBUCION

Género que comprende 12 a 20 especies distribuidas en las regiones templadas y subtropicales del hemisferio norte, en Asia, sur de Europa y norte de África. En este continente se encuentra del oeste de Norteamérica a Honduras. En México se ha reportado para *Cupressus* 6 especies silvestres: *Cupressus arizonica* (Zamudio & Carranza, 1994)

FRAXINUS

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Plantae

Division: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Oleaceae

Género: *Fraxinus* L.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Arbol caducifolio, que alcanza 10 a 15 m de altura; de corteza color gris, hojas opuestas, imparipinnadas, compuestas de 3 a 5 pares de folíolos. Flores unisexuales, en panículas estaminadas y pistiladas, fruto sámara (Vázquez-Yanes, *et al.*, 1999) (Figura 44).



FIGURA 44 *FRAXINUS*

DESCRIPCIÓN PALINOLÓGICA

Granos de polen isopolares, con simetría radial, suboblato-esferoidales, cuyo eje mayor mide alrededor de 18-23 micras. Trizonicolporados, con largas y estrechas aberturas (Martínez-Bernal, *et al.*,2010).



FIGURA 45 POLEN DE *FRAXINUS*

DISTRIBUCIÓN

Se distribuye en los estados: Colima, Chiapas, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelia, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa y Veracruz (Vázquez-Yanes, *et al.*, 1999).

LIGUSTRUM

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Oleaceae

Género: *Ligustrum* L.

DISTRIBUCIÓN BOTÁNICA

Árbol hermafrodita perennifolio de 10 m de altura, corteza lisa de color castaño oscuro con numerosas lenticelas, hojas simples, opuestas, de forma ovado-elípticas de 1 a 5 cm de largo por 1 a 2 cm de ancho, margen entero, ápice acuminado. Flores en panículas de color blanco, sésiles, miden de 5 a 10 cm de largo. Frutos en drupa (Chacalo & Corona y Nava, 2010) (Figura 46).



FIGURA 46 *LIGUSTRUM*

DESCRIPCIÓN PALINOLÓGICA

Grano de polen es isopolar y radioisométrico, de circular a elíptico, mide 30 μm , tricolporado, superficie reticulada (Martínez-Bernal, *et al.*, 2010)



FIGURA 47 POLEN DE *LIGUSTRUM* 40X

DISTRIBUCIÓN

Especie nativa de China, Corea y Japón. ampliamente cultivada en la ciudad.

MYRTACEAE

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Árbol perennifolio, monoico que alcanza hasta 30 m de altura, su corteza es grisácea o blanquecina; de ramas péndulas, presentan dimorfismo foliar las hojas jóvenes son más anchas que las adultas, opuestas o generalmente alternas; sus flores son blanquecinas, pequeñas, dispuestas en umbelas axilares (Pérez-Olvera, *et al.*, 2009).



FIGURA 48 MYRTACEAE

DESCRIPCIÓN PALINOLÓGICA

Grano de polen tricolporado, ornamentación psilada; eje polar de 12.5 μm y eje ecuatorial de 15 μm , forma suboblato de acuerdo con la fórmula de Erdtman: $P/E=12.5/15=0.83$; radiosimétrico, isopolar (Martínez-Bernal, *et al.*, 2010).



FIGURA 49 POLEN DE MYRTACEAE

MORUS

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Moraceae

Género: Morus L.

DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

Árbol monoico o dioco perennifolio de 15 m de altura, corteza rugosa gris claro, con numerosas lenticelas, hojas simples, alternas de forma ovada a orbicular-ovada de 5 a 15 cm de largo por 4 a 12 cm de ancho, margen dentada, ápice acuminado. Flores en amentos independientes de 1 a 2 cm de largo. Fruto de 2 a 5 cm de largo, blanco, rosa o purpura (González-Castañeda & Ibarra Manríquez, 2012)



FIGURA 50 MORUS

DESCRIPCION PALINOLOGICA

Polen isopolar, radiosimétrico, forma esferoidal, diámetro de 13-20 micras. Ditrizoniporado, con poros de 2-3 micras de diámetro, con el opérculo granuloso, provistos de oncus. Superficie escábrida con gránulos irregularmente distribuidos (Martínez-Bernal, *et al.*, 2010).

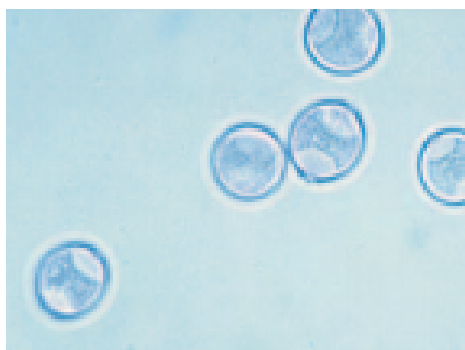


FIGURA 51 POLEN DE *MORUS* 40X

DISTRIBUCIÓN

De Estados Unidos a Centroamérica. Introducida en Sudamérica (Berg, 2001). En México se le encuentra por la vertiente pacífica, desde Sonora hasta Chiapas, y por la vertiente atlántica en Tamaulipas y Veracruz; en el centro del país se le ha recolectado en Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro y San Luis Potosí (González-Castañeda & Ibarra- Manríquez, 2012)

PINUS

CLASIFICACION TAXONÓMICA

Reino: Plantae

Phylum: Tracheophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: *Pinus sp.*

Familia Pinaceae con varias especies representadas en la zona sur: *Pinus douglasiana*, *P. menziesii*, *P. leiophylla*, *P. maximartinezi*, *P. pringlei*, *P. cembroides*, *P. ayacahuite*, *P. jeffreyi*, *P. radiata*, *P. rudis*, *P. lumholtzii*, *P. lawsonii*, *P. cembroides* (Vazquez-Yanez, *et al.*, 1999).



FIGURA 52 *PINUS* SP TOMADA DE NATURALISTA-CONABIO: (c) CARLOS GALINDO-LEAL, ALGUNOS DERECHOS RESERVADOS (CC BY-NC)

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Árboles resinosos, perennes. Copa piramidal. Hojas aciculares, dispuestas en espiral o en fascículos. Estructuras reproductoras en conos o estróbilos. Los conos masculinos crecen en los extremos terminales de las ramas más externas, con abundantes esporangios y gran cantidad de polen, el número de esporangios por microsporófila varía de acuerdo con la especie. Los conos femeninos crecen en los extremos de las ramas superiores y portan dos óvulos por escama ovulífera (Vázquez-Yanes, *et al.*, 1999).



FIGURA 53 *PINUS* SP (FOTO TOMADA DE [HTTP://WWW.ARBOLES.ORG/INDEX.HTML](http://www.arboles.org/index.html))

DESCRIPCIÓN PALINOLOGICA

Polen heteropolar y disimétrico. Posee un cuerpo central ovoide en su eje mayor, posee dos sacos aeríferos o flotadores. Su tamaño es grande; el cuerpo central mide 29,7-62,1 x 55,5-81,0 x 45,9-72,9 μm y los sacos aeríferos 13,5-37,8 x 29,7-64,8 x 45,9-78,3 μm (Martínez-Bernal, *et al.*, 2010).



FIGURA 54 POLEN DE *PINUS* 40X

DISTRIBUCION

Existen bosques de pino en todas las entidades federativas del país, su distribución geográfica coincide con la de los elevados macizos montañosos; así se presenta en los extremos norte y sur de Baja California, a lo largo de la Sierra Madre Oriental hasta el Trópico de Cáncer, las mayores poblaciones de *Pinus* están en Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Zacatecas (Vázquez-Yanes, *et al.*, 1999)

QUERCUS

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Fagaceae

Género: *Quercus* L.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Árbol perennifolio, copa amplia, con troncos delgados y ramosos desde la base cuando joven. Corteza lisa y grisácea. Hojas simples, enteras, alternas, cortamente pecioladas (Vázquez-Yanes, *et al.*, 1999).



FIGURA 55 *QUERCUS*

DESCRIPCIÓN PALINOLÓGICA

Grano de polen trizocolporado; ornamentación psilada; eje polar de (25-)28(-33) μm y eje ecuatorial de (18-)24(-30) μm , forma subprolato de acuerdo con la fórmula de Erdtman: $P/E=28/24=1.16$; radiosimétrico e isopolar (Martínez-Bernal, *et al.*, 2010).

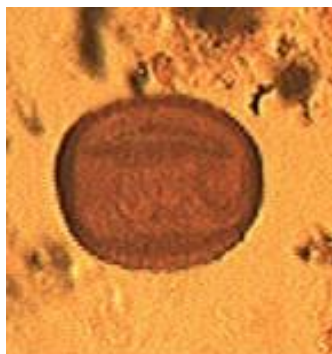


FIGURA 56 POLEN DE *QUERCUS* 40X

DISTRIBUCIÓN

El género *Quercus* representa mayor distribución en todo el mundo. Se encuentra en casi todos los bosques templados del hemisferio norte, así como en algunas regiones tropicales y subtropicales del mismo. Incluso existen algunas especies en hábitats más secos, en el sureste de Asia y nororiente de África. En América se localiza desde Canadá hasta Colombia, incluyendo Cuba (Valencia 2004)

SALIX

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malpighiales

Familia: Salicaceae

Género: *Salix* L

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Árbol dioico perennifolio de 15 m de altura, ramas colgantes, corteza fisurada castaño grisáceo, hojas simples, alternas, de forma lanceolada a oblongas de 6 a 13 cm de largo por 1 a 3 cm de ancho. Flores en amentos cilíndricos de 3 a 6 cm de largo (Vázquez-Yanes, *et al.*, 1999).



FIGURA 57 *SALIX*

DESCRIPCIÓN PALINOLOGICA

Los granos de polen son isopolares, con simetría radial, prolato-esferoidales, cuyo eje mayor mide 23-30 micras; subtriangulares. Trizonicolporados con colpos. Exina reticulada, con lúmenes grandes de hasta 3-4 micras que se reducen hacia las zonas próximas a las aberturas y con muros de superficie granulosa, especialmente en sus vértices. Exina de 1,5-2 micras de espesor (Martínez-Bernal, *et al.*, 2010).

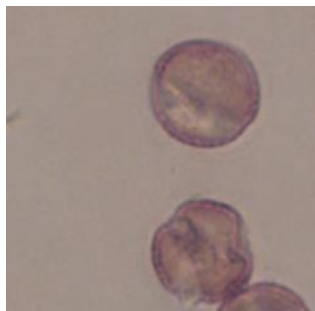


FIGURA 58 POLEN DE *SALIX* 40X

DISTRIBUCIÓN

Se extiende como especie nativa desde Arizona, Nuevo México y Texas en Estados Unidos hasta el sur de México y Guatemala. En México se distribuye en Sonora y Chihuahua, y de Coahuila a Oaxaca. En el Valle de México se le encuentra a la orilla de canales, zanjas y arroyuelos, crece de manera silvestre en Xochimilco y Tláhuac, en el Distrito Federal (Vázquez-Yanes, *et al.*, 1999).

COMPLEJO AMARANTHACEAE/CHENOPODIACEAE

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Género: *Chenopodium* L.

Amaranthus L.

DESCRIPCION BOTÁNICA

Las especies del género *Chenopodium* son anuales o perennes, tallo de erguido a postrado, simple o ramoso. Hojas alternas, pecioladas. Inflorescencias generalmente en panícula formada por glomérulos o cimas. Las especies del género *Amaranthus* son herbáceas o ligeramente sufruticosas, con las hojas alternas, enteras, pecioladas. Inflorescencias en glomérulos axilares, flores unisexuales, Frutos monospermos con las semillas negras brillantes, de contorno lenticular o comprimido-ovoideas (Vázquez-Yanes, *et al.*, 1999).



FIGURA 59 COMPLEJO AMARANTHACEAE/CHENOPODIACEAE

DESCRIPCIÓN PALINOLÓGICA

Polen apolar, esferoidal, de diámetro 20-29 micras. Pantoporado, con más de 25 poros circulares de alrededor de 1,7 micras de diámetro, eje polar de (15-)16(-18) μm y eje ecuatorial de (15-)16(-18) μm , forma esferoidal de acuerdo a la fórmula de Erdtman: $P/E = 16/16 = 1$; radiosimétrico y apolar (Martínez-Bernal, *et al.*, 2010).



FIGURA 60 POLEN DEL COMPLEJO CHENOPODIACEAE/AMARANTHACEAE

DISTRIBUCIÓN

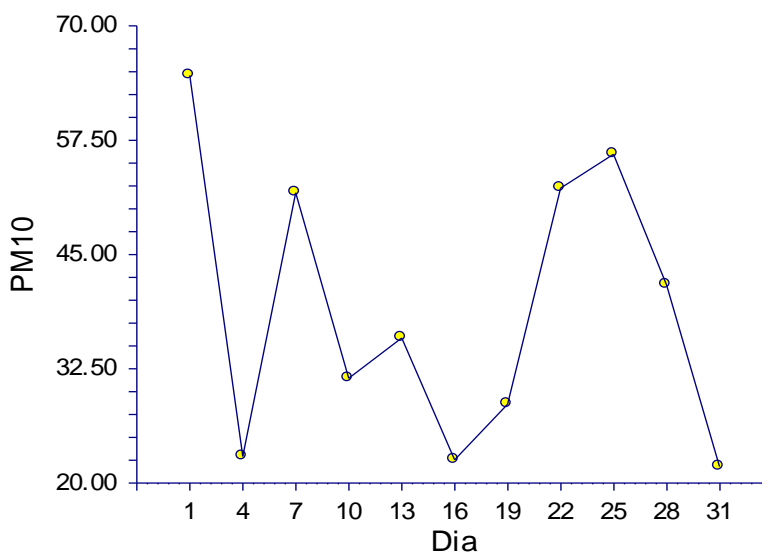
Se ha registrado en Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luís Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (Villaseñor & Espinosa, 1998).

ANEXO 2

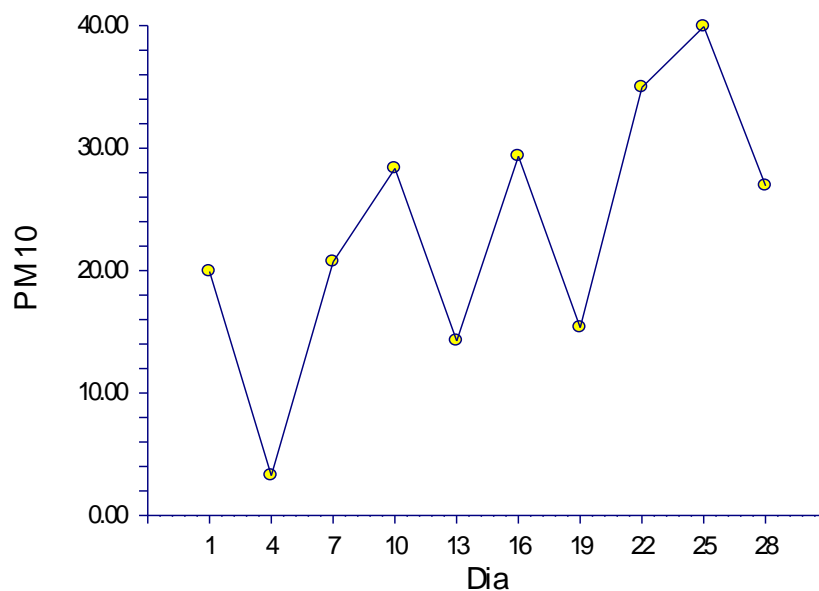
CONCENTRACIONES DE PM10

ANÁLISIS ENTRE DÍAS DE PM10

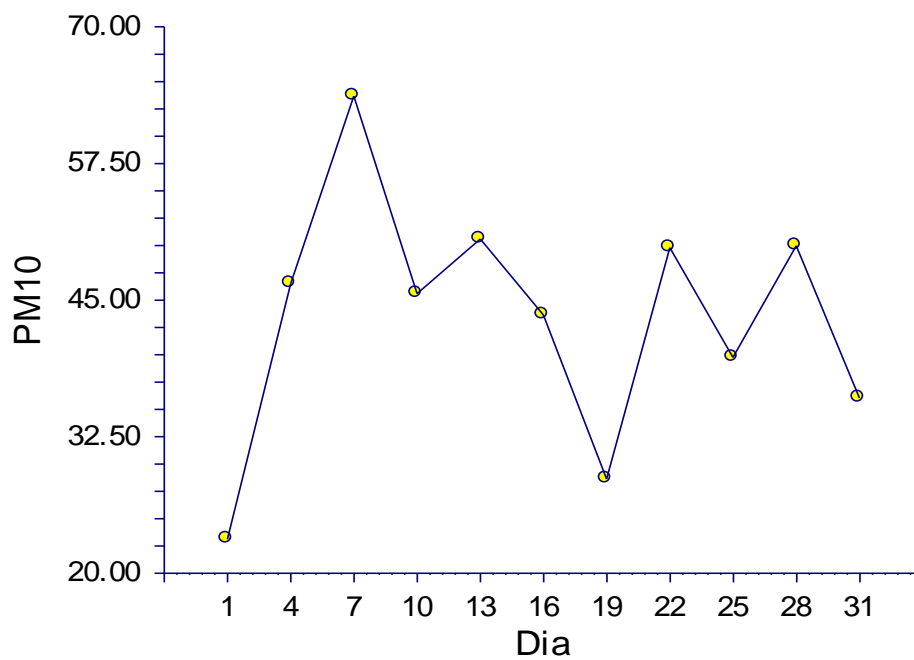
En el mes 1, las PM10 variaron significativamente entre días ($H= 79.80$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 1, 25 y los mínimos en los días 31,16



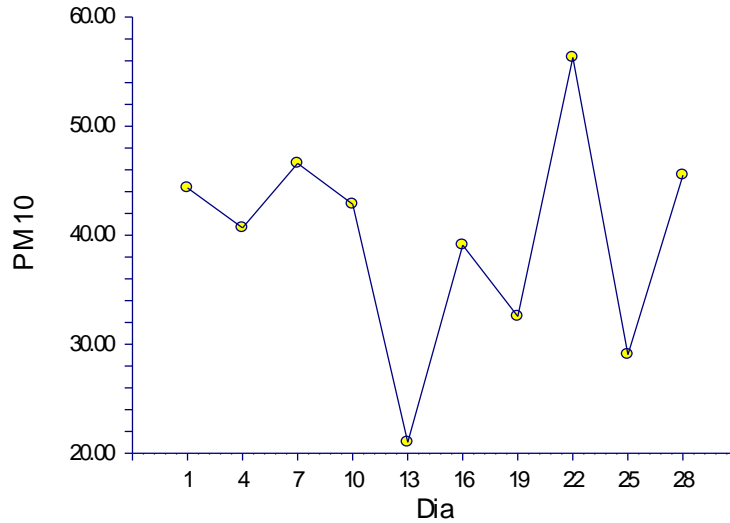
En el mes 2, las PM10 variaron significativamente entre días ($H=77.00$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 25, 22 y los mínimos en los días 4,13



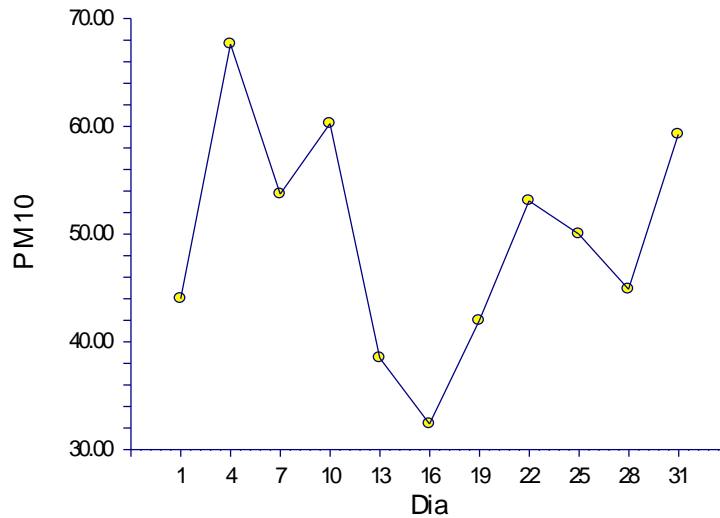
En el mes 3, las PM10 variaron significativamente entre días ($H=62.03$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 1, 19 y los mínimos en los días 7,13



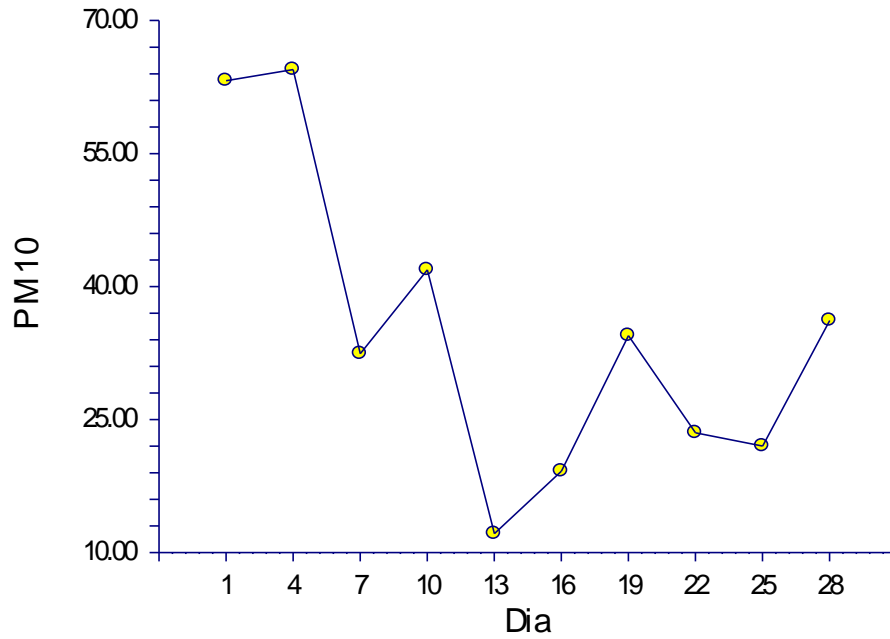
En el mes 4, las PM10 variaron significativamente entre días ($H= 57.337$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 22,7 y los mínimos en los días 13,25



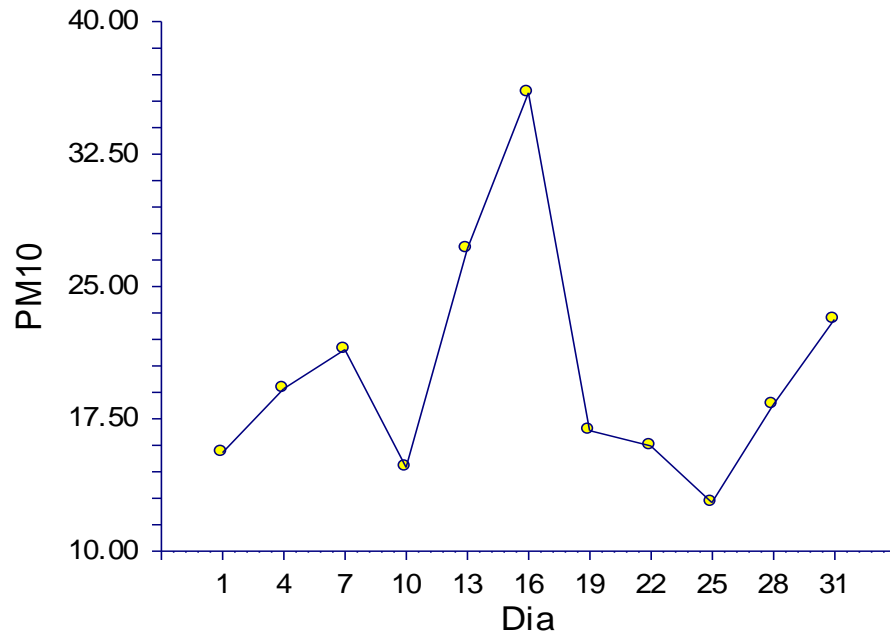
En el mes 5, las PM10 variaron significativamente entre días ($H= 34.44989$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 4,10 y los mínimos en los días 16,13



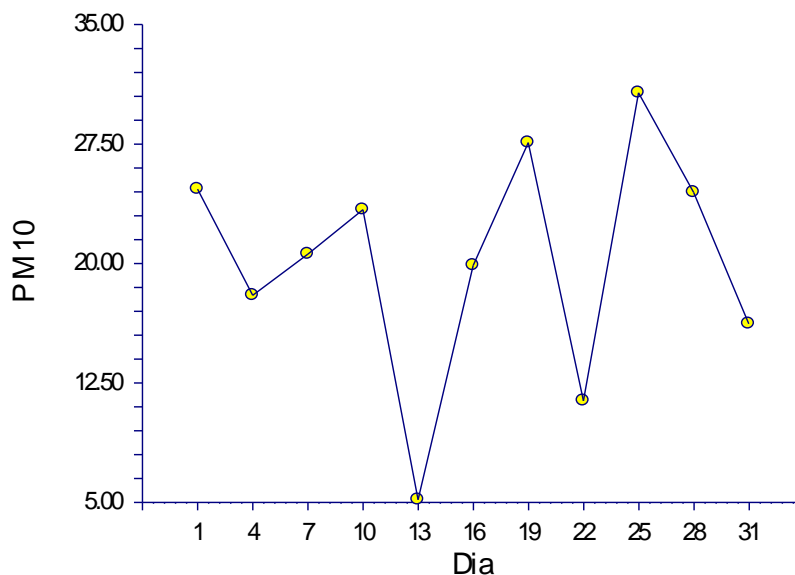
En el mes 6, las PM10 variaron significativamente entre días ($H= 81.95$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 4,1 y los mínimos en los días 13, 16



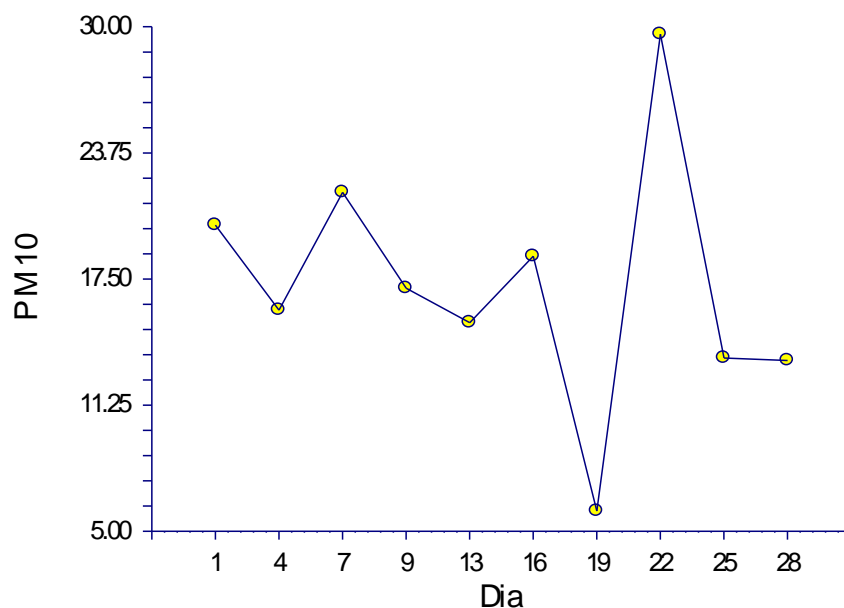
En el mes 7, las PM10 variaron significativamente entre días ($H= 39.92$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 16,13 y los mínimos en los días 25, 10



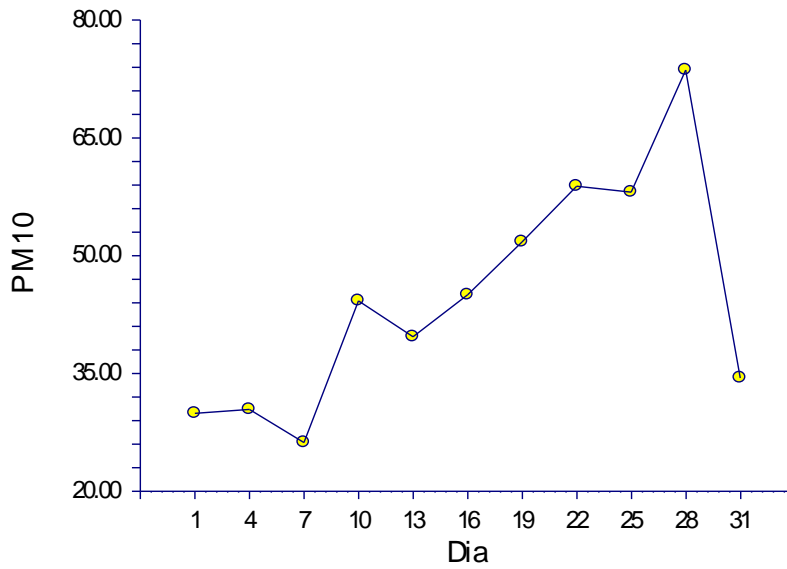
En el mes 8, las PM10 variaron significativamente entre días ($H= 46.66$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 25,19 y los mínimos en los días 13,22



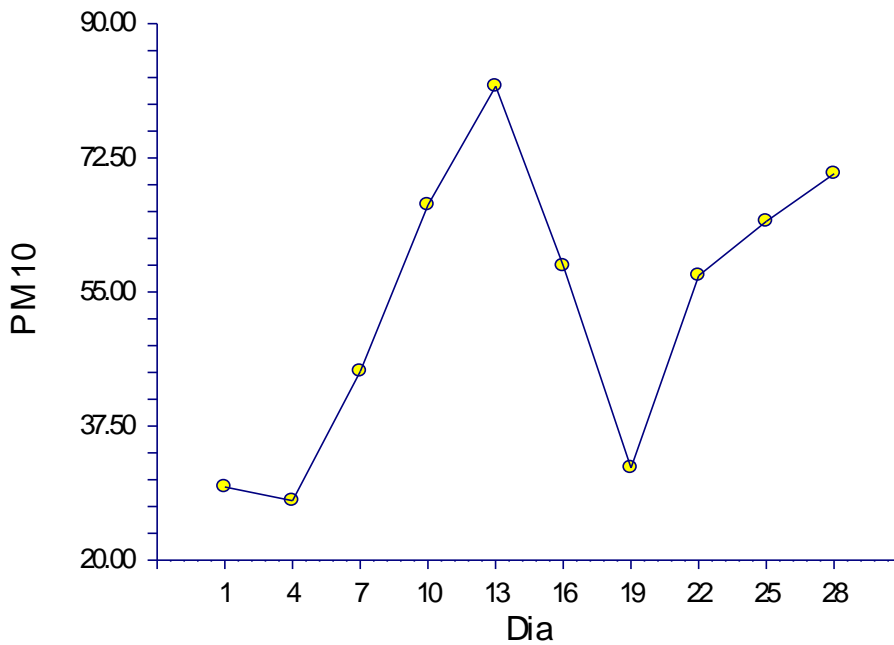
En el mes 9, las PM10 variaron significativamente entre días ($H= 42.7760$; $P=0.000002$), observándose los máximos valores en los días 22,7 y los mínimos en los días 19,28



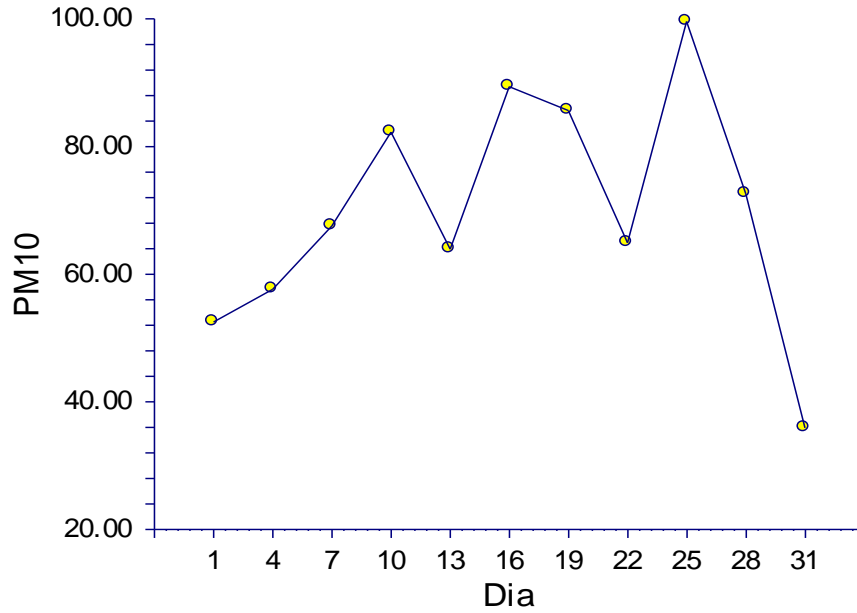
En el mes 10, las PM10 variaron significativamente entre días ($H=38.25$; $P=0.000034$), observándose los máximos valores en los días 28,22 y los mínimos en los días 7,1



En el mes 11, las PM10 variaron significativamente entre días ($H= 92.530$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 13,28 y los mínimos en los días 4,1

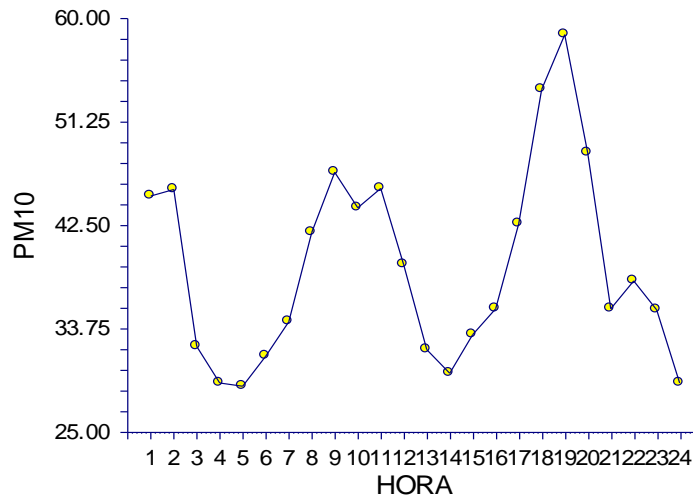


En el mes 12, las PM10 variaron significativamente entre días ($H= 53.715$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 25,16 y los mínimos en los días 31,1

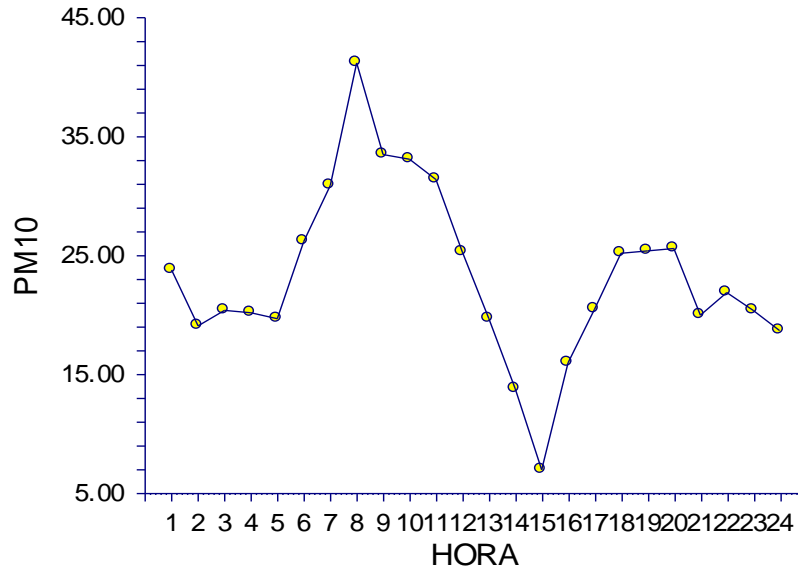


ANALISIS ENTRE HORAS DE PM10

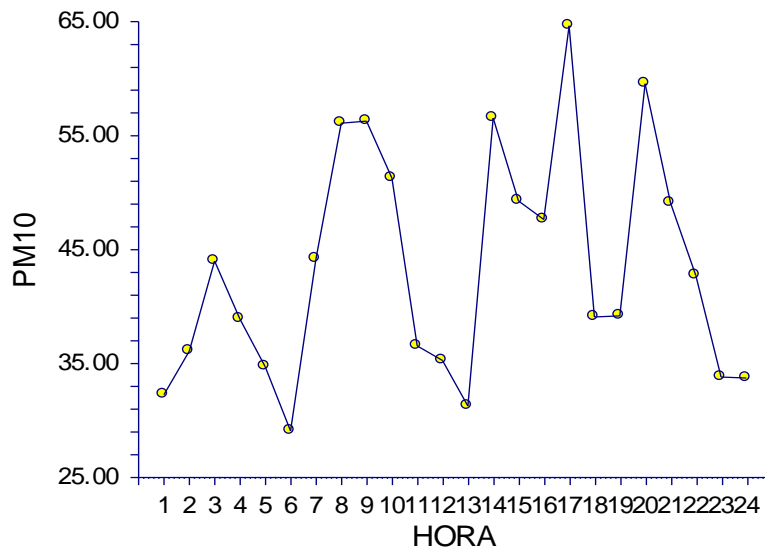
En el mes 1, las PM10 variaron significativamente entre horas ($H=36.7121$; $P=0.034887$), observándose los máximos valores en los días 19, 18 y los mínimos en los días 5 y 4.



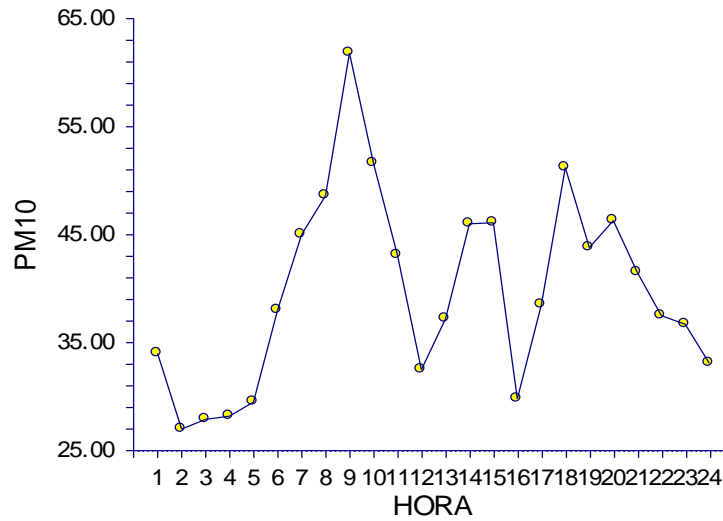
En el mes 2, las PM10 NO variaron significativamente entre horas ($H=29.74011$; $P=0.157009$).



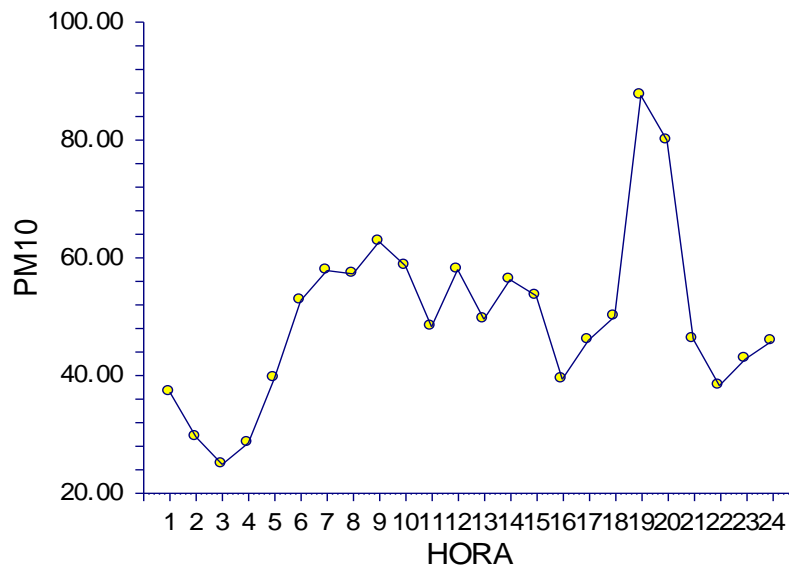
En el mes 3, las PM10 variaron significativamente entre horas ($H=41.07714$; $P=0.011604$), observándose los máximos valores en los días 17, 20 y los mínimos en los días 6 y 13.



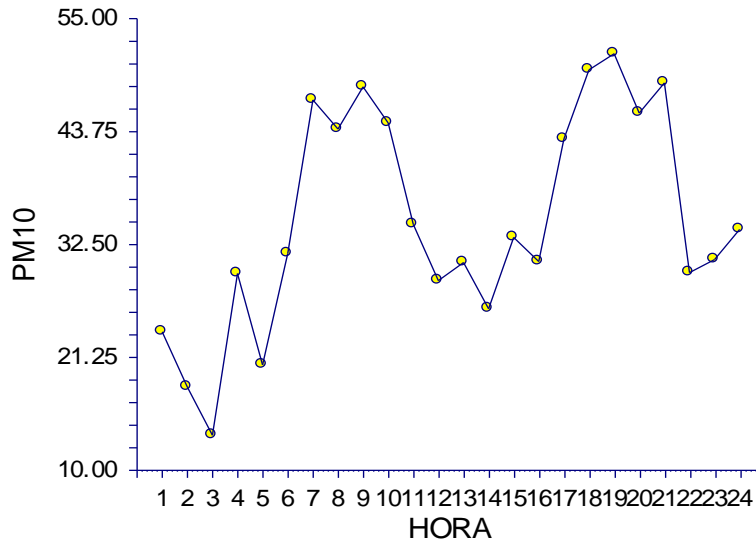
En el mes 4, las PM10 variaron significativamente entre horas ($H=38.37108$; $P=0.023232$), observándose los máximos valores en los días 9,10 y los mínimos en los días 2 y 3.



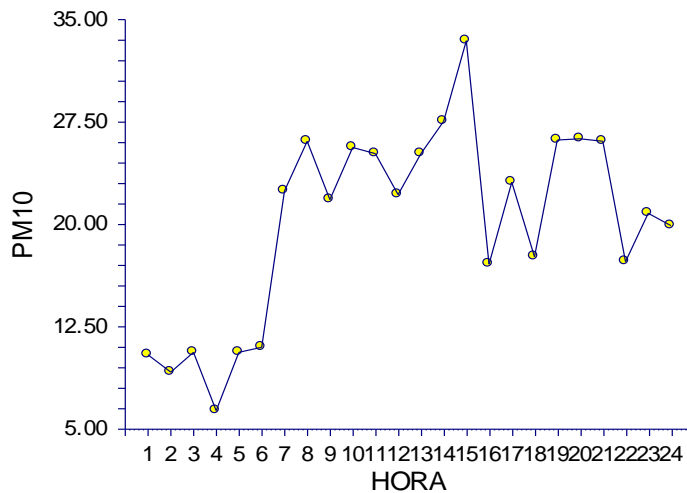
En el mes 5, las PM10 variaron significativamente entre horas ($H=47.4436$; $P=0.001970$), observándose los máximos valores en los días 19, 20 y los mínimos en los días 3 y 4.



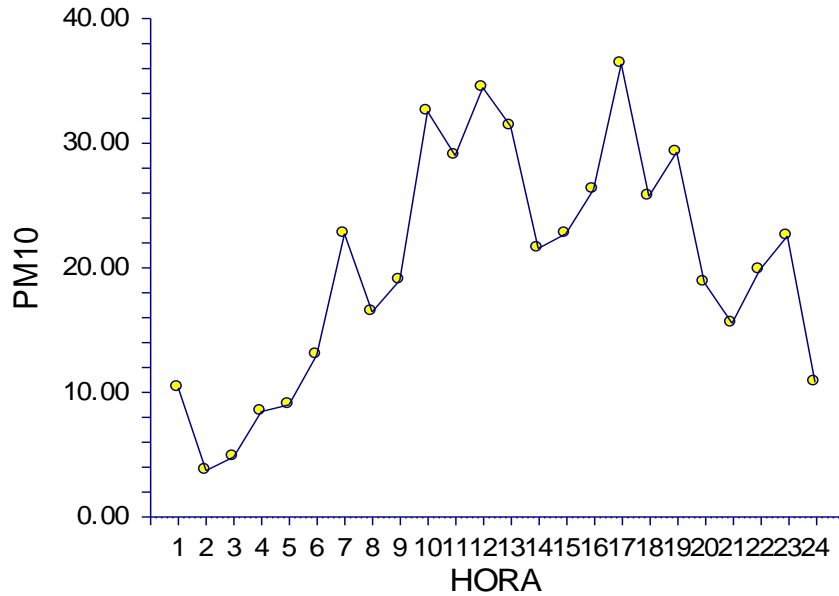
En el mes 6, las PM10 NO variaron significativamente entre horas ($H=34.54278$; $P=0.057707$).



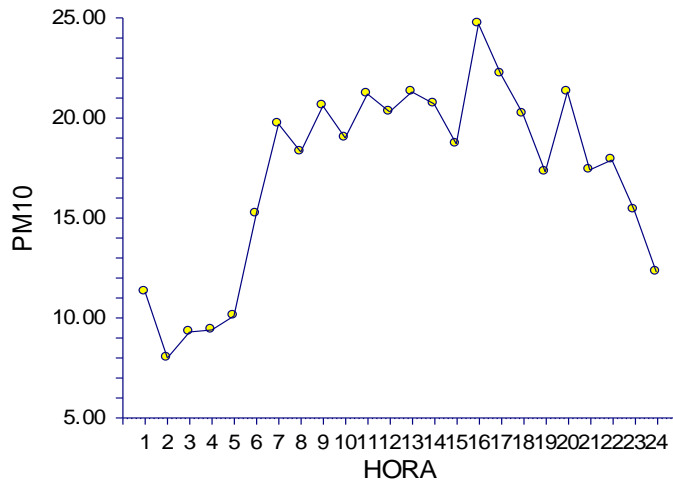
En el mes 7, las PM10 variaron significativamente entre horas ($H=66.69302$; $P=0.00004$), observándose los máximos valores en los días 15,14 y los mínimos en los días 4,2.



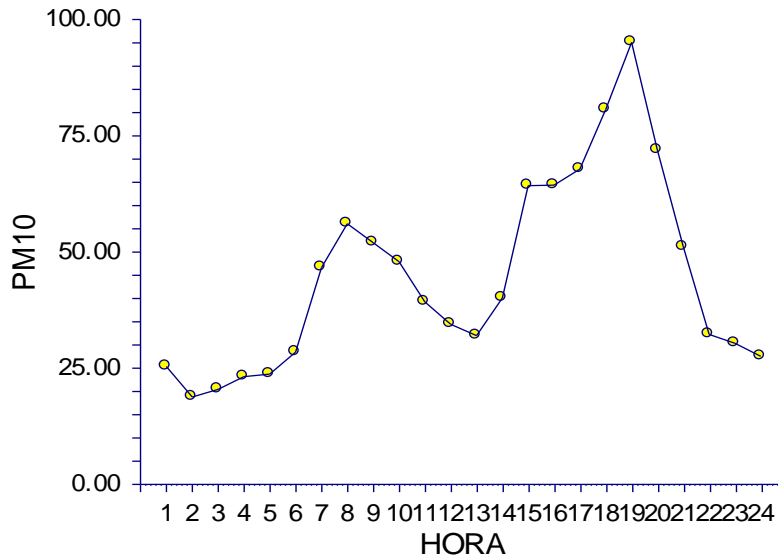
En el mes 8, las PM10 variaron significativamente entre horas ($H=74.99929$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 17,12 y los mínimos en los días 2,3.



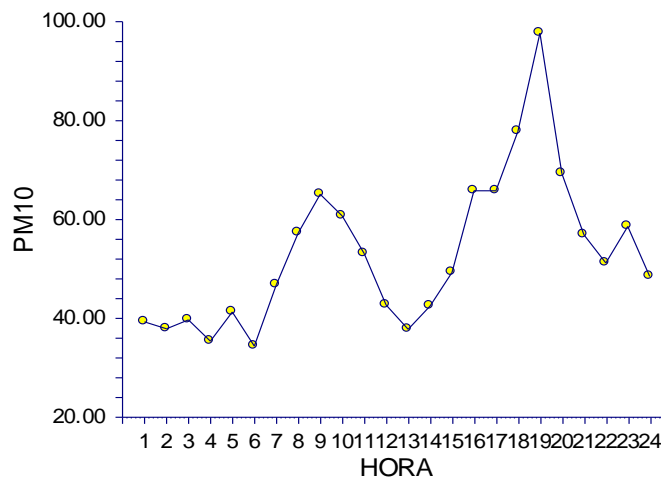
En el mes 9, las PM10 variaron significativamente entre horas ($H=35.66885$; $P=0.044576$), observándose los máximos valores en los días 16,17 y los mínimos en los días 2,3.



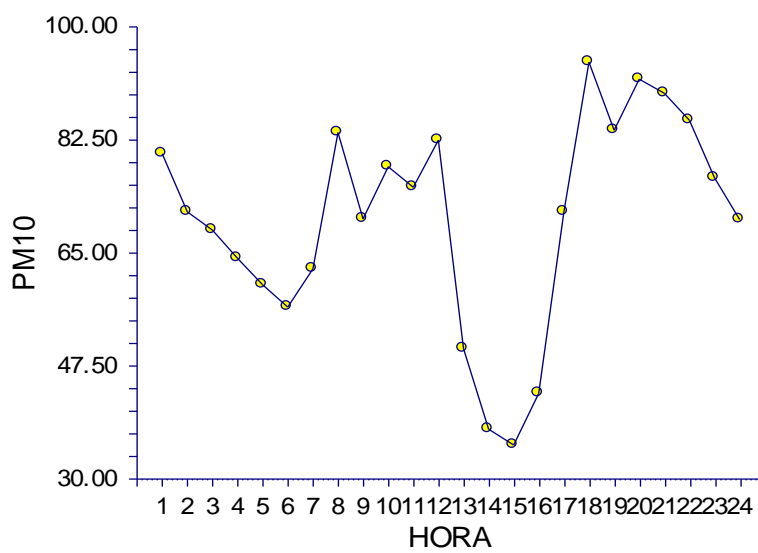
En el mes 10, las PM10 variaron significativamente entre horas ($H=104.4856$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 19,18 y los mínimos en los días 2,3.



En el mes 11, las PM10 variaron significativamente entre horas ($H=49.88177$; $P=0.000955$), observándose los máximos valores en los días 19,18 y los mínimos en los días 6,4.



En el mes 12, las PM10 variaron significativamente entre horas ($H=54.55493$; $P=0.000225$), observándose los máximos valores en los días 18,20 y los mínimos en los días 15,14.

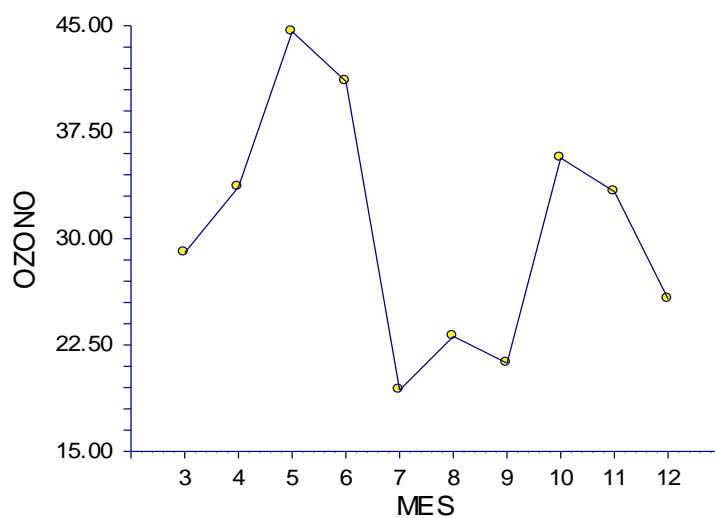


ANEXO 3

CONCENTRACIONES DE OZONO

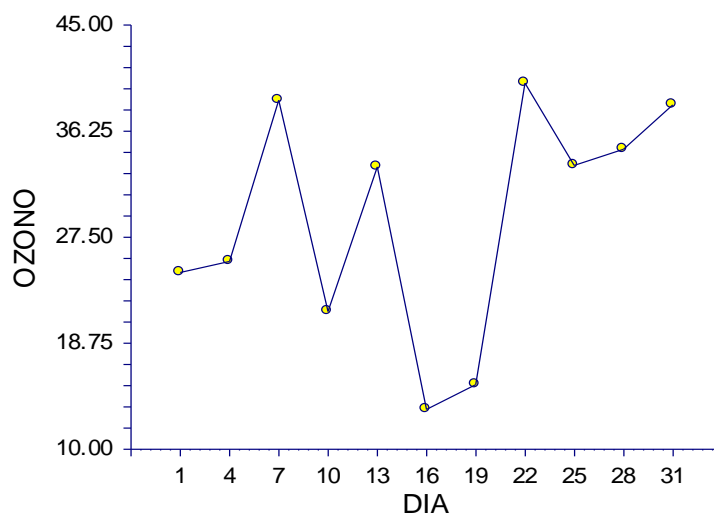
ANÁLISIS DE OZONO

El ozono varió significativamente entre meses ($H=142.11$; $P<0.00001$), observándose los máximos valores en los meses 5 y 6 y los mínimos en los meses 7 y 9

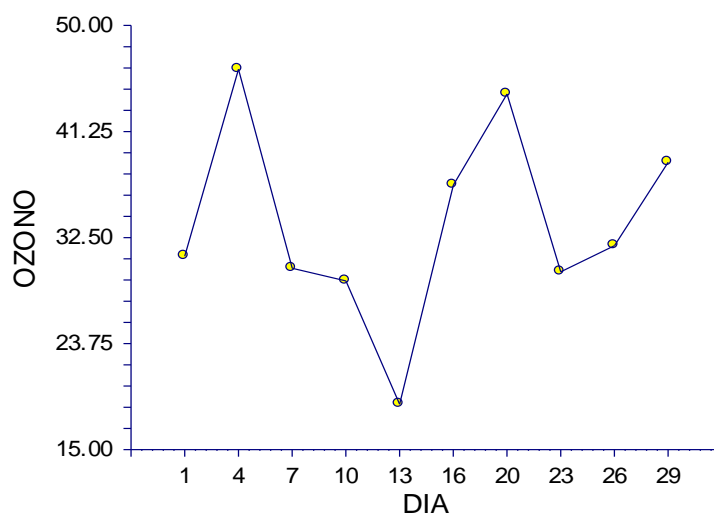


ANÁLISIS ENTRE DÍAS

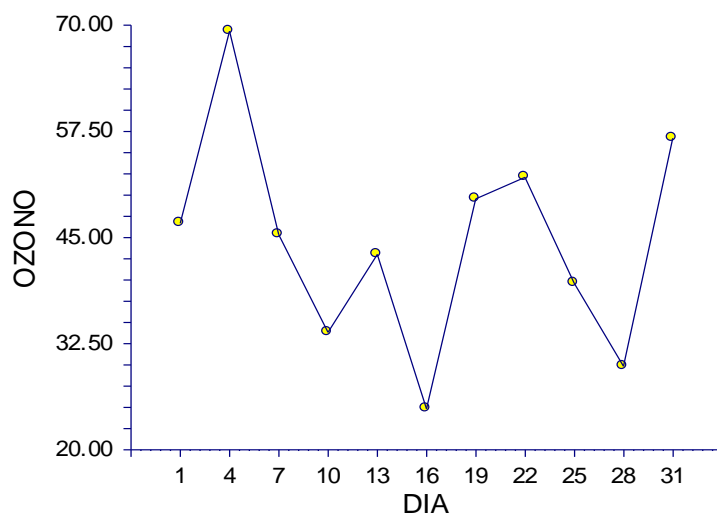
En el mes 3, el ozono varió significativamente entre días ($H= 19.49$; $P=0.034$), observándose los máximos valores en los días 22 y 7 y los mínimos en los días 16 y 19.



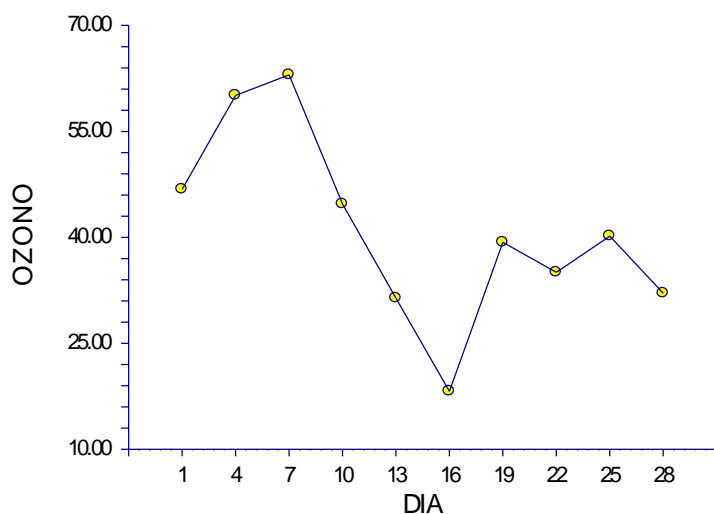
En el mes 4, el ozono NO varió significativamente entre días ($H= 16.94$; $P=0.050$).



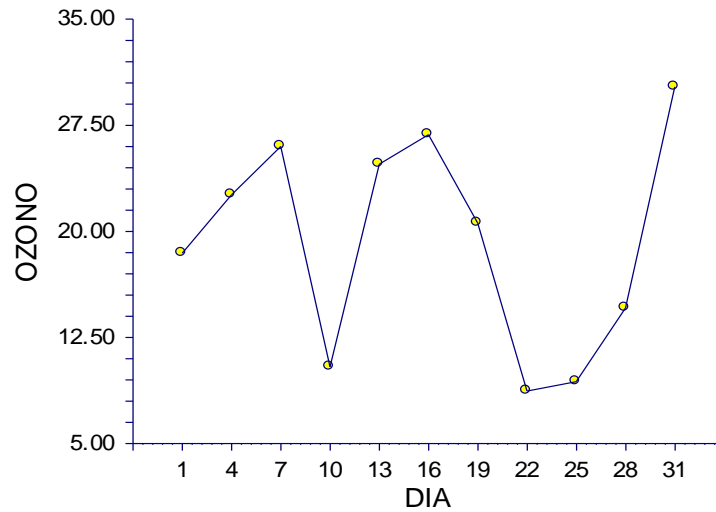
En el mes 5, el ozono varió significativamente entre días ($H= 25.70$; $P=0.004$), observándose los máximos valores en los días 4 y 31 y los mínimos en los días 28 y 16.



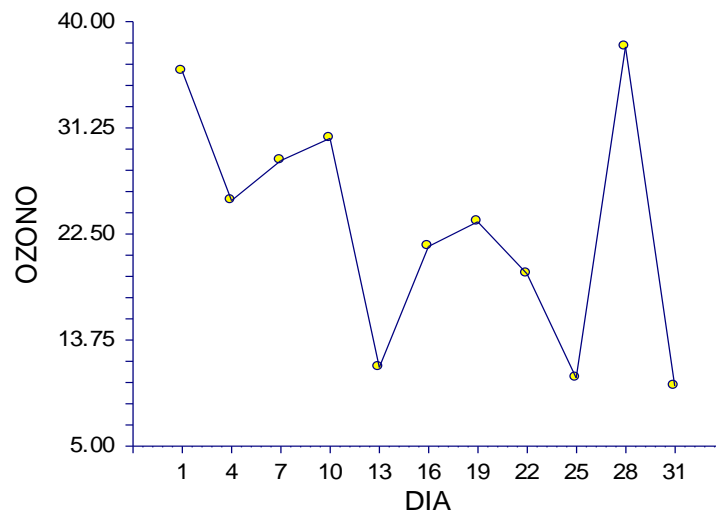
En el mes 6, el ozono varió significativamente entre días ($H= 24.25$; $P=0.004$), observándose los máximos valores en los días 7 y 4 y los mínimos en los días 16 y 13.



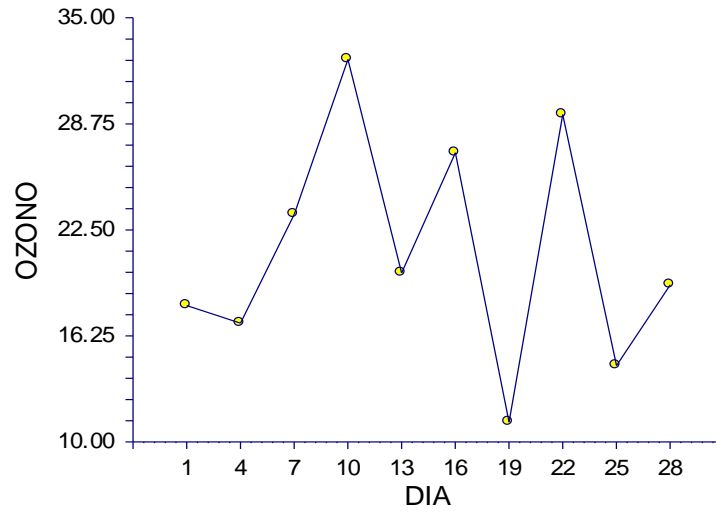
En el mes 7, el ozono varió significativamente entre días ($H= 23.35$; $P=0.001$), observándose los máximos valores en los días 31 y 16 y los mínimos en los días 22 y 25.



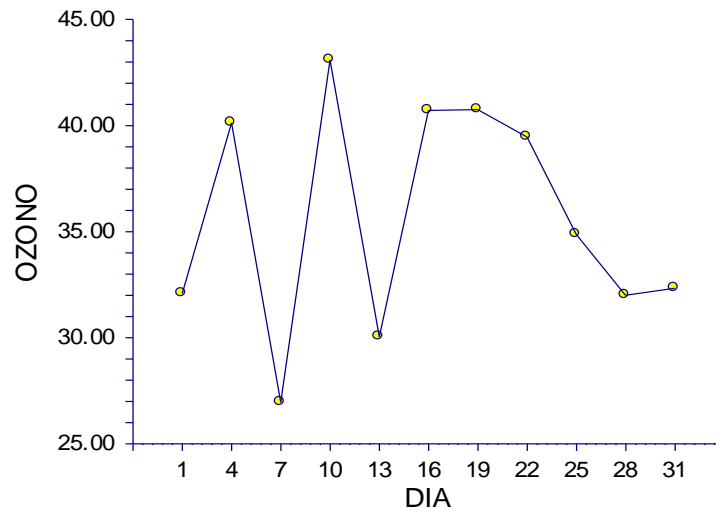
En el mes 8, el ozono varió significativamente entre días ($H= 31.52$; $P=0.0005$), observándose los máximos valores en los días 28 y 1 y los mínimos en los días 31 y 25.



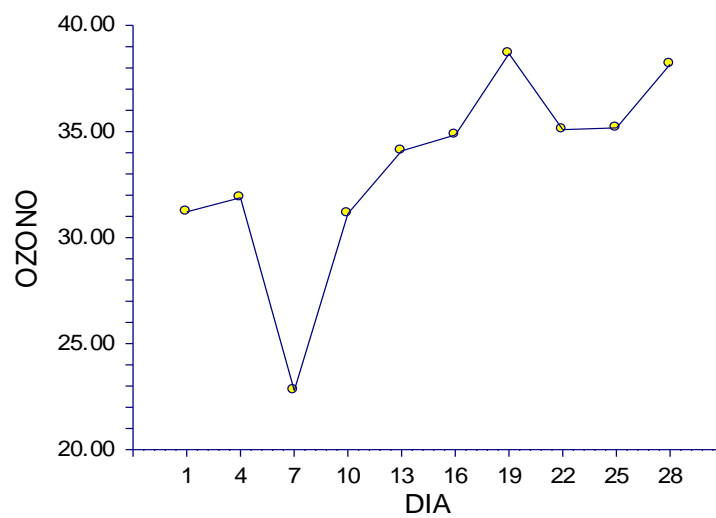
En el mes 9, el ozono NO varió significativamente entre días ($H= 10.01$; $P=0.349$).



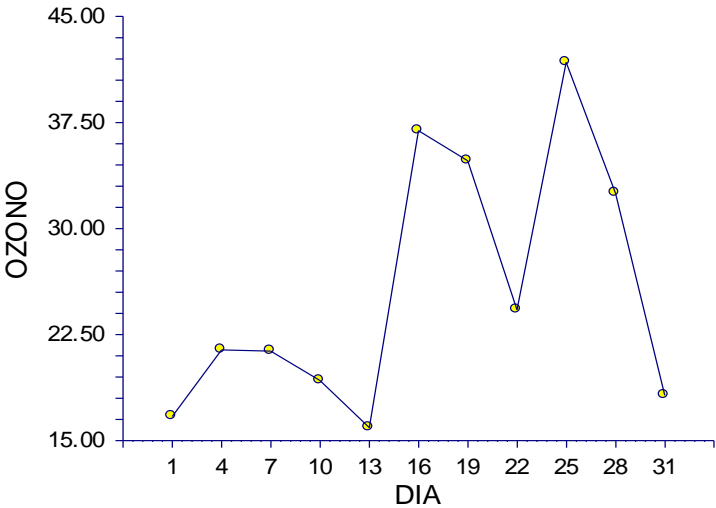
En el mes 10, el ozono NO varió significativamente entre días ($H= 8.07$; $P=0.622$).



En el mes 11, el ozono NO varió significativamente entre días ($H=11.32$; $P=0.254$).

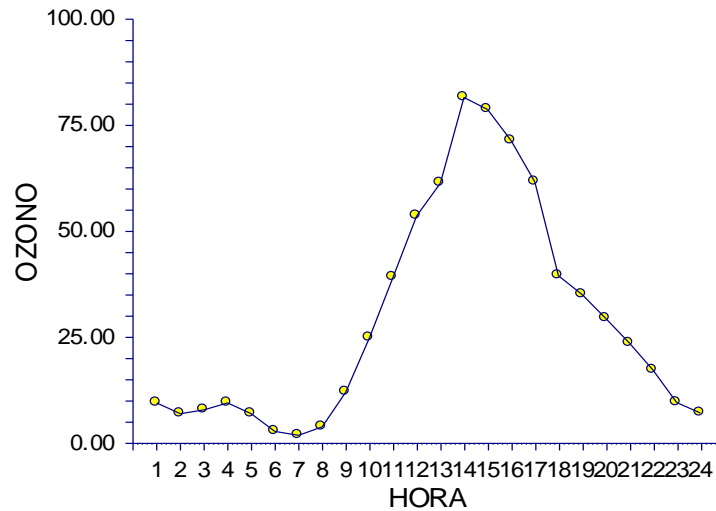


En el mes 12, el ozono varió significativamente entre días ($H=25.46$; $P=0.004$), observándose los máximos valores en los días 25 y 16 y los mínimos en los días 13 y 1.

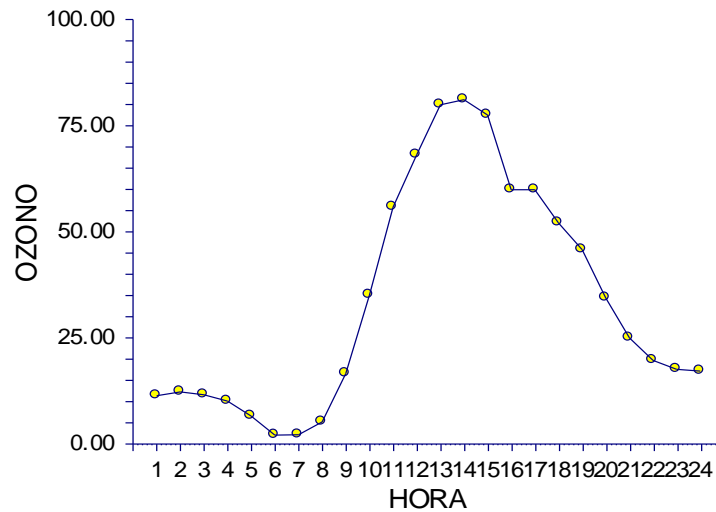


ANÁLISIS ENTRE HORAS

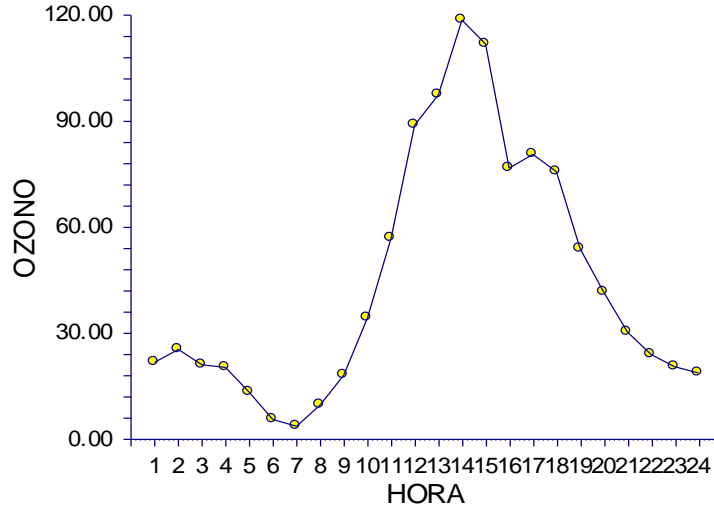
En el mes 3, el ozono varió significativamente entre horas ($H=160.50$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 14 y 15 y los mínimos en los días 7 y 6.



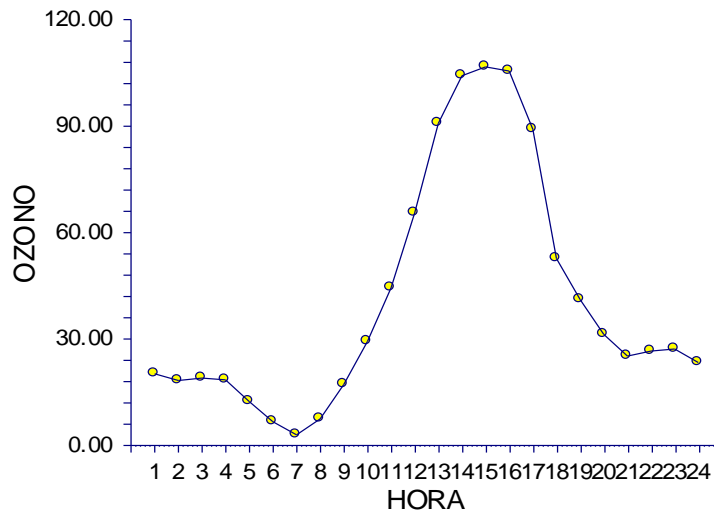
En el mes 4, el ozono varió significativamente entre horas ($H=188.53$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 14 y 13 y los mínimos en los días 6 y 7.



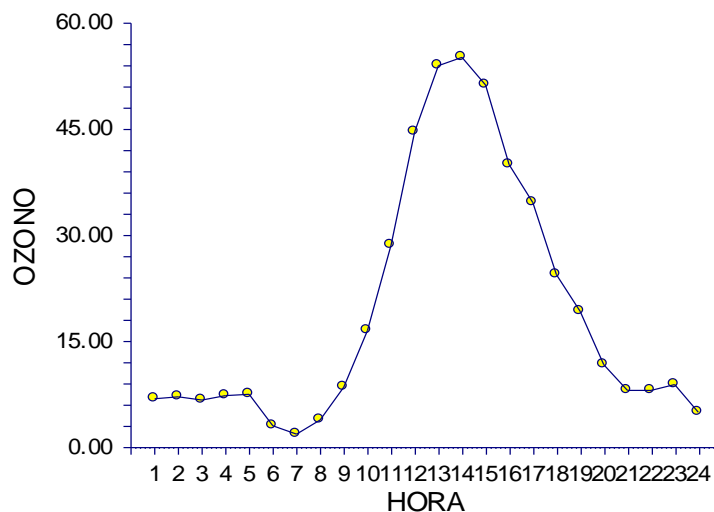
En el mes 5, el ozono varió significativamente entre horas ($H=173.93$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 15 y 14 y los mínimos en los días 7 y 6.



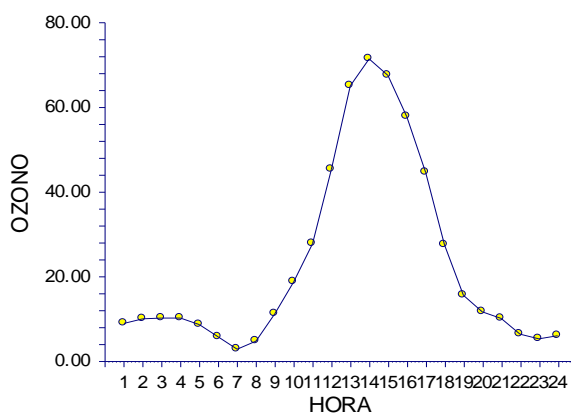
En el mes 6, el ozono varió significativamente entre horas ($H=148.93$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 16 y 15 y los mínimos en los días 7 y 6.



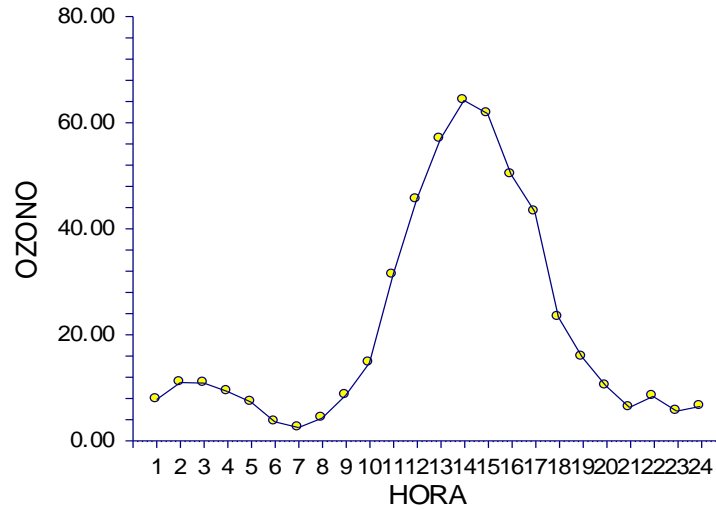
En el mes 7, el ozono varió significativamente entre horas ($H=174.17$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 14 y 13 y los mínimos en los días 7 y 6.



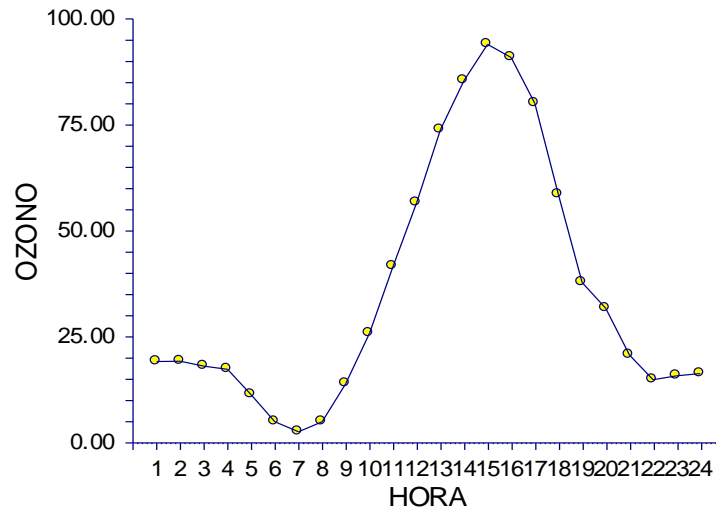
En el mes 8, el ozono varió significativamente entre horas ($H=159.65$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 15 y 14 y los mínimos en los días 7 y 8.



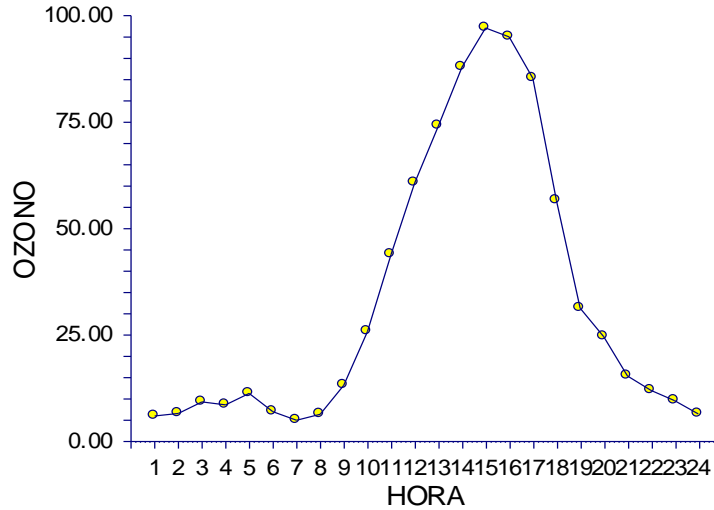
En el mes 9, el ozono varió significativamente entre horas ($H=168.19$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 15 y 14 y los mínimos en los días 7 y 6.



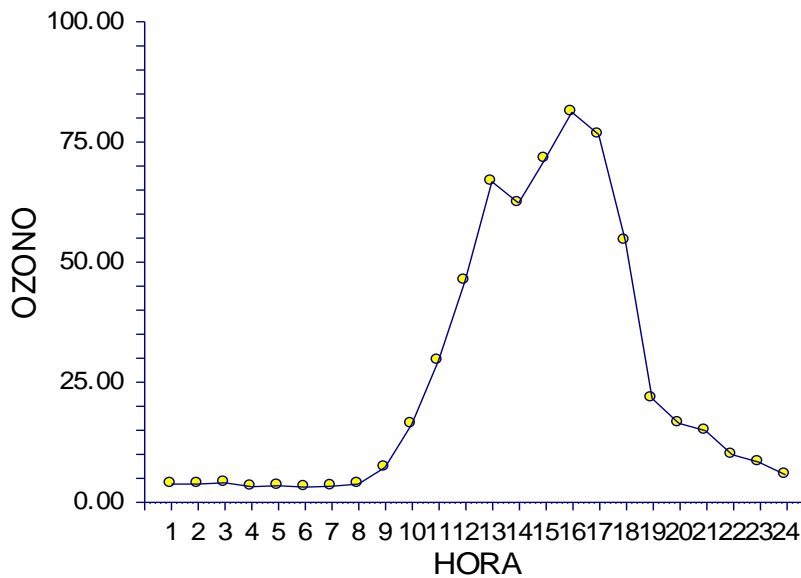
En el mes 10, el ozono varió significativamente entre horas ($H=192.44$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 15 y 16 y los mínimos en los días 7 y 6.



En el mes 11, el ozono varió significativamente entre horas ($H=194.15$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 16 y 15 y los mínimos en los días 7 y 1.



En el mes 12, el ozono varió significativamente entre horas ($H=163.18$; $P<0.0001$), observándose los máximos valores en los días 17 y 16 y los mínimos en los días 6 y 4.



ANEXO 4

TABLAS ADICIONALES

TABLA 15 CONCENTRACIONES MENSUALES DE LOS TIPOS POLÍNICOS DURANTE EL 2010

TIPO POLINICO	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Abies</i>	14.86	32.77	212.91	35.90	22.29	2.29	14.86	32.77	212.91	0.55	0.69	1.59
<i>Cupressus</i>	224.44	322.08	182.29	3.33	50.20	58.40	224.44	322.08	182.29	5.90	2.43	50.69
<i>Pinus</i>	5.13	2.84	152.91	9.44	69.09	11.11	5.13	2.84	152.91	0.48	0.97	0.34
<i>Alnus</i>	57.43	127.22	80.48	0.20	22.91	36.59	57.43	127.22	80.48	7.63	42.77	30.83
<i>Casuarina</i>	30	31.38	23.33	0.69	1.11	0	30	31.38	23.33	0	1.04	10.69
Myrtaceae	42.5	12.70	56.25	0.20	9.02	3.12	42.5	12.70	56.25	0.06	0.069	0
<i>Fraxinus</i>	1203.47	1275.48	517.22	0	0	0	1203.47	1275.48	517.22	0.27	2.08	4.79
<i>Ligustrum</i>	222.91	0.48	2.15	0	0	0	222.91	0.48	2.15	2.63	89.09	277.91
<i>Salix</i>	0	0.27	0	0	0	0	0	0.27	0	0	0	0
<i>Schinus molle</i>	2.98	1.11	0	0	0	0	2.98	1.11	0	3.75	0.625	0
<i>Quercus</i>	18.47	0.97	0	0	0	0	18.47	0.97	0	0	0	0
Amaranthaceae/Chenopodiaceae	3.12	2.22	25.76	0.27	5.41	4.30	3.12	2.22	25.76	0.27	0.06	0.13
Poaceae	8.88	13.68	317.63	5.34	5.41	11.18	8.88	13.68	317.63	0	0.20	0.41
Urticaceae	25	10.34	14.79	0.13	0	0	25	10.34	14.79	0	0	0.13
<i>Ricinus</i>	17.5	1.94	15.97	0.20	0	0	17.5	1.94	15.97	2.15	0.41	0.55
Moraceae	4.02	3.19	23.19	0	2.36	2.77	4.02	3.19	23.19	0.06	0	0
Asteraceae	4.58	1.52	9.09	0.55	4.51	15.76	4.58	1.52	9.09	0.13	1.875	1.31
<i>Rumex</i>	0.20	0	1.38	0	0	0	0.20	0	1.38	0.06	0	0

TABLA 16 CONCENTRACIONES MENSUALES DE LOS TIPOS POLÍNICOS DURANTE EL 2012

TIPO POLINICO	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Abies</i>	10.34	22.56	134.23	112.15	55.62	12.56	1.52	0.34	0	0.69	0.62	1.87
<i>Cupressus</i>	676.38	345.34	459.58	64.51	15.62	22.77	22.01	7.22	1.31	10.90	47.56	120.13
<i>Pinus</i>	17.29	33.47	283.19	359.65	164.02	24.37	0.83	0.41	0	0.13	1.11	1.80
<i>Alnus</i>	190.41	90.62	85	6.73	1.31	0.48	2.84	0.27	0	0	3.75	34.23
<i>Casuarina</i>	30.90	21.18	20.69	2.98	1.04	5.69	529.09	20.41	0.76	7.56	5.48	10.13
<i>Myrtaceae</i>	54.23	28.61	57.77	20.41	17.22	4.58	6.94	0.83	0.13	1.38	5.34	23.81
<i>Fraxinus</i>	2598.61	746.80	258.68	6.73	1.80	0.48	23.95	15.20	0.69	4.37	299.37	1610.97
<i>Ligustrum</i>	0.62	0.97	1.59	0.20	2.84	7.77	3.54	0.27	0.13	1.38	0.55	1.80
<i>Salix</i>	0.27	1.31	5.55	3.05	3.26	3.33	7.08	1.80	1.38	3.33	1.59	1.94
<i>Schinus molle</i>	0.06	1.18	57.77	38.88	48.12	8.47	1.59	1.66	1.31	1.52	1.66	2.01
<i>Amaranthaceae/Chenopodiaceae</i>	0.20	0.69	280.69	59.09	5.69	3.61	3.05	2.77	0.41	0.97	0.20	0.48
<i>Poaceae</i>	13.12	37.29	827.98	17.29	16.04	9.51	17.70	12.15	4.65	11.04	5.13	7.22
<i>Urticaceae</i>	0	0	0.06	0.06	0.34	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ricinus</i>	0	0.06	53.12	10.55	4.16	0.69	0.06	0	0	0	0	0
<i>Moraceae</i>	9.58	3.40	27.01	7.5	1.11	1.73	0.69	0.76	0	0.41	0.20	0.41
<i>Asteraceae</i>	0.97	2.5	5.48	1.45	1.45	1.45	3.54	3.75	1.11	6.38	5.06	5.83
<i>Rumex</i>	9.16	5.69	5	6.18	1.73	0	0.13	0.55	0.06	0	0.48	1.38
<i>Quercus</i>	0.06	4.30	341.25	118.75	4.65	3.54	0.20	0	0	0.138	0	0.62

TABLA 17 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE PRIMAVERA 2010

Abies	Cupressus	Pinus	Alnus	Casuarina	Myrtaceae	Fraxinus	Ligustrum	Salix	Schinus	Quercus	Chenopodiaceae / Amaranthaceae	Poaceae	Urticaceae	Ricinus	Morus	Asteraceae	Rumex	total
17.92	62.57	14.58	5.35	0.49	2.85	110.69	0.14	0.42	14.86	1.04	33.89	144.72	0	10.56	4.24	0.14	0.35	424.81
36.25	142.92	12.99	46.67	2.22	6.25	92.43	0.49	16.04	2.71	4.03	34.72	184.17	0	9.17	2.36	0.83	0	594.25
36.25	125.49	35.76	15.83	5.63	13.82	65.49	0.28	0.49	3.06	2.08	64.38	314.65	0.07	0.9	2.43	0.21	0.28	687.1
10.56	121.11	70.35	32.36	5.42	7.71	46.46	0.56	2.71	1.25	83.68	12.57	83.47	0	2.22	7.92	2.99	0.97	492.31
3.26	59.72	50.07	12.43	1.6	5.76	17.22	0.14	0	7.36	30.97	39.51	122.01	0	14.24	2.99	0.49	0.9	368.67
24.03	29.44	37.01	6.11	3.61	9.93	10.9	0	0	3.47	47.71	54.79	68.13	0	8.13	3.61	0.63	0.21	307.71
30	31.39	25.28	8.19	0.21	2.57	4.17	0.21	0.49	23.4	77.22	11.46	12.29	0	13.33	1.04	0.28	0.9	242.43
13.89	29.86	50.14	4.72	3.75	15.14	3.75	0.28	1.46	4.38	98.54	64.1	82.71	0	3.75	4.79	0.76	1.39	383.41
34.58	11.32	17.29	0.76	0.21	3.19	2.01	0	0.14	2.01	33.47	11.74	4.65	0	0.21	0.42	0.35	0.42	122.77
14.1	12.01	52.5	1.46	0.56	4.31	1.39	0	0.69	5.14	51.94	14.17	3.19	0	0.21	1.04	0.28	1.25	164.24
31.94	10.63	25.28	1.67	0.63	2.99	0.69	0.07	0.49	5.42	20.9	11.6	3.96	0	2.92	2.01	0.21	0.28	121.69
23.54	2.5	13.19	0.14	0	1.11	0.49	0	0	3.54	2.57	4.79	2.29	0	0.63	0.49	0	0.76	56.04
6.6	6.04	88.75	0.49	0.14	0.97	0.83	0	0.14	4.17	4.38	3.68	1.25	0	2.99	1.04	0.14	0.49	122.1
8.06	4.65	28.54	0.21	0.21	2.57	0.28	0	0.21	8.96	0.76	3.26	0.35	0	0.9	0.69	0.07	0.97	60.69
12.43	10.21	70.35	0.97	0.69	1.88	0.49	0.07	0.97	3.61	1.81	6.18	0.56	0	1.6	1.11	0.07	1.04	114.04
11.46	2.99	60.76	0.21	0	3.4	0.21	0	0.07	4.17	0.14	1.32	0.97	0.14	0.56	0	0	0.9	87.3
4.38	2.99	60.76	0.21	0	3.4	0.21	0	0.07	4.17	0.14	1.32	0.97	0.14	0.56	0	0	0.9	80.21
2.92	2.22	35.28	0.07	0.63	0.97	0.28	0.14	0.07	4.93	0.9	1.46	1.53	0.07	0.63	0.28	0.35	0.42	53.13
7.01	0.83	12.22	0.14	0.21	1.94	0.14	0	0.42	11.53	1.04	0.21	3.06	0	0.35	0.42	0	0	39.51
12.85	1.46	12.78	0	0.07	1.53	0.14	0.14	0.07	2.01	0.35	0.14	0.76	0	0.07	0.21	0	0.07	32.64
5.76	2.08	7.29	0.28	0	2.15	0.21	0.28	0.35	4.51	0.07	0.56	1.11	0	0.56	0.14	0.07	0.07	25.49
1.94	0.97	2.99	0.07	0	1.39	0.07	0.14	0.56	3.26	0.83	0.21	0.69	0	0.07	0	0.21	0.14	13.54
9.1	0.97	12.85	0.14	0	2.85	0.28	0.28	1.32	8.26	0.49	1.11	4.03	0	0.69	0.07	0.63	0	43.06
2.64	0.76	6.25	0.14	0	1.6	0.07	0.63	0.14	3.4	0.56	0	0.14	0	0.63	0	0.07	0	17.01
4.1	2.92	4.1	0	0	1.25	0.35	0.97	0.28	5.76	0.21	0.63	1.81	0.14	0.56	0	0.14	0.14	23.33

TABLA 18 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE VERANO 2010

Abies	Cupressus	Pinus	Alnus	Casuarina	Myrtaceae	Fraxinus	Ligustrum	Salix	Schinus	Quercus	Chenopodiaceae / Amaranthaceae	Poaceae	Urticaceae	Ricinus	Morus	Asteraceae	Rumex	Total
2.222	1.042	5.625	0	1.458	0.556	0.069	0.486	0.069	0.417	0.208	0.208	1.528	0	0	0	0	0	13.89
4.306	4.653	3.889	0.139	3.125	0.278	0	3.056	0.972	2.292	0.625	0.347	1.389	0	0.417	0.278	0	0	25.76
1.667	0.972	1.806	0.347	0.486	1.458	0.139	0.764	0.139	1.458	0.208	0.208	0.833	0	0.208	0.278	0	0	10.97
2.431	2.153	2.153	0	0.139	0.625	0	1.667	0.139	1.389	2.014	0.833	0.833	0	0	0.069	0	0	14.44
0.694	0.625	2.986	0	0.347	0.486	0.139	0.347	0.139	1.042	0.278	0.417	0.417	0	0	0.069	0.069	0	8.06
0.417	2.222	1.806	0	0.069	0.417	0	0.278	0.278	0.208	0.139	0.208	0.694	0	0.069	0	0.069	0	6.88
0.417	3.403	3.542	0	0	0.417	0.069	0.486	0.417	0.764	0	0.694	1.389	0	0	0.208	0.208	0	12.01
0.139	2.153	1.597	0	0	0.139	0	0.139	0.139	0.278	0	0.556	1.389	0	0	0.208	0.556	0	7.29
0.139	0.833	0.208	0	0	0.069	0	0.208	0	0.208	0.069	0.069	0.278	0	0	0	0	0	2.08
0.35	1.88	0.35	0.14	5.14	0	0.07	0.97	1.04	0.21	0	0.28	0.49	0	0.07	0	0.07	0	11.04
0.01	0.29	0.03	0.04	20.42	0.17	0.01	0.05	0.17	0.01	0	0.06	0.55	0	0	0.02	0.01	0	21.84
0	0.35	0.07	0.76	91.6	0.42	0.21	0.63	0.83	0	0.07	0	2.5	0	0	0	0.35	0	97.78
0	0.83	0.07	0.42	102.92	2.01	0.76	0	0.42	0.07	0	0	0.97	0	0	0.14	0.28	0	108.89
0.42	7.08	0.07	0.9	105.83	1.67	15.97	0.35	0.97	0.14	0	0.69	3.54	0	0	0.14	0.14	0	137.92
0	0	0	0	0.42	0	0	0	0	0	0	0	0.21	0	0	0	0	0	0.63
0.21	4.1	0	0.07	11.18	0.63	0	0.35	1.04	0.42	0	0.63	1.39	0	0	0	0.35	0.14	20.49
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.14	2.08	0	0	2.85	0.35	1.18	0.69	0.9	0.28	0	0.69	1.67	0	0	0.07	1.94	0	12.85
0.28	2.78	0	0.14	5	0.21	5.69	0.07	0.14	0.42	0.14	0.14	1.46	0	0	0.14	0.28	0	16.88
0.21	1.32	0	0.07	8.26	0.14	7.78	0	0.49	0.35	0	0.69	1.67	0	0	0.14	1.11	0.28	22.5
0	0.35	0	0	1.11	0	2.43	0	0.35	0	0	0.07	0.28	0	0	0	0	0	4.58
0.07	1.6	0.35	0	4.72	0.35	4.17	0.07	0	0.21	0	1.25	3.19	0	0	0.56	0.63	0.14	17.29

TABLA 19 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE OTOÑO 2010

Abies	Cupressus	Pinus	Alnus	Casuarina	Myrtaceae	Fraxinus	Ligustrum	Salix	Schinus	Quercus	Chenopodiaceae / Amaranthaceae	Poaceae	Urticaceae	Ricinus	Morus	Asteraceae	Rumex	total
0	0.14	0	0	0	0.07	0	0.14	0.35	0.28	0	0.07	1.18	0	0	0	0.07	0	2.29
0	0.21	0	0	0.21	0	0	0	0.14	0.35	0	0.07	0.56	0	0	0	0.28	0.07	1.88
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.14	0	0	0.21	0	0	0	0.42	0.28	0	0	0.14	0	0	0	0.07	0	1.25
0	0.63	0	0	0.21	0	0.35	0	0.14	0.21	0	0.07	1.88	0	0	0	0.42	0	3.89
0	0.14	0	0	0	0	0.14	0	0.07	0.21	0	0.21	0.63	0	0	0	0.28	0	1.67
0	0	0	0	0	0.07	0.07	0	0.14	0	0	0	0.28	0	0	0	0	0	0.56
0	0.07	0	0	0.14	0	0.14	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.49
1.62	11.34	0.54	0	3.24	0.54	1.62	0.54	8.64	4.32	0.54	1.62	18.9	0	0	0	5.4	0	58.86
0	0	0	0	1.08	0	0	4.32	3.24	0.54	0	0	4.32	0	0	0	3.24	0	16.74
0	2.16	0	0	1.08	0	1.08	0.54	2.16	1.08	0	0.54	5.4	0	0	0	3.78	0	17.82
1.08	45.9	0	0	1.08	0	1.62	3.78	3.78	2.16	0.54	0	24.3	0	0	0.54	5.4	0	90.18
1.62	5.94	0	0	2.7	0.54	0.54	0.54	1.62	1.08	0	1.62	7.56	0	0	0	7.02	0	30.78
0.54	1.62	0	0	0	3.24	0.54	0	0.54	1.08	0	2.7	5.94	0	0	0	4.32	0	20.52
0	1.08	0	0	1.08	0.54	1.08	0	0	1.08	0	0.54	3.78	0	0	0.54	0.54	0	10.26
0	4.32	0	0	2.7	1.08	1.62	0	0	0	0	0	4.32	0	0	1.08	2.16	0	17.28
0	2.16	0	0	4.32	0.54	5.4	0.54	0	0	0	0	2.7	0	0	0.54	0.54	0	16.74
0.54	10.26	0.54	0	41.58	4.32	20.52	0.54	5.94	0.54	0	0.54	8.64	0	0	0.54	17.28	0	111.78
0.54	3.24	0	0.54	17.28	0.54	25.38	0	2.7	2.7	0	0.54	4.86	0	0	0.54	4.86	0	63.72
0.54	76.14	0.54	1.08	8.1	3.24	37.26	2.7	3.24	1.08	0	1.08	15.66	0	0	0	18.36	0	169.02
0	3.24	0	0	7.02	1.08	48.6	0	1.62	0.54	0	0	1.62	0	0	0.54	1.62	0	65.88

TABLA 20 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE INVIERNO 2010

Abies	Cupressus	Pinus	Alnus	Casuarina	Myrtaceae	Fraxinus	Ligustrum	Salix	Schinus	Quercus	Chenopodiaceae / Amaranthaceae	Poaceae	Urticaceae	Ricinus	Morus	Asteraceae	Rumex
0.14	18.06	0.21	1.74	0.35	1.67	382.99	0.14	0.14	0.07	0	0.14	1.25	0	0	0.07	0.49	0.69
0.42	7.08	0	1.81	0.49	4.51	219.24	1.04	0.07	0.07	0	0.07	0.35	0	0	0.14	0	0
0	3.75	0	1.81	0.28	4.79	193.68	0.07	0	0	0.56	0.07	0.28	0	0	0	0.14	0
0.07	8.33	0.35	19.72	0.83	3.61	193.96	0	0	0	0.07	0	0.14	0	0	0	0.07	0.07
0.63	35.35	0.14	5.42	2.71	3.89	321.74	0	0.14	0.21	0	0	0.07	0	0	0	0.07	0.14
3.06	337.36	6.11	77.22	29.03	29.72	1078.75	0	0	0	3.75	0	0	22.22	0	0	17.78	0
6.39	136.39	4.58	141.67	18.33	14.44	592.78	0	0	0.14	2.36	0	0.14	1.67	0	0	0.56	0
6.67	177.85	11.81	86.25	6.04	46.04	1311.04	0.42	0.56	0	5.69	0	0.28	1.25	0	0	0.14	0.83
1.25	69.31	2.08	14.86	1.39	6.81	1115	0.14	0.14	0	1.25	0	0	0.56	0	0	0	0.42
1.39	235.42	0.83	21.53	2.92	4.86	768.75	0	0	0	1.94	0	0	0.14	0	0	0.28	0.56
1.81	229.31	10.28	30.97	2.5	8.19	667.64	0.83	0	0	2.64	0.14	0	0.83	0	0	0.14	0
6.67	281.39	5	37.5	5.28	7.5	426.81	0.42	1.81	0	0	0.14	1.39	0	0	0.14	0.56	3.61
7.22	120.42	13.47	45.42	4.31	17.36	402.78	0.69	0	0	0	0	0.56	0	0	0.42	0.83	3.06
4.58	79.17	4.31	39.17	6.53	5.56	242.36	0	0	0	0	0.14	1.25	0	0	0	0.42	0.56
10.28	77.64	18.06	25.97	6.53	6.67	201.39	0.28	0.28	0	0	0	0.28	0	0	0.28	0.97	1.67
4.17	30.42	3.06	2.64	5	2.08	74.58	0	0.56	0.14	0	0.14	0.69	0	0	1.25	0.69	0.14
2.08	28.19	3.89	8.75	3.75	5.42	62.36	0.42	0	0	0.14	0	2.78	0	0.14	0.56	0.28	0.56
2.22	41.39	4.44	12.92	6.81	8.61	45.14	0	0	0.42	0	0.28	12.64	0	0	1.67	0.97	0.69
3.19	27.64	5.14	7.92	3.75	3.47	31.39	0	0	1.39	4.17	0.56	35.56	0	0	1.81	0.28	0.97
3.19	22.92	6.39	5.14	0.97	1.53	15.14	0	0	0.56	9.58	0	35.28	0	0	2.92	0.14	0.42
4.72	4.44	9.58	0.97	0.42	0.56	6.81	0.14	0	0.42	4.31	0.14	19.44	0	0	0.69	0	0.14

TABLA 21 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE PRIMAVERA 2012

Abies	Cupressus	Pinus	Alnus	Casuarina	Myrtaceae	Fraxinus	Ligustrum	Salix	Schinus	Quercus	Chenopodiaceae / Amaranthaceae	Poaceae	Urticaceae	Ricinus	Morus	Asteraceae	Rumex	Total
10.63	8.68	7.15	3.13	1.04	2.99	22.57	0.21	0	0	0	0.14	7.99	0.69	1.32	1.11	0.76	0	68.4
18.54	16.74	11.81	13.19	2.99	8.13	34.51	0.42	0	0	0	0.28	16.67	1.88	2.29	3.61	1.39	0.35	132.78
10.49	8.89	7.99	2.22	0.9	1.32	30.21	0	0	0	0	2.43	23.19	0.28	0.28	0.49	0.14	0	88.82
20.97	17.78	15.97	4.44	1.81	2.64	60.42	0	0	0	0	4.86	46.39	0.56	0.56	0.97	0.28	0	177.64
29.17	25.42	18.96	16.32	4.03	11.11	57.08	0.63	0	0	0	0.42	24.65	3.96	3.61	4.72	2.15	0.35	202.57
31.46	26.67	23.96	6.67	2.71	3.96	90.63	0	0	0	0	7.29	69.58	0.83	0.83	1.46	0.42	0	266.46
60.63	52.08	42.92	22.99	6.74	15.07	147.71	0.63	0	0	0	7.64	77.08	4.79	4.38	6.18	2.5	0.35	451.67
31.04	26.04	24.17	11.53	3.13	11.04	74.1	0.28	0	0	0	2.71	52.08	1.81	2.71	4.65	1.46	0.35	247.08
12.22	1.11	5.49	0.21	0.21	0	0	0	0	0	0	0.21	1.67	0.14	0.14	0	0.56	0	21.94
6.39	0.42	1.04	0	0.21	0.14	0	0	0	0	0	0	2.64	0	0.07	0	0	0	10.9
3.61	0.14	0.63	0	0.07	0.07	0	0	0	0	0	0	0.28	0	0	0	0	0	4.79
13.68	1.67	2.29	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0.07	0.76	0	0	0	0	0	18.68
5.69	37.78	9.17	16.53	0.76	3.54	0	0	0	0	0	1.18	0.83	0	0	1.53	0.83	0	77.85
8.33	5.49	27.22	4.38	0.35	3.13	0	0	0	0	0	1.04	0.42	0	0	0.21	2.29	0	52.85
5.76	3.33	25.76	1.25	0	1.46	0	0	0	0	0	1.25	2.15	0	0	0.49	0.56	0	42.01
1.32	0.83	3.06	0.21	0	0.56	0	0	0	0	0	0.42	0.97	0	0	0.14	0.42	0	7.92

TABLA 22 CONCENTRACIONES POR TIPO POLÍNICO DURANTE EL PERIODO DE VERANO 2012

Abies	Cupressus	Pinus	Alnus	Casuarina	Myrtaceae	Fraxinus	Ligustrum	Salix	Schinus	Quercus	Chenopodiaceae / Amaranthaceae	Poaceae	Urticaceae	Ricinus	Morus	Asteraceae	Rumex	Total
0.83	2.5	2.71	2.36	0	0.14	0	0	0	0	0	0.35	1.46	0	0	0.07	1.39	0	11.81
0.07	3.19	1.46	0.42	0	0.56	0	0	0	0	0	1.67	2.43	0	0	0.21	2.99	0	12.99
0	0.97	0.07	0	0	0.28	0	0	0	0	0	1.46	4.1	0	0	0.56	3.68	0	11.11
0.28	4.24	0.49	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0.35	2.29	0	0	0.9	4.31	0	13.06
0.07	17.85	1.04	6.53	0	0.07	0	0	0	0	0	0.07	0.35	0	0	0.35	1.04	0	27.36
1.04	29.65	5.35	27.08	0	2.08	0	0	0	0	0	0.42	0.56	0	0	0.69	2.36	0	69.24
0.49	9.65	0	3.13	3.33	0.83	78.33	0	0	0	3.47	0.14	0.69	0.28	0.42	0.49	0	0	101.25
2.15	27.08	0.28	5.42	1.04	1.46	99.58	0.35	0	0	5.21	0.21	0.21	0	1.39	0.35	0.14	0	144.86
4.58	54.65	0	15.21	7.64	16.88	240.49	1.11	0	0	4.44	0.14	1.94	10.49	5.76	0.21	1.11	0	364.65
3.47	47.99	0	9.24	7.08	10.14	256.32	1.11	0	0	0.9	0.35	2.22	7.08	4.03	0.21	1.81	0	351.94
1.46	35.83	0	5.69	6.81	6.6	226.74	0.21	0	0	1.88	0.69	2.01	1.39	3.33	0.14	1.11	0	293.89
1.25	30.97	0.14	6.94	1.6	4.38	103.54	0.14	0	0.28	0.83	1.04	0.14	2.43	1.18	0.63	0.14	0.07	155.69
1.46	16.74	0	10.69	2.29	1.53	160.9	0.07	0	2.71	0.42	0.35	1.53	2.15	0.69	1.88	0.07	0	203.47
0	1.53	4.72	1.11	0.21	0.69	37.57	219.93	0	0	1.32	0.21	0.14	1.18	0.69	0.14	0.21	0.14	269.79
1.18	21.25	0.07	12.78	3.19	1.11	111.46	0.14	0	0	0.07	0.07	2.64	0.49	0.76	0.63	0	0	155.83
1.53	49.72	0	11.11	3.26	0.49	104.31	0.07	0	0	0	0.35	0.35	0.07	0.07	0.28	0.28	0	171.88
5.28	23.89	1.04	17.92	3.47	4.31	180.42	0.07	0	0.28	0.9	0.14	2.78	2.01	0	1.11	0	0	243.61
9.65	72.43	0.56	36.39	3.33	1.32	227.99	0	0	0.49	0	0.07	1.81	2.85	0.14	0.14	0.07	0	357.22
5.56	26.04	0.21	19.1	3.47	2.92	175.28	0	0	0	0	0.56	1.18	4.51	0.63	0	0.83	0	240.28
7.15	70.83	0.76	22.71	6.74	2.29	184.17	0	0.28	0.35	0	0.35	1.74	0.42	0.14	0.21	0.07	0	298.19
1.18	33.82	0.14	7.22	3.75	0.28	159.44	0.07	0	0	0	0.63	0.76	0	0.21	0.21	0.28	0	207.99

TABLA 23 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE OTOÑO 2012

Abies	Cupressus	Pinus	Alnus	Casuarina	Myrtaceae	Fraxinus	Ligustrum	Salix	Schinus	Quercus	Chenopodiaceae / Amaranthaceae	Poaceae	Urticaceae	Ricinus	Morus	Asteraceae	Rumex	Total
1.25	24.1	0.07	0	4.17	0	132.43	0.14	0	0	0	0.07	2.43	0	0	0.63	0	0	165.28
10.63	8.68	7.15	3.13	1.04	2.99	22.57	0.21	0	0	0	0.14	7.99	0.69	1.32	1.11	0.76	0	68.4
18.54	16.74	11.81	13.19	2.99	8.13	34.51	0.42	0	0	0	0.28	16.67	1.88	2.29	3.61	1.39	0.35	132.78
10.49	8.89	7.99	2.22	0.9	1.32	30.21	0	0	0	0	2.43	23.19	0.28	0.28	0.49	0.14	0	88.82
20.97	17.78	15.97	4.44	1.81	2.64	60.42	0	0	0	0	4.86	46.39	0.56	0.56	0.97	0.28	0	177.64
29.17	25.42	18.96	16.32	4.03	11.11	57.08	0.63	0	0	0	0.42	24.65	3.96	3.61	4.72	2.15	0.35	202.57
31.46	26.67	23.96	6.67	2.71	3.96	90.63	0	0	0	0	7.29	69.58	0.83	0.83	1.46	0.42	0	266.46
60.63	52.08	42.92	22.99	6.74	15.07	147.71	0.63	0	0	0	7.64	77.08	4.79	4.38	6.18	2.5	0.35	451.67
31.04	26.04	24.17	11.53	3.13	11.04	74.1	0.28	0	0	0	2.71	52.08	1.81	2.71	4.65	1.46	0.35	247.08
0.07	0	0.07	0.69	0	0	0	0	0	0.21	0	0	0	0	0.21	0	0	0	1.25
0	0	0.21	1.46	0	0	0	0.07	0	0.83	0	0	0	0	0.56	0.07	0	0.07	3.26
0	0.56	0.14	1.67	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0.07	0	0	0	2.5
0.07	1.11	0	1.11	0	0	0	0.35	0	0.07	0	0	0	0	0.21	0	0	0	2.92
0.07	2.43	0.07	1.18	0	0	0.07	0.49	0	0.07	0	0	0	0	0.63	0	0	0	5
0	0.28	0	0.56	0	0	0.07	0.35	0	1.81	0	0	0	0	0.14	0	0	0	3.19
0.21	1.04	0	0.35	0	0.07	0.07	0.56	0	0.69	0	0.14	0	0	0.21	0	0	0	3.33
0.14	0.49	0	0.63	0	0	0.07	0.76	0	0.07	0	0.14	0	0	0.14	0	0.14	0	2.57
0	0.76	0.14	0	0	0	0.21	0.56	0	0	0	0	0	0	0.07	0	0.07	0	1.81
0.07	0.07	0	1.04	0	0	0.14	0.69	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0	2.08
0.14	0.21	0	2.29	0	0	0	0.07	0	0	0	0.07	0	0	0.07	0	0.21	0	3.06
0.07	0.42	0	25	0.56	0	0.28	0.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.94
0	0.28	0.35	4.1	0.14	0	0.28	4.24	0	0.28	0	0	0.14	0	0.21	0	0.28	0	10.28
0	0.35	0.28	5.69	0.21	0	0.35	8.68	0	0.28	0	0	0	0	0	0	1.04	0	16.88

TABLA 24 CONCENTRACIONES POLÍNICAS DURANTE EL PERIODO DE INVIERNO 2012

Abies	Cupressus	Pinus	Alnus	Casuarina	Myrtaceae	Fraxinus	Ligustrum	Salix	Schinus	Quercus	Chenopodiaceae / Amaranthaceae	Poaceae	Urticaceae	Ricinus	Morus	Asteraceae	Rumex	Total
0.35	0.28	0	3.47	0.14	0	0.69	50	0	0	0	0	0	0	0.07	0	0.07	0	55.07
0.07	13.54	0.14	3.75	0.35	0	0.56	66.6	0	0	0	0.07	0.21	0	0.07	0	0.07	0	85.42
0.21	6.94	0.07	2.01	0.35	0	0.49	32.15	0	0	0	0	0.07	0.14	0.14	0	0.76	0	43.33
1.18	16.88	0.07	14.86	5	0	2.85	48.89	0	0	0	0.07	0.07	0	0.21	0	0.35	0	90.42
0.14	13.33	0.07	10.21	5	0	0.9	130.28	0	0	0	0	0.07	0	0.14	0	0.14	0	160.28
0.49	9.65	0	3.13	3.33	0.83	78.33	0	0	0	3.47	0.14	0.69	0.28	0.42	0.49	0	0	101.25
2.15	27.08	0.28	5.42	1.04	1.46	99.58	0.35	0	0	5.21	0.21	0.21	0	1.39	0.35	0.14	0	144.86
4.58	54.65	0	15.21	7.64	16.88	240.49	1.11	0	0	4.44	0.14	1.94	10.49	5.76	0.21	1.11	0	364.65
3.47	47.99	0	9.24	7.08	10.14	256.32	1.11	0	0	0.9	0.35	2.22	7.08	4.03	0.21	1.81	0	351.94
1.46	35.83	0	5.69	6.81	6.6	226.74	0.21	0	0	1.88	0.69	2.01	1.39	3.33	0.14	1.11	0	293.89
1.25	30.97	0.14	6.94	1.6	4.38	103.54	0.14	0	0.28	0.83	1.04	0.14	2.43	1.18	0.63	0.14	0.07	155.69
1.46	16.74	0	10.69	2.29	1.53	160.9	0.07	0	2.71	0.42	0.35	1.53	2.15	0.69	1.88	0.07	0	203.47
0	1.53	4.72	1.11	0.21	0.69	37.57	219.93	0	0	1.32	0.21	0.14	1.18	0.69	0.14	0.21	0.14	269.79
1.18	21.25	0.07	12.78	3.19	1.11	111.46	0.14	0	0	0.07	0.07	2.64	0.49	0.76	0.63	0	0	155.83
1.53	49.72	0	11.11	3.26	0.49	104.31	0.07	0	0	0	0.35	0.35	0.07	0.07	0.28	0.28	0	171.88
5.28	23.89	1.04	17.92	3.47	4.31	180.42	0.07	0	0.28	0.9	0.14	2.78	2.01	0	1.11	0	0	243.61
9.65	72.43	0.56	36.39	3.33	1.32	227.99	0	0	0.49	0	0.07	1.81	2.85	0.14	0.14	0.07	0	357.22
5.56	26.04	0.21	19.1	3.47	2.92	175.28	0	0	0	0	0.56	1.18	4.51	0.63	0	0.83	0	240.28
7.15	70.83	0.76	22.71	6.74	2.29	184.17	0	0.28	0.35	0	0.35	1.74	0.42	0.14	0.21	0.07	0	298.19
1.18	33.82	0.14	7.22	3.75	0.28	159.44	0.07	0	0	0	0.63	0.76	0	0.21	0.21	0.28	0	207.99
1.25	24.1	0.07	0	4.17	0	132.43	0.14	0	0	0	0.07	2.43	0	0	0.63	0	0	165.28



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00/20
Fecha: 27/10/2019

ESTUDIO DE BIOPARTICULAS
SUSPENDIDAS EN LA ZONA SUR
DE LA CIUDAD DE MEXICO.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 11:00 horas del día 27 del mes de octubre del año 2019 en la Unidad Ixtapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

MTRA. MARIA EVA SALINAS CORTES
DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE HERNANDEZ
M. EN C. MARIA EUGENIA PAILE ORTEGA



JUANA CLAUDIA BARRITA NUÑEZ
ALUMNA

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretaría la última, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece en el Margen para la obtención del grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS (ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE)

DE: JUANA CLAUDIA BARRITA NUÑEZ

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobado

Acto continuo la presidenta del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, se fue tomada la protesta.

REVISO

MTRA. ROSALBA HERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CBI

DR. JESUS ALBERTO OCHOA TAPIA

PRESIDENTA

MTRA. MARIA EVA SALINAS CORTES

VOCAL

DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE
HERNANDEZ

SECRETARIA

M. EN C. MARIA EUGENIA PAILE ORTEGA