

Universidad Autónoma de Baja California

Instituto de Ingeniería

Programa:

Maestría en Ingeniería



Concentración de Partículas Aerobiológicas y Factores Ambientales y Urbanos en Mexicali

TESIS

Para obtener el grado de:

Maestro en Ingeniería

Presenta:

Alfonso Alimi Hernández Martínez

Dra. Silvia Estela Ahumada Valdez

Directora de Tesis

MEXICALI, B.C., 2014

CONTENIDO

1.- ANTECEDENTES	4
1.2 PARTICULAS VIABLES	5
1.3 ESTUDIOS RELACIONADOS CON PARTICULAS VIABLES.....	6
1.3.1 ESTUDIOS DE RELEVANCIA LLEVADOS ACABO.....	7
1.3.2 AEROBIOLOGIA EN AMERICA.....	8
1.4 AEROBIOLOGIA EN EL PAIS.....	9
1.4.1 MEXICALI.....	10
2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2.1.- VARIABLES CLIMATICAS Y SU INFLUENCIA.....	14
3.- MARCO CONCEPTUAL	15
3.1.- CONTAMINACION AMBIENTAL.....	15
3.1.1.- PARTICULAS AMBIENTALES.....	16
3.1.2.- PARTICULAS VIABLES	16
3.1.3.- PERFIL DE COMPORTAMIENTO.....	17
3.2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA AEROBIOLOGIA.....	17
3.2.1.-TEMPERATURA	17
3.2.2.-HUMEDAD	18
3.2.3.-PRECIPITACION	18
4.- JUSTIFICACION DEL ESTUDIO:.....	18
5.-OBJETIVOS:	19
6.- METODOLOGIA.....	19
6.1.-METODOS DE CAPTACION POLINICA.....	20
6.2.-CONDICIONES PARA LA UBICACIÓN DE LOS MUESTREADORES.....	20
6.3.-EQUIPO SELECCIONADO.....	22
6.4.-CONTEO E INTERPRETACION DE PARTICULAS.....	24
6.5.-MICROSCOPIA OPTICA.....	25
6.6.-TINCION DE MUESTRAS Y CALCULOS VOLUMETRICOS.....	25
6.7.- FORMULAS PARA CALCULOS.....	25
6.8.-LECTURA DE PARTICULAS.....	26
6.9.- RECOLECCION DE MUESTRAS Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	27
7.- RESULTADOS OBTENIDOS	27

7.1.- ANALISIS COMPARATIVO. DATOS HISORICOS	34
8.- CONCLUSION	42
REFERENCIAS	44
CONSULTAS ELECTRONICAS	49
LISTADO DE GRAFICAS	50
LISTADO DE TABLAS	51
LISTADO DE FIGURAS	51

CONCENTRACIÓN DE PARTÍCULAS AEROBIOLÓGICAS Y FACTORES AMBIENTALES Y URBANOS EN MEXICALI

1.- ANTECEDENTES

La interacción entre el hombre y el clima alcanza una escala global, manifestándose también a escala del clima urbano (Pinho et al, 2000, 2011). En la actualidad los estudios de partículas viables son cada día de mayor importancia debido a su interacción con los contaminantes atmosféricos (monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, óxido de azufre y diésel, entre otras suspendidas en el aire) ya que éstos pueden llegar a alterar sus características y hacerlas de carácter más dañinas para calidad de vida de las personas y el medio ambiente, (Monn, C., Fuchs, A., Hogger, D., Junker, M., Kogelschatz, D., Roth, N., Wanner, H.U. 1997)

El termino aerobiología se empezó a usar por Fred Meier en los años 30's él trató de incluir bajo este término todos los estudios que se estaban realizando en aquella época sobre esporas de hongos, granos de polen y bacterias contenidos en la atmósfera (Gregory, 1973; Pinho2011).

En 1975 Pathirane consideró la Aerobiología como una ciencia multidisciplinaria que comprende la liberación, retención, dispersión, deposición abundancia e incidencia de esporas, pólenes y otros microorganismos aero vagantes. Actualmente se incluye también dentro de la Aerobiología el estudio de las partículas o los gases abióticos que afectan a los organismos vivos como por ejemplo: plomo, mercurio, asbestos, cadmio, monóxido de carbono, dióxido sulfúrico, etc. (Nilsson, 1992, Llop, E., 2011). Se ha demostrado que los granos de polen y las esporas son capaces de transportar sobre su superficie, partículas inorgánicas de un lugar a otro.

En la actualidad los estudios de partículas viables como las esporas y pólenes son de suma importancia, ya que aportan datos en los que se pueden incluir el espectro de

comportamiento o presencia en la atmosfera (Kobzar, 1999; Detandt y Nolard, 2000; Gehrig y Peeters, 2000; Rodríguez-Rajo, et al y Jato, 2007); calcular la dispersión de estas partículas (Trivi, 2006), aplicar la simulación (Schueler y Schlunzen, 2006) permite definir y predecir la dispersión de las partículas de interés ya clasificadas en una zona definida y aportar datos de investigación que posteriormente serán de mucha utilidad para diversos campos incluyendo el de la salud.

Se considera hay son más de 500 millones de personas en el mundo afectadas con padecimientos de tipo alérgico debido a estas partículas, que pueden resultar de interacciones complejas entre genes, el medio ambiente y cofactores que varían de región en región, (Ring, J., et al, 2001; Bousquet, et al, 2006).

1.2 PARTICULAS VIABLES

Dentro de las emisiones que se han identificado en los estudios sobre material particulado se encuentran las naturales que provienen principalmente del suelo y ocasionalmente son de origen biológico, estas biopartículas con un rango de tamaño de 2 a 100 micrómetros, donde destacan las de polen y esporas de hongos, ambas pueden ser clasificadas palinológicamente identificándolas por taxonomía, morfología, tamaño, localización, prevalencia y además en otros campos potencialmente como inhibidoras del sistema inmunológico en su interacción con el ambiente y con otros organismos.

Otro elemento importante a conceptualizar son las alergias que es la reacción de hipersensibilidad que presenta una persona sensible frente a una sustancia extraña llamado alérgeno. En individuos susceptibles, el contacto repetido del alérgeno estimula el sistema inmune para inducir la producción de inmunoglobulina (IgE). Cuando estas moléculas de IgE en la superficie de la célula se combinan empieza un proceso, con las consiguiente liberación de mediadores de inflamación, responsable de desencadenar los síntomas alérgicos (Terán et al, 2009).

La estrecha relación entre la frecuencia de estas partículas en el aire y los síntomas de alergia es bien conocida desde hace más de 100 años, cuando Blackley en 1873 afirmó que el catarro que describió Bostock en 1819 estaba relacionado con ellas (Taylor, Geoffrey y Walker, 1973).

El estudio de las variaciones temporales y espaciales de la concentración de polen y esporas en la atmósfera puede contribuir a paliar, en cierto modo, padecimientos de tipo alérgico, evitando exposiciones innecesarias y tomando determinados medicamentos en el momento adecuado posteriormente.

Las esporas son las células reproductoras producidas por ciertos hongos, plantas (musgos, helechos) y algunas bacterias, son partículas de afectación a la salud.

En 1980 Limón menciona que la mayoría presentan dispersión por viento (anemófilas) y el resto pueden ser dispersados por insectos (entomófilas), o por expulsión como consecuencia de mecanismos propios de su origen (Osorio A. y Quiroz D, 2009)

Fue P. A. Micheli (1679-1737), botánico del jardín público de Florencia, quien, al sembrar esporas de mohos en trozos frescos de melón, membrillo y pera, observó que éstos se reproducían durante varias generaciones, detectando que podía haber contaminaciones, y concluir que las esporas de los mohos se dispersaban a través del aire (Gregory, 1973).

1.3 ESTUDIOS RELACIONADOS CON PARTICULAS VIABLES

En Europa existe una red consolidada de aerobiología EAN (European Aeroallergen Network) donde se han realizado desde hace muchos años estudios que involucran proyectos aerobiológicos del medio ambiente y en relación a la salud, y España cuenta con su propia red REA con al menos veinte centros asociados, (<http://www.uco.es>) incorporada a la EAN, entre otros Andalucía, Aragón, Asturias, Cantabria, Baleares, Cataluña, Madrid, Tenerife en Canarias, etc. Además se tienen importantes asociaciones con otros países como Asociación Española de Micología,

<http://www.reviberoammicol.com/AEM/>; Asociación Italiana de Aerobiología (AIA), <http://www.ilpolline.it/>; Asociación Nórdica de Aerobiología (NAF), <http://nordicaerobiology.net/>; British Aerobiology Federation (BAF), <http://www.pollenuk.co.uk/baf/BAF.html>; Sociedad Francesa de Aerobiología (SOFRAB), <http://www.sofrab.com/>, Panamerican Aerobiology Association (PAAA), <http://www.geocities.com/paaaorg/>.

1.3.1 ESTUDIOS DE RELEVANCIA LLEVADOS ACABO.

Se encuentra un estudio para una región de Finlandia donde se llevó a cabo un registro de las concentraciones de estas partículas (Hugg y Lehtimaki, 2007).

En Suiza se han realizado estudios de la distribución de aerosoles a elevaciones mayores a los 1000 metros en los Alpes Suizos, donde se comparó el conteo con cinco diferentes zonas (Gehrig y Peeters, 2000).

En Thessaloniki Grecia, se realizaron estudios de partículas de polen donde se manejó variables de dirección, persistencia y velocidad del viento así como los efectos relacionados con la circulación de polen de los taxones predominantes en la región con al menos unas de las variables (Damialis et al, 2005).

En Porto, Portugal se llevó por primera vez un estudio con la intención de iniciar y aportar los primeros datos sobre fungoesporas donde determinan la concentración promedio diaria en granos/m³ y los estudios más abundantes, así como un rango de partículas alergénicas presentes (Oliveira, Ribeiro, Abreu, 2005).

En la zona de Worcester, Reino Unido, se realizó un estudio por un periodo de nueve años para el polen estacional, este análisis permitió ampliar el conocimiento más a fondo sobre las variaciones y es una base para modelos predictivos de taxa (Emberlin, et al, 2007).

En Copenhague, Dinamarca se realizaron estudios en el campo de la inmunología relacionados con la aerobiología para la sensibilización asintomática a polen de pasto lo que resulto siendo un factor de riesgo para enfermedades respiratorias de tipo alergénico (Assing, Bogtger y Poulsen, 2006).

En Japón se introdujo por primera vez en 1973 el termino aerobiológico; los investigadores subdividen estos estudios en dos campos, uno como agente de polinosis y el otro relacionado con la agricultura.

Este estudio hace mención también a un análisis estadístico que se relaciona con polinosis, además se analizaron datos estadísticos (Kawashima, 2004).

1.3.2 AEROBIOLOGIA EN AMERICA.

En el caso de Latinoamérica la investigación palinológica no es tan abundante. En estudios a partir de año 2002 se hizo un análisis preliminar de la distribución de pólenes y esporas en la ciudad de Bucaramanga, Colombia (<http://fmc.encolombia.com>, 2006). En Argentina se cuenta con pocos estudios realizados en el noroeste del país y solo están referidos a ambientes urbanos (García de Albano, 2006). En otro estudio se realizó un muestreo de dos años donde se identificaron cincuenta y tres taxones (Nitíu, 2003).

La mayoría de los centros de estudios aerobiológicos están concentrados en Estados Unidos de Norteamérica entre ellos American Academy of Asthma, Allergy and Immunology (AAAAI), <http://www.engr.psu.edu>, American College of Asthma, Allergy and Immunology (ACAAI), <http://allergy.mcg.edu>; Laboratorio de Aerobiología, Universidad de Montreal, Canadá <http://http://tornado.ere.umontreal.ca>

En Estados Unidos se han realizado estudios avanzados relacionados con la aeropalínología, donde se cuenta con un calendario polínico por zonas. Estados Unidos divide en cinco regiones sus zonas palinológicas; sureste, noreste, centro atlántico, centro oeste y centro este. Los principales pólenes identificados como causantes de alergias estacionales son aliso, cedro rojo, fresno, abedul, nogal y ciprés, además la presencia de olivo en los lugares cálidos como Texas y Arizona (aaaai.org. 2007).

1.4 AEROBIOLOGIA EN EL PAIS

En México el primer estudio que se tiene en México sobre pólenes atmosféricos fue realizado en 1940 por Salazar Mallén (Pérez, J., 2010). Posteriormente se publicaron otros estudios aerobiológicos para la ciudad de México y en estados como Veracruz, Tlaxcala, Michoacán, Oaxaca, Guadalajara y Puebla. Los trabajos que se realizaron entre 1940 y 1990 en la ciudad de México tuvieron como detonador más importante el papel patogénico que presentan muchos de los pólenes atmosféricos. Sin embargo, son pocos los conocimientos que se obtuvieron sobre la evolución, riqueza y concentración ambiental de los distintos tipos polínicos en esta metrópoli (Terán M. et al, 2009).

En la ciudad de Oaxaca se realizó un estudio sobre granos de polen y su dispersión afectando la composición de la lluvia de polen, tomando en cuenta el clima y topografía como factores importantes en la dispersión (Osorio-Pascual,2009; Quiroz-García, 2009).

Osorio A. y Quiroz D., 2009, reportan una serie de análisis de diferentes investigaciones llevadas en México, tales como la de Palencios-Chavez en 1997, quien analizo la lluvia de polen de los principales tipos de vegetación del valle de México utilizando musgos y líquenes. Limón en 1980 estudio la vegetación y la lluvia de polen del cerro Tetepetl en el estado de México y comprobó que el musgo, más que el suelo, capta una mayor cantidad de tipos polínicos distintos. En la región de San Luis Potosí, México, Lozano García en 1984 analizo la lluvia de polen en nueve tipos de vegetación, empleando muestras de suelo. Acosta-Castellanos en 1999 analizo la lluvia de polen en un gradiente altitudinal, de los 1500 a 3000 m en la Sierra Norte del estado de Oaxaca.

1.4.1 MEXICALI

Mexicali es la capital del Estado de Baja California, ubicada en la parte noroeste de la península de Baja California en la latitud $32^{\circ}40'$ norte, $115^{\circ}27'$ oeste y a una altitud de 4 msnm, presenta un tipo de clima cálido, seco, muy árido, con régimen de escasas a moderadas lluvias de invierno. Presenta una temperatura media anual de 22.4°C con una media máxima de 41.8°C . Se han registrados grandes contrastes en Mexicali, B.C., con temperaturas tan altas como de 54.3°C , y tan bajas como -7°C . En las figuras 1 y 2 se muestra zona urbana y punto de muestreo

Fig. 1 Fotografía mostrando zona urbana de Mexicali

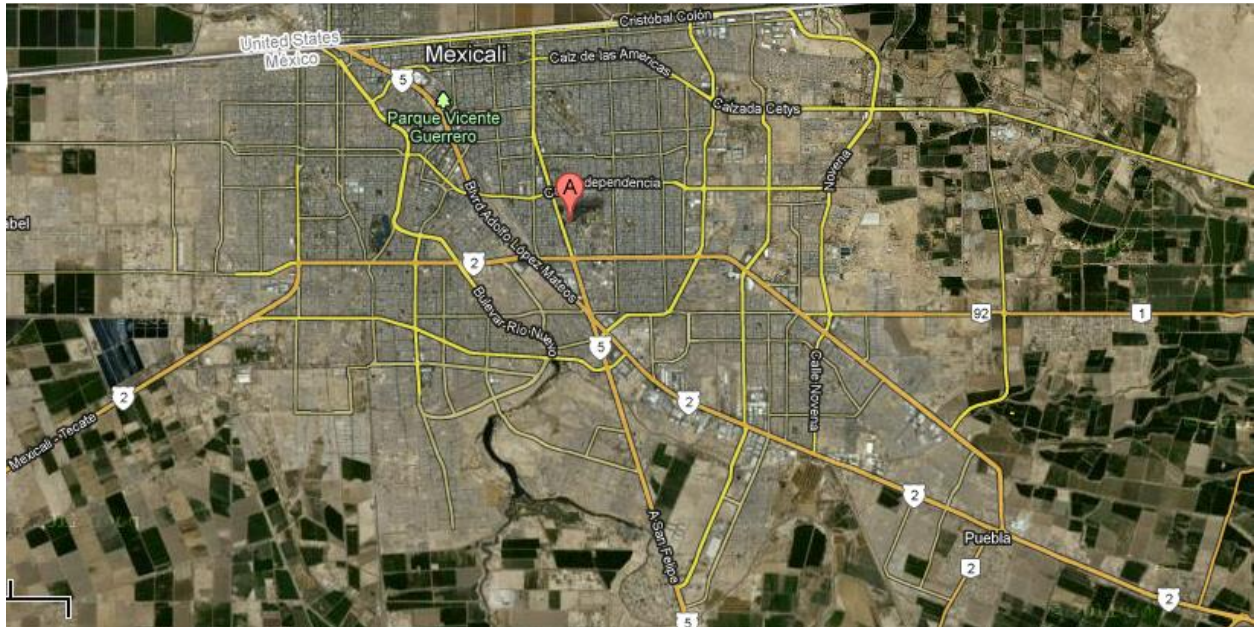


Figura 1. Zona urbana y punto de muestreo



Figura 2. Zona de muestreo Instituto de Ingeniería UABC

En Baja California se tiene una alta incidencia de padecimientos alérgicos entre los más destacados el asma y la rinitis alérgica, constituyendo un problema de salud pública.

En la ciudad de Mexicali los estudios aerobiológicos son pobres ya que son pocos investigadores que se dedican a este tipo de trabajo, los estudios más recientes los encontramos en el 2004 al 2005 (Ahumada, 2005), se llevó a cabo una identificación, cuantificación y relación con algunos parámetros meteorológicos de polen y esporas donde se empleó un monitor tipo Rotorod modelo 40, en donde las partículas de polen más representativas fueron a la familia Chenopodiaceae, Amaranthaceae y Poaceae. Mientras que las esporas más representativas fueron *Alternaria*, *Stemphylium* sp, y *Bipolaris spicidifer* y *Cladosporium* sp (Ahumada S., 2008)

Posteriormente se realizó otro estudio donde relaciona las esporas por volumen cubico (esporas/m³) de un tipo de especie en partículas como la *Alternaria* sp con los casos de asma de niños entre 0 a 14 años (Fuente R., 2008).

2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los principales y más graves problemas que tienen los habitantes actualmente es la contaminación del aire, primordial para la vida. Actualmente la contaminación ambiental presenta una gran preocupación a nivel mundial así como la forma en que está afectando al planeta y la salud de la población.

La contaminación atmosférica apareció primero como una molestia pero, posteriormente se ha convertido en un peligro para la calidad de la vida, ya que una contaminación excesiva puede poner en peligro la salud y llegar a convertir algunas zonas en lugares no aptos para ser normalmente habitados (Rusznak, et al, 1994).

Las partículas biológicas de la atmósfera se encuentran inmersas dentro de una dinámica particular denominada proceso aerobiológico el cual está comprendido desde la producción de las esporas en su fuente originaria, hasta los efectos que origina en su receptor, pasando por las etapas de dispersión en la atmósfera, transporte, depósito, (Rocha, et al, 2013). Generalmente las partículas biológicas se localizan cerca de la fuente de origen, pero las más pequeñas pueden ser transportadas a través de largas distancia dependiendo del flujo del viento, el que funciona como un factor de dispersión, mientras que la humedad, lo hace como un facilitador, ya que entre mayor es la humedad relativa, mayor será la liberación de su contenido interno y estos pueden ser alérgenos de relevancia en el campo de la salud (P. Cariñanos, et al, 2004).

Este estudio particularmente enfatizará las interacciones entre calidad del aire, el cambio climático y las variaciones en comportamiento y presencia; también la importancia del estudio de este tipo de contaminantes atmosféricos estriba, en su capacidad para funcionar como agentes patógenos, con la capacidad de alterar la salud humana, causando enfermedades del tracto respiratorio como la rinitis alérgica y el asma (Gioulekas, 1991; Aira M., et al, 2005).

En Europa y Estados Unidos se realizan por mediciones diarias para calcular y dar a conocer su concentración permisible. En México el panorama de estas mediciones solo

se han llevado a cabo por temporadas y estudios que tiene como objeto conocer la afectación de estas partículas viables.

En la ciudad de Mexicali a través de un trabajo de investigación en el periodo 2004 al 2005 se realizó un muestreo diario para tener un seguimiento e implementar un mapeo polínico en la ciudad, esto debido a la alta incidencia de problemas alérgicos.

Mexicali sufre de una mala calidad de aire lo cual se debe a sus actividades industriales; otro de los factores que contribuye más significativamente a la contaminación atmosférica de la región, lo constituyen las emisiones emanadas de la gran cantidad de automóviles y autobuses urbanos que en Mexicali suman alrededor de 205,454 vehículos registrados, más 20,000 vehículos adicionales registrados en el extranjero (INEGI, 2007) pero con circulación local.

Recientemente se han emitido alertas para el Valle Imperial, (vecino inmediato del norte, que involucra las ciudades de Calexico, Niland y Brawley) por el rebase de las normas establecidas por partículas PM10 Y PM2.5 (La crónica 2013).



Figura 3. Quema agrícola Valle Imperial

Otro factor que contribuye son las quemas agrícolas que se practican con regularidad provocando altas concentraciones de contaminantes, que frecuentemente rebasan los estándares de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} (media aritmética anual) de seguridad, establecidos en la norma oficial mexicana (Secretaria de Salud, 2005). Pero dentro de todos estos contaminantes también encontramos las partículas biológicas que constituyen aproximadamente el 25% de las partículas atmosféricas (Jaenicke, 2005).

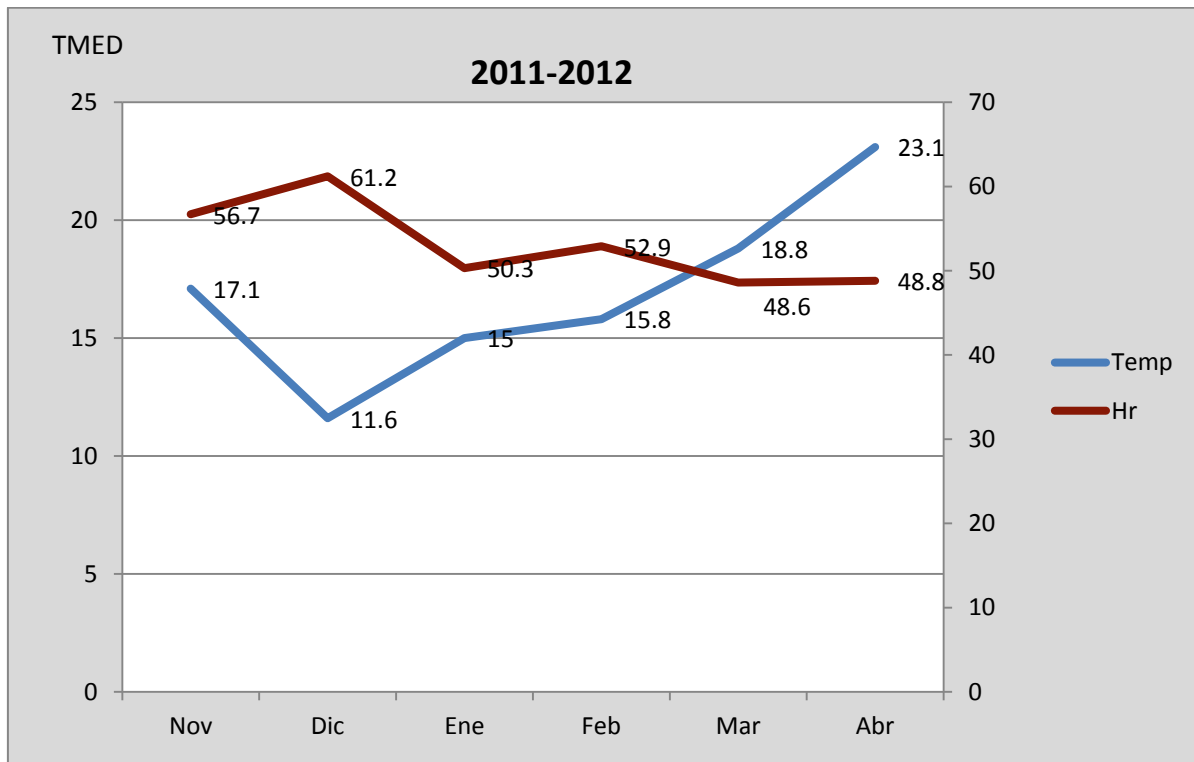
2.1.- VARIABLES CLIMATICAS Y SU INFLUENCIA.

Se ha llegado a la conclusión científica, por modelos matemáticos de que las actividades humanas alteran directa o indirectamente la composición de la atmósfera, lo que ha provocado, que el clima se vea alterado, como resultado de la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), los óxidos de nitrógeno (N_2O) y los clorofluorocarbonos (CFCs) (IPCC, 2001b; Monterroso et al., 2007).

Asimismo, existe evidencia contundente que muestra la estrecha asociación entre el aumento continuo de emisiones de GEI y los impactos climáticos; en particular un aumento paulatino de la temperatura, modificaciones en los patrones de precipitación, cambios en la intensidad o en la frecuencia de eventos climáticos extremos, reducción de la criósfera y un alza a nivel de mar (Galindo, 2008).

Las partículas biológicas de la atmósfera se encuentran inmersas dentro de una dinámica particular denominada proceso aerobiológico el cual está comprendido desde la producción en su fuente originaria, hasta los efectos que origina en su receptor, pasando por las etapas de dispersión en la atmósfera, transporte, depósito, (Sáenz, 2003). Generalmente las partículas biológicas se localizan cerca de la fuente de origen, pero las más pequeñas pueden ser transportadas a través de largas distancia dependiendo del flujo del viento, el que funciona como un factor de dispersión, mientras que la humedad, lo hace como un facilitador, ya que entre mayor es la humedad relativa, mayor será la liberación de su contenido interno (pueden ser alérgenos de relevancia en el campo de la salud).

VARIABLES CLIMATICAS (TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA) DE LA ZONA DE MUESTREO



Grafica 1 Temperatura y humedad relativa durante el periodo de muestreo

3.- MARCO CONCEPTUAL

3.1.- CONTAMINACION AMBIENTAL

La contaminación ambiental puede ser causada por factores naturales como emisiones de los gases y cenizas volcánicas, el humo de incendios no provocados, el polvo, los pólenes y esporas de plantas, hongos y bacterias.

Sin embargo la contaminación derivada de las actividades del ser humana, es la que representa el riesgo más grave para la estabilidad de la biosfera en general.

Un contaminante es la forma de materia o energía presente en un medio al que no pertenece, o bien, que se encuentra por arriba de su concentración natural en un medio no contaminado (Inche, 2004).

3.1.1.- PARTICULAS AMBIENTALES

La EPA define a las partículas ambientales como un tipo de contaminación que se encuentran flotando en el aire, las cuales pueden existir en cualquier forma, tamaño y pueden ser partículas sólidas o gotas líquidas. Estas partículas se dividen en dos grupos principales. Estos grupos difieren en varias formas; Una de las diferencias es el tamaño. A las más grandes las llamamos PM_{10} y las más pequeñas les llamamos $PM_{2.5}$. Al universo de todas las partículas se les llama partículas suspendidas totales (PST).

3.1.2.- PARTICULAS VIABLES

El polen es una partícula viable, elemento masculino en la fertilización de las plantas y es transportado para cumplir con el proceso de polinización en el cual intervienen varios vectores. Cuando el proceso de transporte de estos granos se realizan por animales diversos como insectos se le conoce como polinización entomófila y la polinización anemófila sucede cuando el polen es transportado por el viento (Sáenz de Rivas, 1978). La contaminación del medio ambiente por este material particulado biológico al ser transportado está muy relacionado con factores meteorológicos como son el viento, la lluvia, temperatura y la humedad relativa, condiciones favorables a la dispersión de las partículas que favorecen o no la flotación de estos pólenes, de los

cuales muchos no llegan a su destino pero si afectan a la población de diversas maneras.

ESPORAS

Las esporas son células reproductivas producidas por hongos, musgos, helechos, a menudo se desarrollan completamente después de un estado de latencia o invernación y por algunos protozoarios y bacterias.

3.1.3.- PERFIL DE COMPORTAMIENTO

El perfil de comportamiento de las partículas presentes en la atmosfera es la interpretación de la representación gráfica de los resultados de un trabajo de investigación o estudio, en otras palabras podemos definir volúmenes, especies, predominancia, prevalencia (en el caso de los pólenes y las esporas) pudiendo incluir variabilidad climática y su influencia en los factores anteriores el cual se realiza en un periodo de tiempo determinado preestablecido en el protocolo de estudio.

3.2.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA AEROBIOLOGIA

3.2.1.-TEMPERATURA

La temperatura constituye un elemento fundamental del tiempo; a consecuencia de la irregular distribución de la energía solar (insolación), dicha temperatura del aire presenta grandes variaciones, y estas, a su vez, determinar otros significativos cambios

de tiempo. La temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor.

3.2.2.-HUMEDAD

Se habla de humedad cuando el vapor de agua se encuentra en la atmosfera, y es uno de los más importantes elementos del tiempo. La humedad está estrechamente relacionada con la temperatura; de hecho, la cantidad de humedad que puede contener el aire depende, directamente, de su temperatura; a una determinada temperatura, dicha cantidad máxima se denomina capacidad del aire.

3.2.3.-PRECIPITACION

Se considera a este fenómeno como cualquier humedad condensada que cae hasta la superficie terrestre; en consecuencia el proceso de condensación resulta requisito previo al de precipitación.

La precipitación que cae lo hace procedente de una nube, de uno u otro tipo. No obstante la mayor parte de las nubes no dan lugar a la precipitación, ya que tan solo cuando las gotitas de agua, hielo granulado, o cristales resultan tener tamaño suficiente para vencer el empuje hidrostático normal y las corrientes verticales ascendentes existentes en la atmosfera, puede producirse la precipitación (Donn, 1978).

4.- JUSTIFICACION DEL ESTUDIO:

La contaminación del aire por partículas biológicas (ácaros, polen y esporas fúngicas) va en aumento (De la Fuente, Quintero, 2009). Pocos trabajos de aerobiología se han realizado en la zona urbana de Mexicali es por eso de la

importancia de realizar estudios en este campo y continuar con ellos ininterrumpidamente de ser posible para entender su comportamiento y su dinámica en la ciudad objeto de estudio.

5.-OBJETIVOS:

Existe una relación entre variables climáticas y la presencia y comportamiento de esporas, el propósito de este estudio es encontrar relaciones con las variables climáticas y establecer comparaciones con otros estudios realizados en la zona. También se pretende establecer lo siguiente:

- 1.- Perfil de esporas en la ciudad de Mexicali en el periodo de tiempo trabajado.
- 2.- El efecto de la temperatura y la humedad en el comportamiento de esporas en la ciudad de Mexicali.
- 3.- Definición del comportamiento de las partículas identificadas con el factor clima humedad y temperatura.

6.- METODOLOGIA

Los captadores de partículas son instrumentos precisos para medir la concentración de partículas atmosféricas. Para la captura de partículas existen dos métodos; gravitatorios y volumétricos.

Los métodos gravimétricos capturan las partículas de forma pasiva, aprovechando simplemente el descenso por gravedad de éstas. Las partículas son recogidas sobre superficies adhesivas o medios de cultivo. Esta metodología la siguen entre otros los métodos Durham y Cour.

Los métodos volumétricos en cambio implican la succión de aire de forma activa y el consiguiente control del flujo, con lo que es posible conocer el volumen de aire muestreado. Esta metodología la siguen los captadores Andersen o los de tipo Hirst.

6.1.-METODOS DE CAPTACION POLINICA.

Métodos basados en los principios de deposición gravitacional

- Porta objetos
- Caja petri
- Método Durham
- Trampas Tauber

Volumétricos

- Impacto por succión: trampa de espora tipo Hirst (Burkard, Lanzoni)
- Impacto por filtración: Filtros de fibra (Cour) y de membrane
- Impacto por rotación: Muestreador Rotorod y Ciclónico

En el presente estudio se realizó una recolección de pólenes y esporas por volumetría, inicialmente utilizando un equipo Burkard que por dificultades técnicas y geográficas fue necesario reconsiderar y se utilizó el equipo conocido como Rotorod.

6.2.-CONDICIONES PARA LA UBICACIÓN DE LOS MUESTREADORES.

Para los estudios de Aerobiología es preciso determinar unas mínimas condiciones de instalación, recomendables y adoptadas como normas de ubicación de los captadores de esporas como a continuación se describe:

- a) Se debe colocar sobre una superficie horizontal, plana, de fácil acceso.
- b) Evitar que los edificios colindantes hagan de pantalla e impidan el flujo libre del aire. Se recomienda ubicar el muestreador encima de un edificio a una determinada altura y considerando también la altura de los edificios circundantes al emplazamiento seleccionado.
- c) Es aconsejable ubicar el muestreador a cierta elevación sobre esta superficie de instalación, para evitar asimismo los efectos del rozamiento de las capas de aire. Esto puede conseguirse con una torreta de ensamblaje que lo eleva sobre la superficie elegida. Algunos estudios revelan la existencia de turbulencias a nivel del suelo provocadas por el rozamiento de las capas inferiores del aire con la superficie del mismo.
- d) Debe evitarse en lo posible la proximidad del captador a fuentes de emisión masiva de partículas, tanto fijas como móviles, de material biológico y no biológico. La existencia de poblaciones vegetales monoespecíficas en el entorno inmediato al de ubicación del equipo de muestreo propiciará la sobrerrepresentación de algún tipo polínico sobre otros, lo que origina datos distorsionados y no representativos del radio de cobertura geográfica del muestreador. La proximidad a fuentes de material no biológico tanto fijas como móviles puede, por otro lado, favorecer una masiva presencia de residuos en las muestras, lo que incrementa de forma considerable la dificultad en la identificación.
- e) Evitar instalar el aparato cerca del borde del edificio para eliminar en lo posible las turbulencias generadas por el choque del viento contra el obstáculo.

6.3.-EQUIPO SELECCIONADO.

Para el estudio a realizar de las partículas viables se utilizara un muestreador volumétrico Burkard que cuenta con un tambor sobre el cual quedan adheridas las partículas donde este mismo se encuentra conectado a un reloj con un mecanismo de giro que posibilita el movimiento del soporte a razón de 2mm cada hora. Tiene una capacidad de succión de volumen de aire de 10 l/min.



Figura 4. Muestreador Burkard

Se realizó la instalación del equipo en la Universidad Politécnica de Baja California que se encuentra localizada en la zona noreste de Mexicali (latitud 32° 37' 32" N y longitud 115° 22' 36" W), en una zona semiárida.

Debido a las altas temperaturas; durante el periodo de muestreo se tuvieron problemas con el equipo de muestreo Burkard lo cual origino que se afectara el engrane del reloj, razón por la cual se seleccionó el muestreador tipo Rotorod modelo 40.

El modelo Rotorod consiste en un motor de 12 volts programable para ciclos de trabajo de captación. Sus dimensiones son de 7.5 x 6 x 9.75 pulgadas, con un peso de 3 libras, es portátil y estacionario lo cual hace muy accesible el trabajar con este equipo.



Figura 5: Rotorod modelo 40

El Rotorod modelo 40 está programado de fábrica para captar 3.12 m³ en ciclos de 24 horas a un 10% de captación, sus parámetros son ajustables lo que lo hace muy flexible.

Muestrea en un ciclo de 24 horas, durante las cuales realiza sub-ciclos de 10 minutos que pueden ser modificables y ajustados a las condiciones ambientales. El ciclo seleccionado para el caso de estudio fue al 10% (es decir en 10 minutos muestrea 1

minuto y descansa 9 minutos) pueden ser modificados dependiendo del tipo de muestreo que se esté llevando a cabo. El tiempo de muestreo se ajustó a 24 hrs, (Rotorod, 2002).

La captación se lleva a cabo por medio de dos rodillos de poliestireno cubierto con silicón el cual adhiere y retiene a las partículas que son impactadas sobre ellos.

Las muestras captadas en el rodillo se relacionan al volumen de aire muestreado por el Rotorod y se expresa como número de partículas por m³ de aire (Fig. 2).



Figura 6: Rodillos captadores para el muestreo de pólenes y esporas

6.4.-CONTEO E INTERPRETACION DE PARTICULAS.

La recolección fue diaria por periodos de 24 hrs. Después fueron observadas en el microscopio donde se realizó el conteo de los pólenes y esporas, donde simplemente el rodillo captador ya impregnado de las partículas se tiñe con el colorante Carberla y se observa de manera directa al microscopio.

El conteo y determinación de los grupos polínicos se realizó con un microscopio óptico, con un objetivo de 40X y un ocular de 10X, por lo tanto la muestra se observa con un aumento total de 400 veces su tamaño. Cada muestra es montada (colocada) en un portaobjetos acanalado y cubierto por cubreobjetos de 22 X 22 mm. De este modo se

obtiene un valor que expresa la cantidad de granos de polen correspondientes a 3.12 m³ de aire muestreado. (Multidata LLC, 2002).

6.5.-MICROSCOPIA OPTICA.

Para el análisis de las partículas en este estudio los granos de polen se colocan en un portaobjetos con un medio de montaje que puede ser glicerina.

La otra técnica consiste en colocar los granos de polen en un portaobjetos, se hace una tinción con fucsina, se coloca un cubreobjetos y por un tiempo breve en placa caliente para después ser observado al microscopio.

6.6.-TINCION DE MUESTRAS Y CALCULOS VOLUMETRICOS.

Para la tinción de las muestras se utilizó el colorante de la firma Rotorod Calberla el cual es una mezcla con fuchina, este se aplica directamente para ser observados en el microscopio. Es el más utilizado para la lectura y tinción de los granos.

6.7.- FORMULAS PARA CALCULOS

Por definición un conteo refleja el número de partículas (P) suspendidas en un volumen de aire (V) por lo que bajo condiciones estándar:

Conteo de Partículas= **P/V** ejemplo: 364 partículas/3.12m³ = 117 granos por m³

Es común que por diversas circunstancias se tengan que modificar las variables establecidas, por ejemplo el tiempo de monitoreo que suele acortarse o alargarse, en cuyo caso el volumen variará debido al ajuste:

$$V = 3.12\text{m}^3 \times 1460\text{min}/1440 = 3.16 \text{ m}^3 \text{ (volumen con ajuste)}$$

Otro motivo puede ser que se analice solo una parte del rodillo colector por consiguiente se debe calcular un nuevo volumen (V) a partir de la fracción contada del rodillo en cuestión donde:

$$3.12\text{m}^3 = \text{condiciones estándar}$$

$$38\% \text{ Porción analizada del rodillo} \quad V = 3.12\text{m}^3 \times (38 / 100) = 1.19\text{m}^3$$

100% Total del rodillo analizado

Si se cambiara el ciclo de muestreo para prevenir una sobresaturación en zonas muy contaminadas por partículas, se tendría que reducir por lo que también se tendría que ajustar el volumen para hacer los cálculos:

$$3.12\text{m}^3 = \text{condiciones estándar}$$

$$5\% \text{ ciclo captado} \quad V = 3.12\text{m}^3 \times (5/10) = 1.56\text{m}^3$$

100% ciclo estándar

6.8.-LECTURA DE PARTICULAS.

La lectura de partículas se llevó a cabo con un microscopio Westover de luz blanca con lentes planocromáticos, con poder de resolución y fase de contraste aguda así como también cuenta con ampliación de imágenes. Tiene también una cámara digital integrada, una pantalla LCD de 5.0 pulgadas, software integrado que permite tomar fotografías de las imágenes desde una computadora.

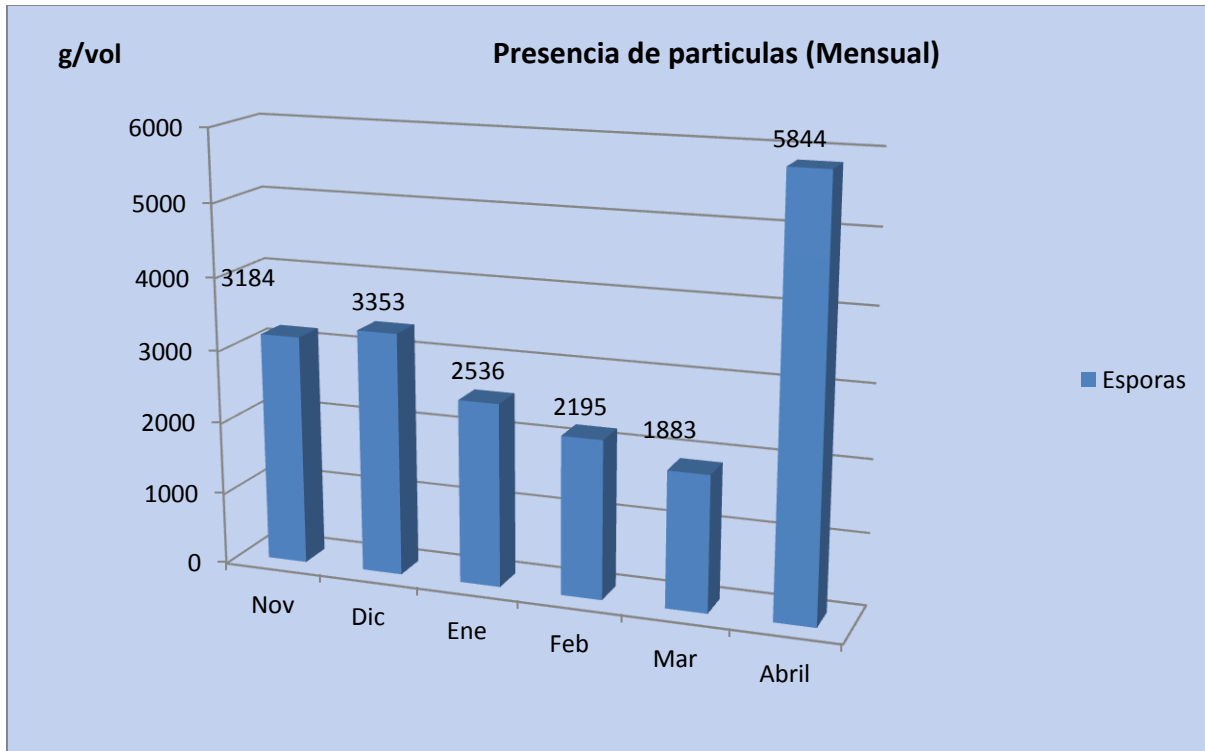
6.9.- RECOLECCION DE MUESTRAS Y ANALISIS DE RESULTADOS.

Los muestreos se realizaron inicialmente en la Universidad Politécnica del Estado, utilizando un recolector tipo Buckard y con periodos de muestreo continuos semanales. Debido a problemas de técnicos con el recolector y sitio de muestro fue necesario el cambio de ubicación y de captador substituyendo este último por un equipo Rotorod modelo 40 con recolección cada 24 horas y con otros parámetros diferentes (factor de impacto, porcentaje volumen captado, revoluciones por minuto).

7.- RESULTADOS OBTENIDOS

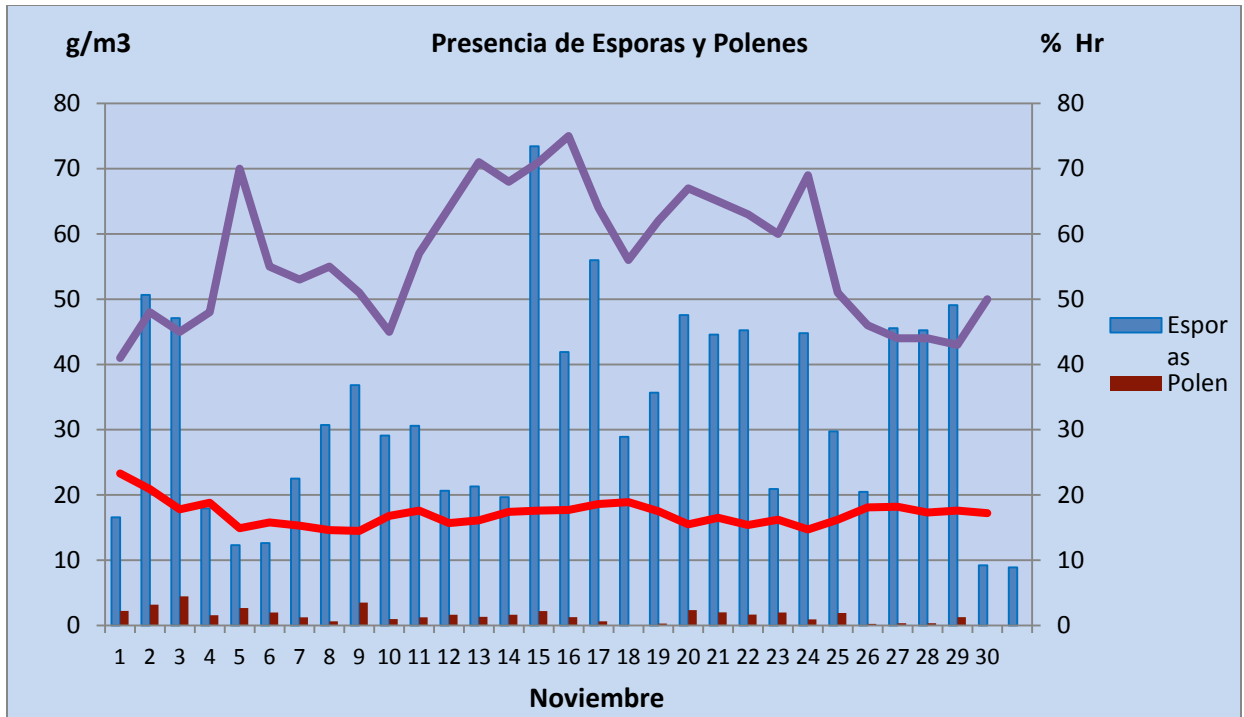
En un periodo de seis meses muestreados (noviembre-abril) se contabilizaron e identificaron un total de 18995 (Grafica 2) partículas (esporas) predominando el mes de abril con la mayor cantidad por unidad de volumen. Se encontró semejanza en número de esporas para los meses de noviembre y diciembre.

La temperatura promedio para los meses bajo estudio fue de 17.27 °C y una Hr promedio de 55.57%.



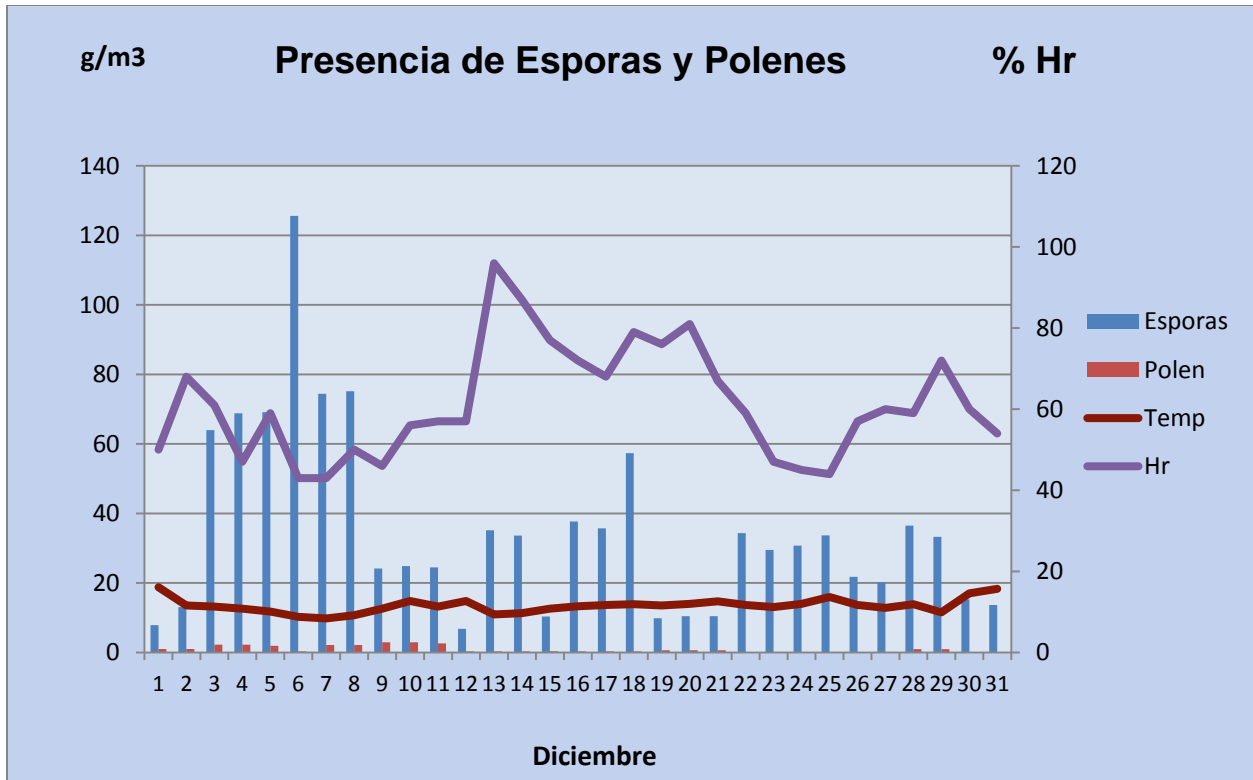
Grafica 2. Resultado del muestreo en los meses bajo estudio del 2011 al 2012.

Haciendo un análisis del primer mes muestreado se observa la predominancia de esporas fúngicas (Grafica3), la temperatura se mantuvo constante (17.1 C aprox.) durante este periodo, no así los volúmenes de partículas que tampoco muestran una relación con la presencia de humedad relativa (56.7 HR Aprox.). La presencia de pólenes fue mínima, acorde con la época estacional.



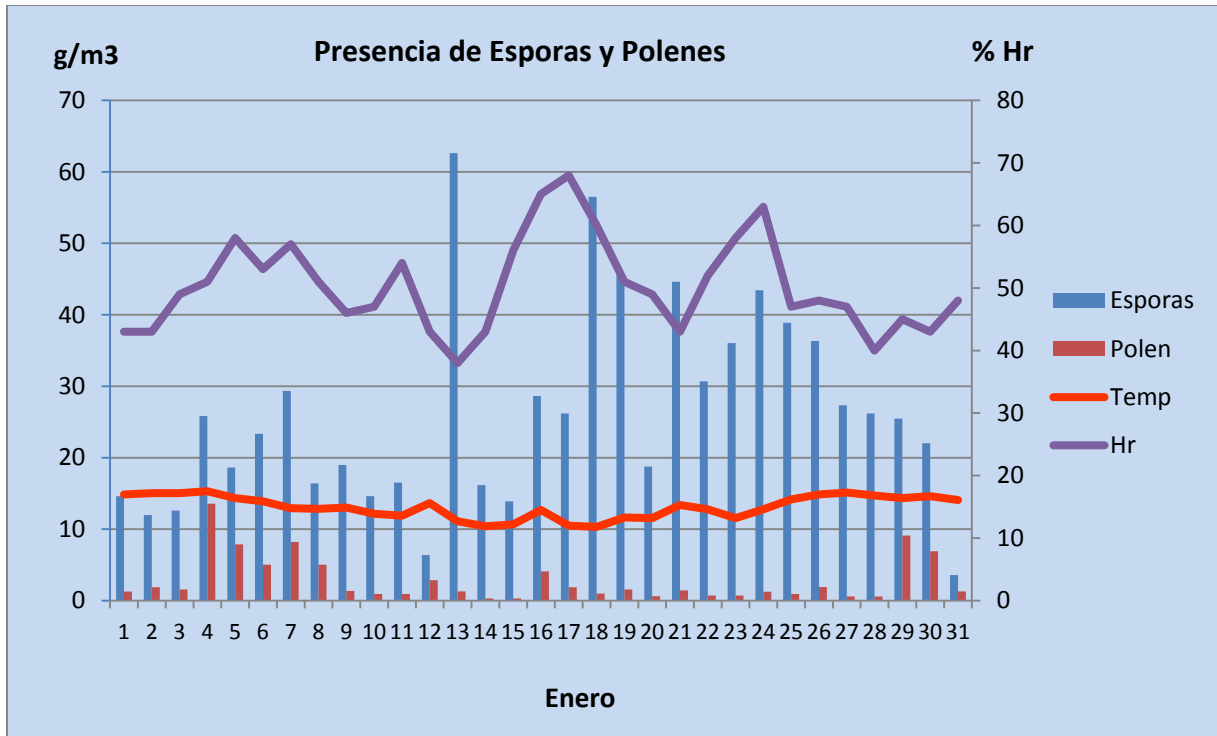
Grafica 3. Muestreo de partículas en Noviembre 2011.

En el mes correspondiente a diciembre la temperatura se mantuvo estable (11.6 C aprox.), no así la humedad relativa que fue de 48.8% y 61.2% durante el periodo. En relación a las partículas la primera semana de recolección (Grafica 4) es la que muestra mayor volumen en especial por el sexto día; la humedad relativa no tiene relación aparente con el volumen de esporas. Respecto a la presencia de polen el volumen es mínimo y solo durante los diez primeros días del mes de diciembre 2011 fueron identificados.



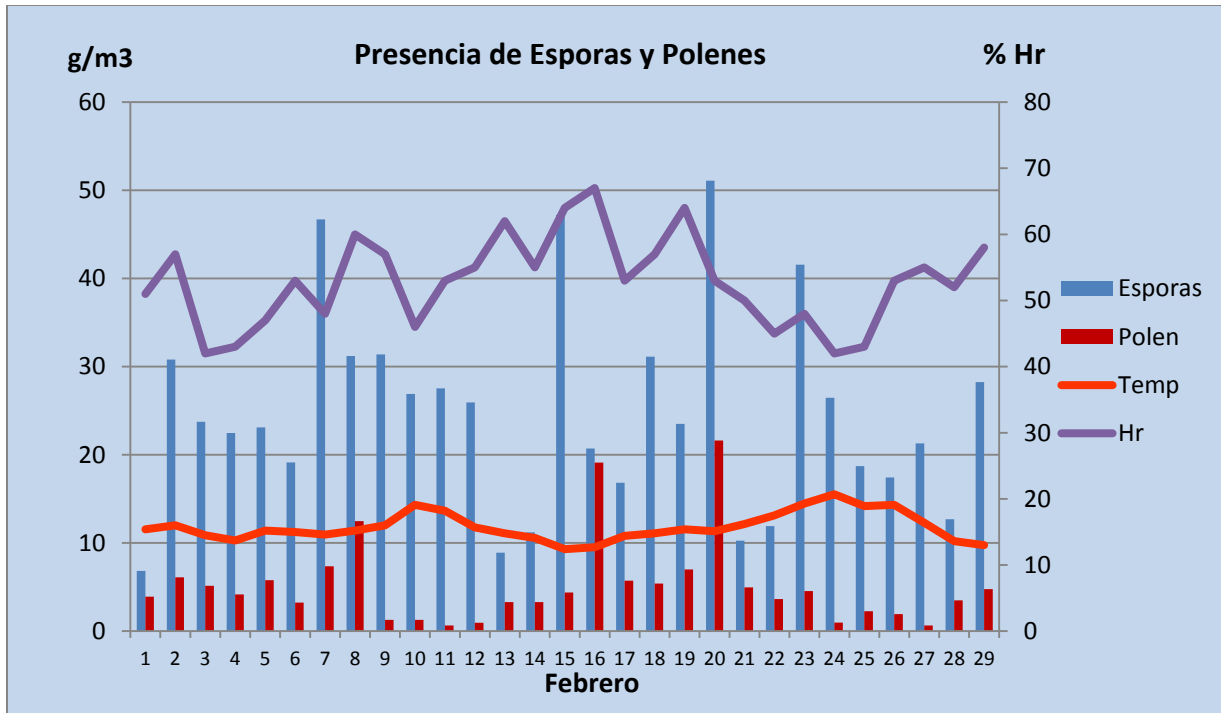
Grafica 4. Presencia de partículas en Diciembre 2011.

En enero (Grafica 5) la temperatura también se mantuvo constante (15 C aprox.) aunque superior con respecto al mes anterior y la humedad relativa aunque muy variable en su contexto disminuyo considerablemente (50.3 %) con respecto al mes anterior. La segunda mitad del mes presenta la mayor concentración de esporas alcanzando 63 g/m³ en lo contrario al mes anterior donde los resultados fueron inversos. En relación al polen su presencia empieza a manifestarse a lo largo de todo el mes con predominancia en los primeros días



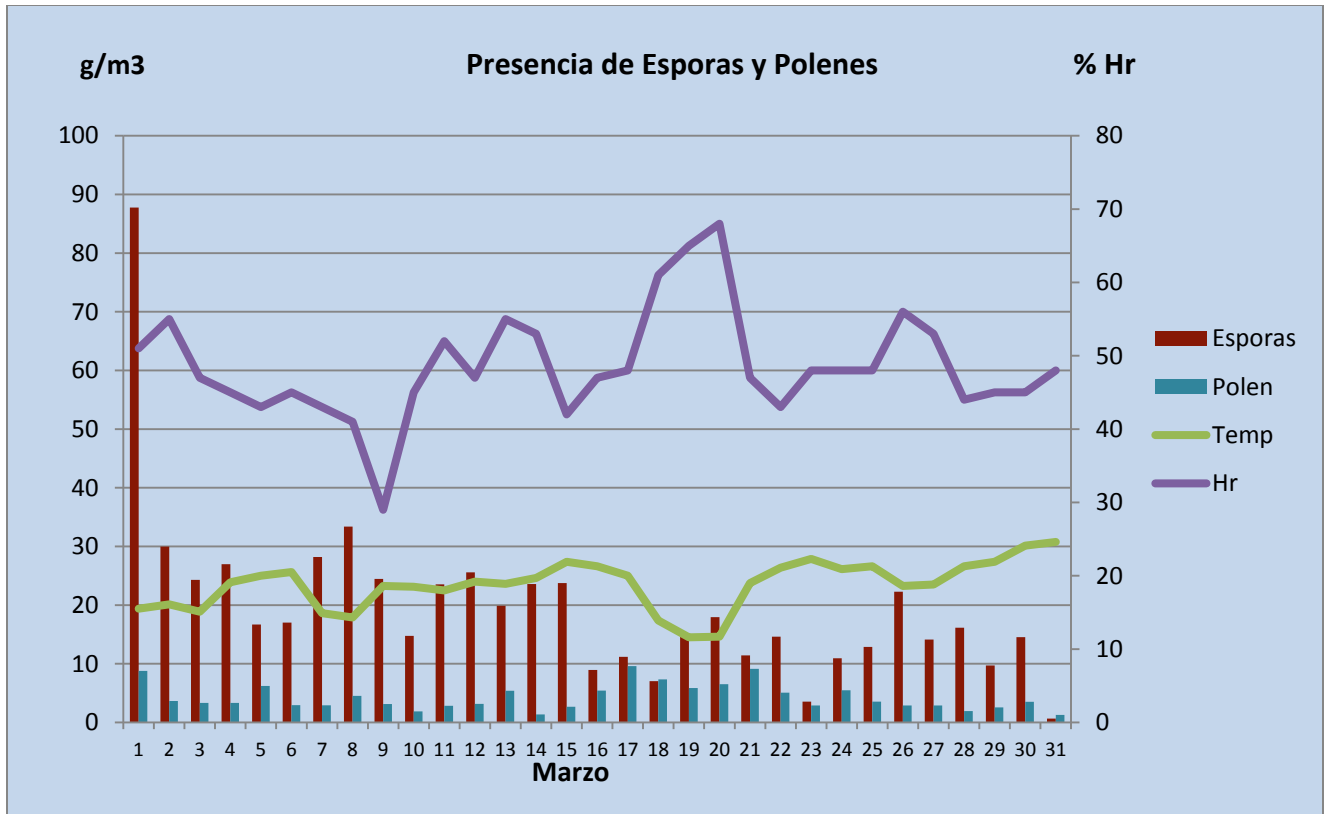
Grafica 5. Muestreo de partículas en Enero 2012.

Para el mes de febrero las circunstancias variaron completamente (Grafica 6) la temperatura se mantiene constante y sin mucha variación con respecto al mes anterior (15.8 °C aprox.); en relación a la humedad relativa se mantiene un 3% superior a enero aunque menos variable en sus fluctuaciones durante el periodo captado.



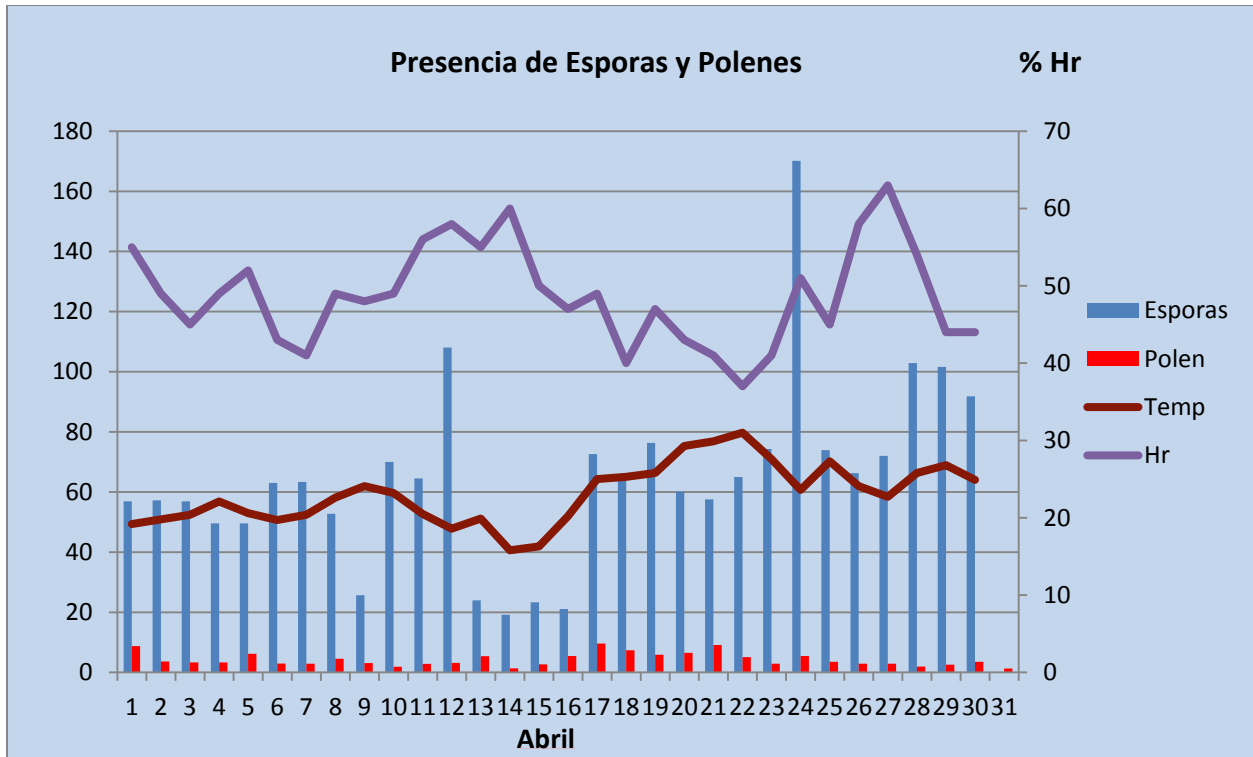
Grafica 6. Muestreo de partículas en Febrero 2012.

Para el mes de marzo aumenta la temperatura en tres grados aproximadamente (18.8 C) y con la humedad relativa en disminución en un 4.3 % (48.6 %). La presencia de esporas muestra su mayor volumen en la primera mitad del periodo con un promedio de 28 g/m³ sobresaliendo el primer día del mes con 88 g/m³. La presencia del polen es notoria durante todo el periodo lo cual es congruente con la época estacional que comienza (Grafica 7).



Grafica 7. Muestreo de partículas en Marzo 2012.

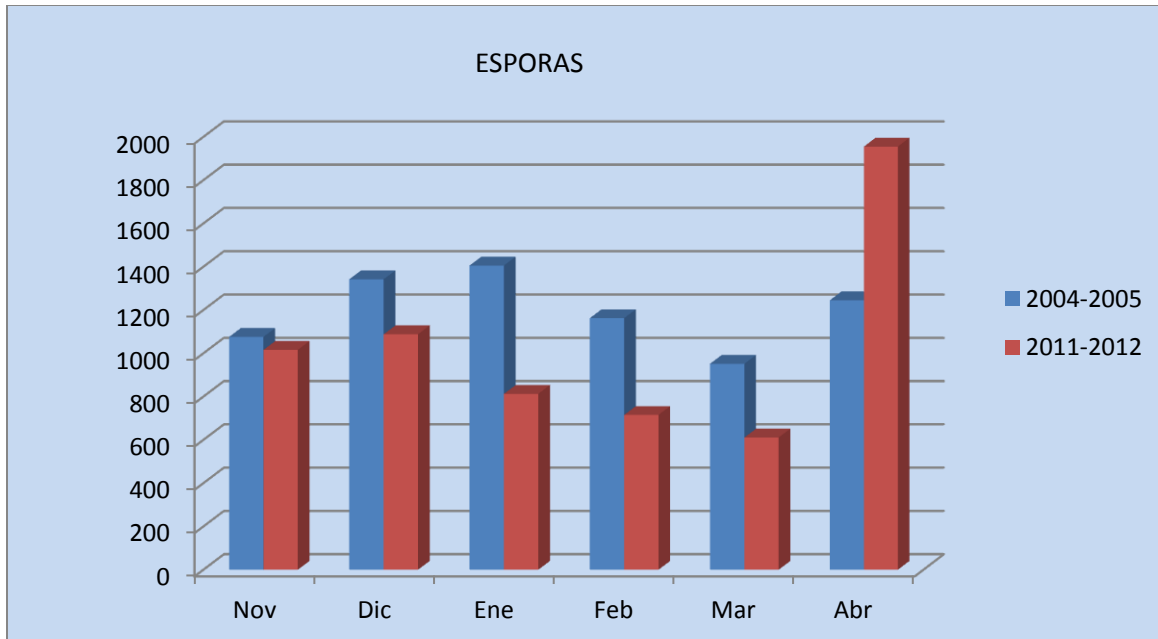
Para el último mes capturado el aumento de la temperatura es notable respecto a los meses anteriores llegando a los 31 C la máxima y en relación a la humedad relativa el promedio en porcentaje es similar al mes anterior (48.8 %). La presencia de esporas casi se duplico en volumen en relación a los meses anteriores mientras el muestreo de polen se mantuvo casi constante (Grafica 8).



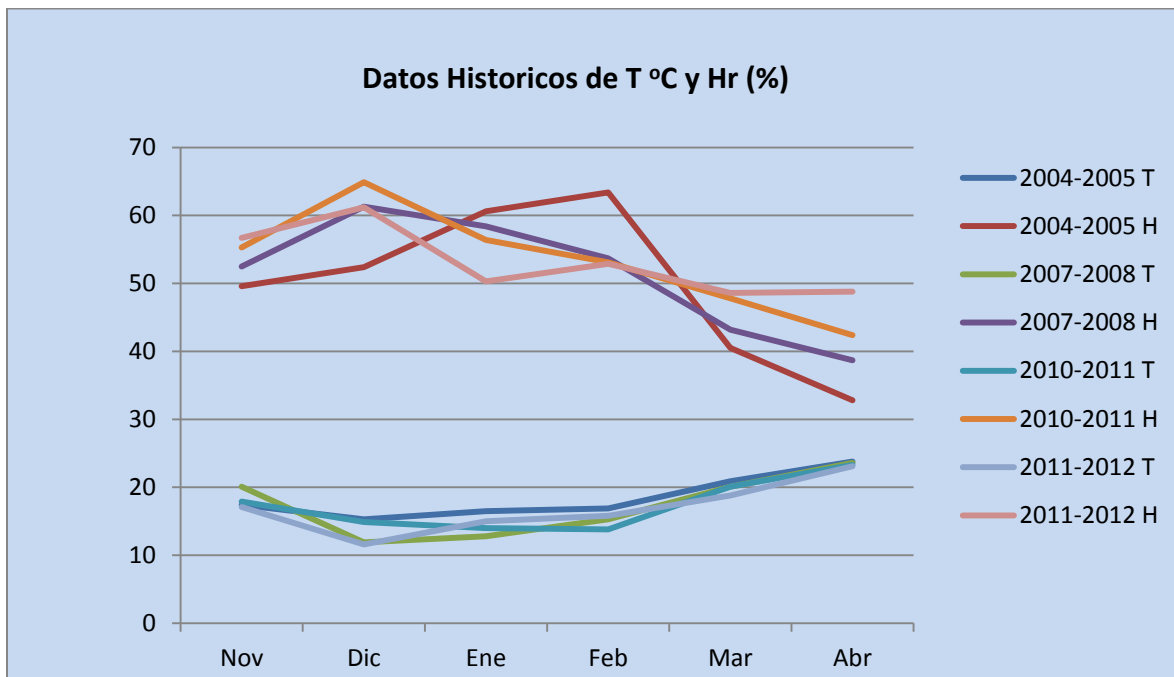
Grafica 8. Presencia de partículas en el sexto mes de muestreo

7.1.- ANALISIS COMPARATIVO. DATOS HISTORICOS

Haciendo un análisis comparativo de datos obtenidos en el periodo 2004-2005 y los datos que corresponden a este proyecto de recolección e identificación en el periodo 2011-2012 se observa que hubo predominancia de esporas en el primer periodo sobresaliendo los meses de enero y febrero sucediendo lo contrario para el mes de abril con un volumen muy alto (1900 g); para el periodo bajo estudio (2011-2012); aunque durante 2004-2005 el muestreo de partículas en ambos periodos fue muy similar, (Grafica 9). No se observa correlación significativa en relación a las temperaturas ya que de forma general fueron muy similares (Grafica 9). Con relación a la humedad relativa no existen puntos de coincidencia (Grafica 10).



Grafica 9. Estudio comparativo de muestreo de esporas entre los años (2004-2005) y (2011-2012).



Grafica 10. Comparativo de temperaturas y humedades relativas de los años 2004 al 2012.

Tabla 1. Estudio comparativo de muestreo de partículas llevado a cabo en 2004-2005 y 2011-2012.

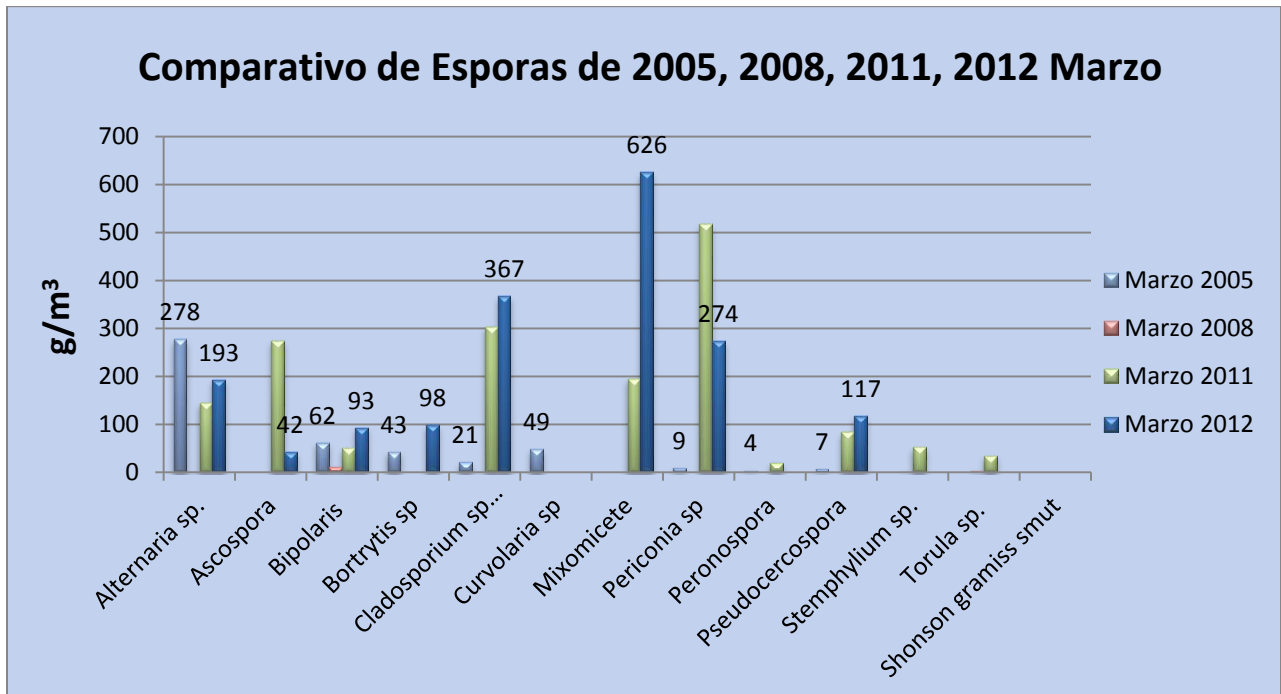
ESPORAS							
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Totales
2004-2005	1075.9	1342.14	1405.51	1162.23	951.47	1245.04	7182.29
2011-2012	1015.8	1087.78	812.3	715	610.8	1955.19	6196.87
Diferencia	60.1	254.36	593.21	447.23	340.67	-710.15	

Se realizó un comparativo histórico de esporas más abundantes entre los meses de marzo y abril para los años 2005 (Ahumada), 2008(De la Fuente), 2011, 2012 (y el trabajo actual). Haciendo un análisis se determinó que las predominancias en tipos de espora difieren para los tres periodos en la misma época del año Tabla 2. Los porcentajes totales por m³ corresponden solo a las esporas predominantes razón por la cual la mayoría no dan el 100%. No se encontró mayor coincidencia en los datos predominantes (en rojo) en la mayoría de los periodos en relación a los porcentajes.

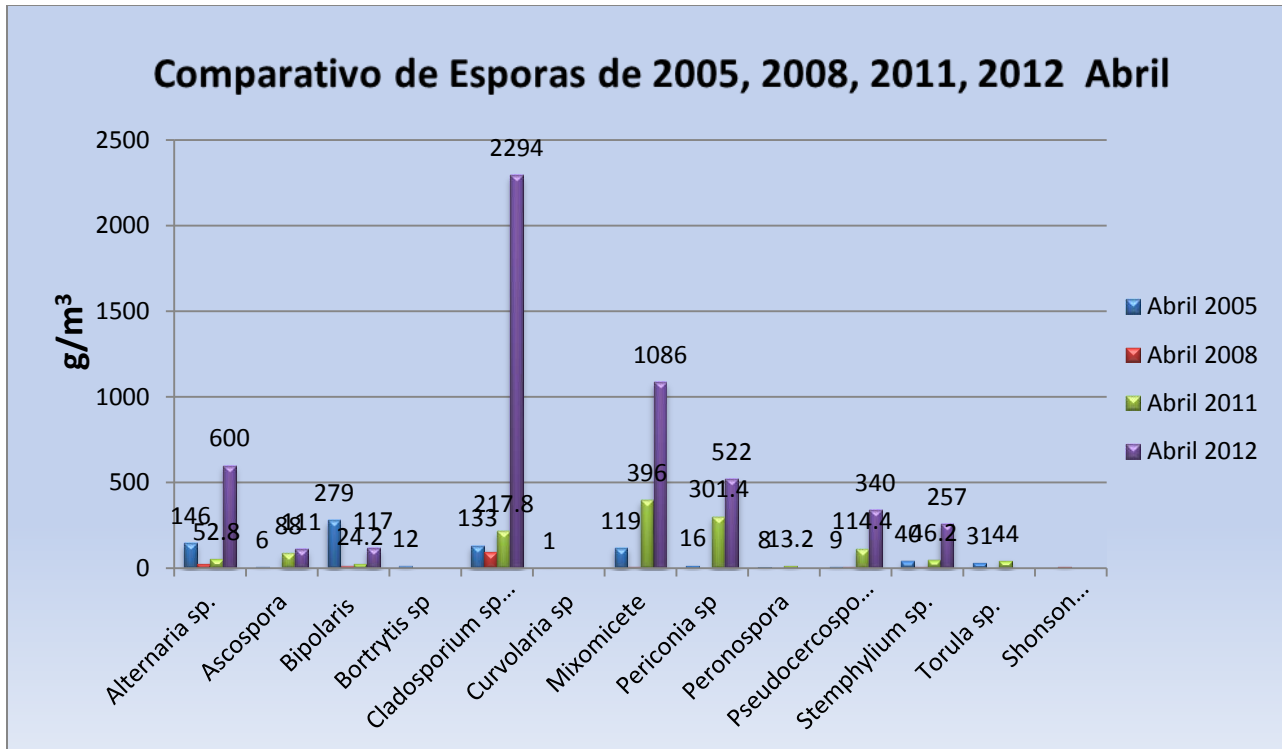
Tabla 2. Comparativo de 2005, 2008, 2011, 2012 Marzo y Abril

Dias del Mes	2005		% 2005		2008		% 2008		2011		% 2011		2012		% 2012	
	2005	2005	Mar	Abr	Mar	Abr	Mar	Abr	Mar	Abr	Mar	Abr	Mar	Abr	Mar	Abr
ESPORAS																
Alternaria sp.	278	146	52.65%	16.59%	2	24	8.70%	14.63%	145.2	52.8	8.60%	4.04%	193	600	10.52%	10.52%
Ascospora		6		0.68%		2		1.22%	275	88	16.30%	6.73%	42	111	2.29%	1.94%
Bipolaris	62	279	11.74%	31.70%	12	11	52.17%	6.71%	50.6	24.2	3.00%	1.85%	93	117	5.07%	2.05%
Bortyrtis sp	43	12	8.14%	1.36%									367	98	20.01%	1.71%
Cladosporium sp simple	21	133	3.98%	15.11%	2	94	8.70%	57.32%	303.6	217.8	17.99%	16.67%		2294		40.23%
Curvolaria sp	49	1	9.28%	0.11%												
Mixomicete		119	0.00%	13.52%	1	6	4.35%	3.66%	195.8	396	11.60%	30.30%	626	1086	34.13%	19.04%
Periconia sp	9	16	1.70%	1.82%					517	301.4	30.64%	23.06%	274	522	14.94%	9.15%
Peronospora	4	8	0.76%	0.91%					19.8	13.2	1.17%	1.01%				
Pseudocercospora	7	9	1.33%	1.02%		7		4.27%	83.6	114.4	4.95%	8.75%	117	340	6.37%	5.96%
Stemphylium sp.		40		4.55%	2	7	8.70%	4.27%	52.8	46.2	3.13%	3.54%		257		4.50%
Torula sp.		31		3.52%	4	3	17.39%	1.83%	35.2	44	2.09%	3.37%				
Shonson gramiis smut						9		5.49%								
Total esporas-m³	473	800	89.58%	90.91%	23	163	100.00%	99.39%	1678.6	1298	99.48%	99.33%	1834	5702	93.33%	95.10%

En las gráficas 11 y 12 se aprecia un comparativo en volúmenes totales para los diferentes años en que se han recolectado partículas, sobresalen *mexomicete* para el 2012 y *periconia* para el 2011 en el mes de marzo. Para el mes de abril 2012 destacan por mucho *cladosporium sp* en relación a los demás tipos.



Grafica 11. Comparativo de esporas Marzo



Grafica 12. Comparativo de esporas Abril

COMPARATIVO HISTORICO CON VARIABLES CLIMATICAS

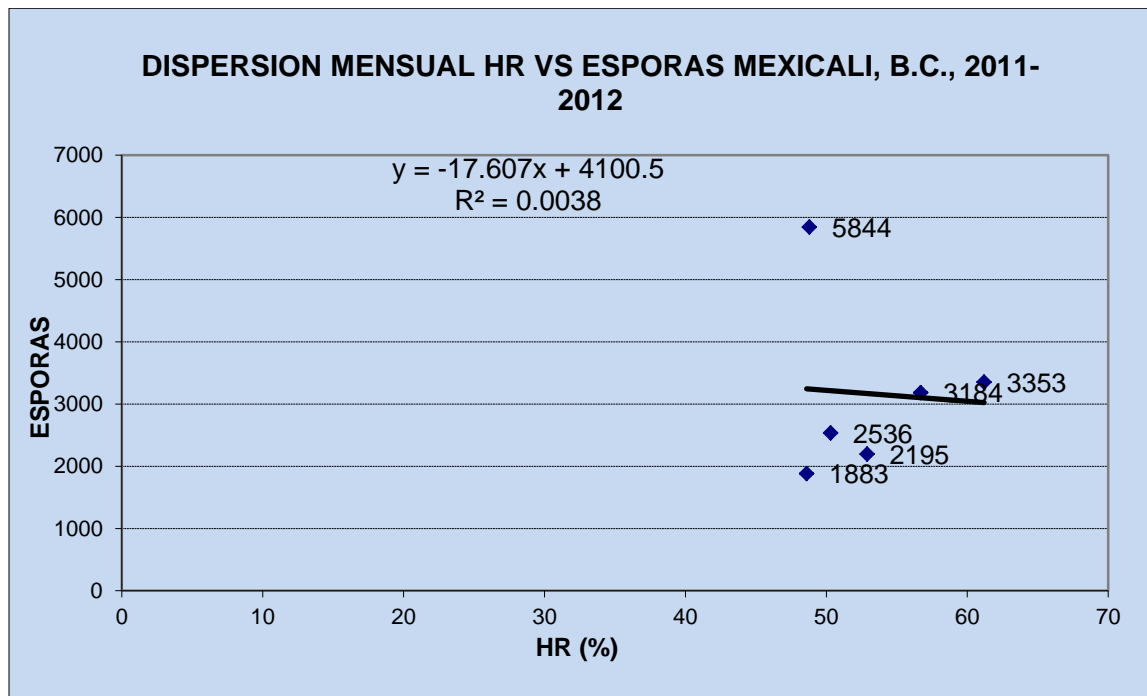
Humedad Relativa

Se hace un estudio comparativo entre uno realizado en el 2004-2005 y el desarrollado en este trabajo del 2011-2012. El comparativo es en relación a los volúmenes totales y dispersión de esporas (comportamiento) en relación a la humedad relativa (Grafica 13 y 14).

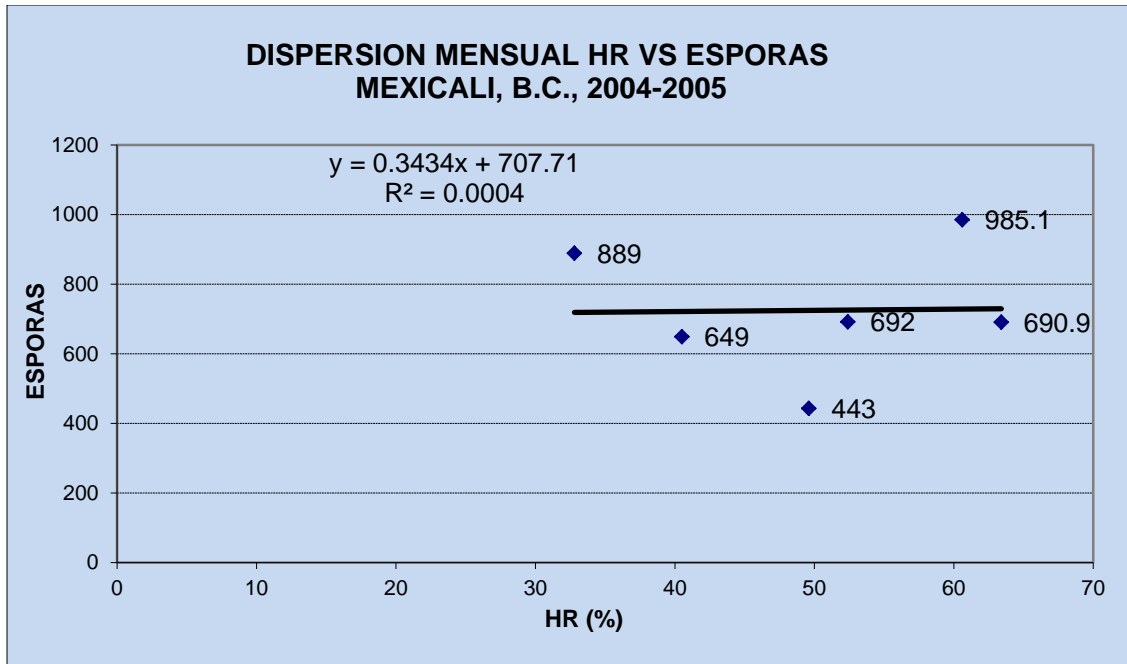
La variación de humedades máximas fue muy poca (2.2% HR de diferencia) en los comparativos, pero la variación de los valores mínimos de humedad presenta un rango mucho mayor con una diferencia de 15.8 % HR y los volúmenes en partículas de esporas correspondientes para estos rangos se dispararon (Tabla 3).

Tabla 3. Comparativos de máximos y mínimos en dos estudios diferentes 2004-2005 y 2011-2012.

Año	%HRMax	%HRMin	Volúmenes
2004-2005	63.4	32.8	690.9
2011-2012	61.2	48.6	3353



Grafica 13. Dispersión mensual en relación a la humedad



Grafica 14. Para comparativo histórico con grafica 13 (Ahumada, 2005)

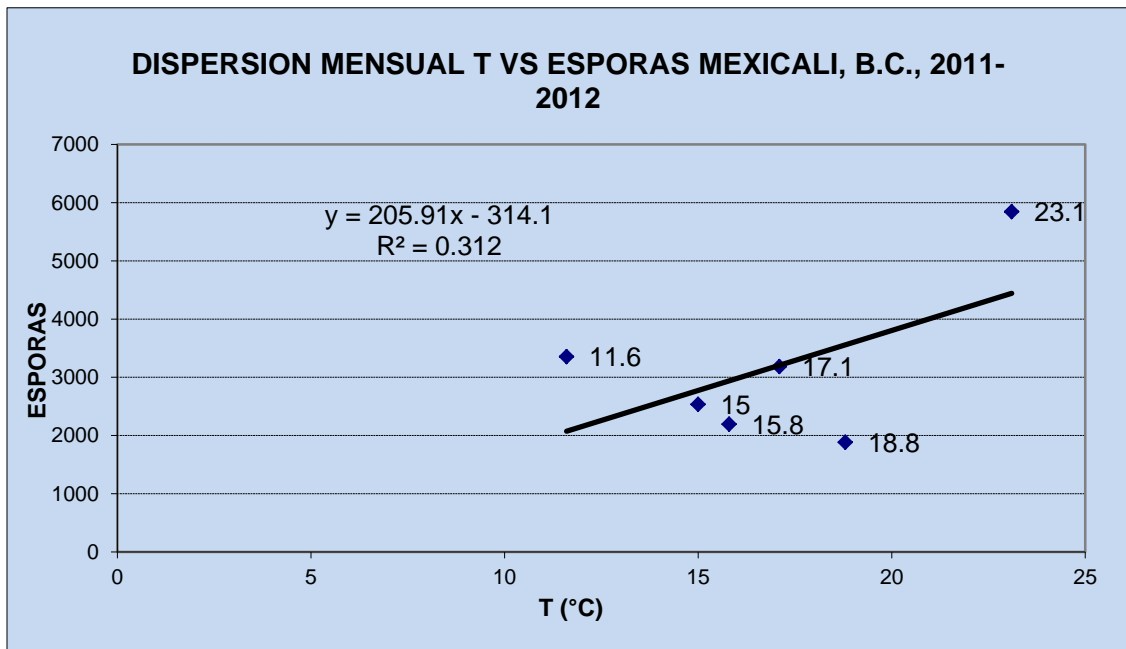
Temperatura

Al igual que en los valores de humedad relativa en el caso de las temperaturas las variaciones fueron pequeñas en los máximos, pero no así en los valores mínimos donde hubo una diferencia de 3.7°C (Tabla 4).

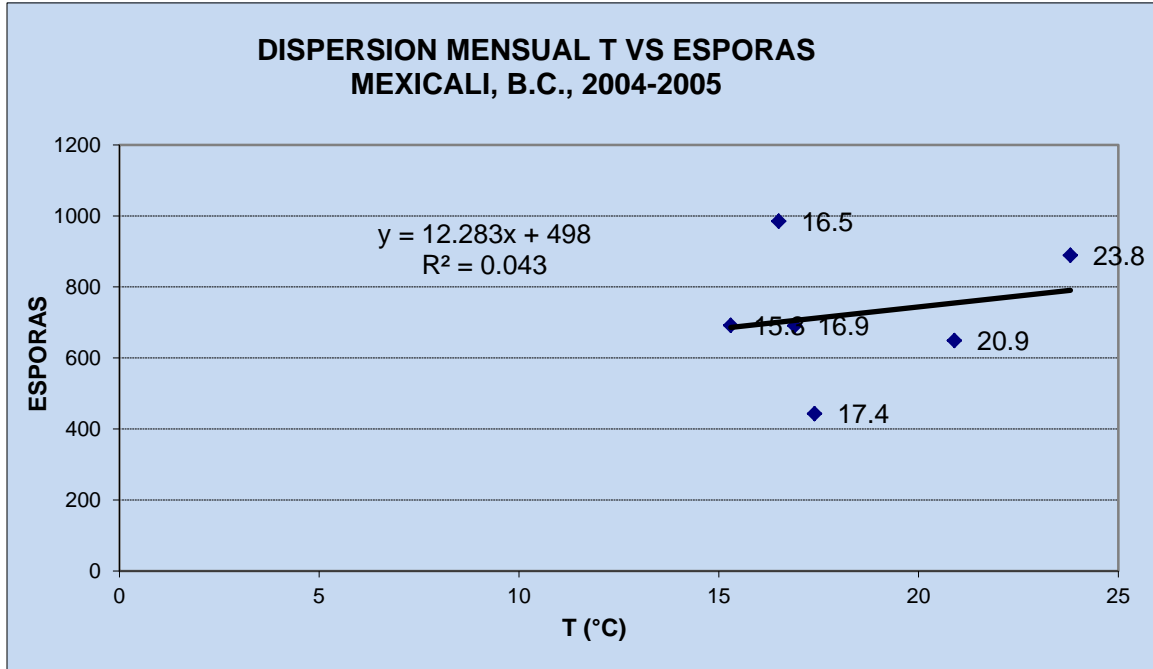
Tabla 4. Valores históricos de temperaturas

Año	TMax	Tmin	Volúmenes
2004-2005	23.8	15.3	690.9
2011-2012	23.1	11.6	3353

Las gráficas 15 y 16 muestran el comparativo de la dispersión en valores totales y su relación a la temperatura promedio



Grafica 15. Dispersión mensual en relación a la temperatura



Grafica 16. Para comparativo histórico con grafica 15 (Ahumada, 2005)

8.- CONCLUSION

En relación al estudio de las partículas aerobiológicas, en este caso esporas se puede decir lo siguiente:

- La representación de esporas revela la existencia de niveles mayores en cantidad y medidas en diversos días del muestreo.
- Las condiciones climáticas pueden afectar la producción de esporas directa o indirectamente a través de su efecto sobre los substratos colonizados por los hongos.
- Las condiciones óptimas para altas concentraciones de esporas tienen una relación directa o indirecta con las altas temperaturas de los días que favorecen la maduración y la liberación de estas.
- La humedad parece no favorecer la liberación de esporas con excepción de *cladosporium* donde la humedad sí presentó efectos sobre las concentraciones.
- El periodo estacional de las esporas parece estar más relacionado con los tiempos de cosecha donde se diseminan a la atmósfera restos de plantas y las esporas que contiene pueden ser dispersas.
- Los índices bioclimáticos pueden ayudarnos a entender mejor el comportamiento de las esporas toda vez que reaccionan a la combinación de parámetros climáticos sobre cualquiera de estos elementos de forma individual.

El periodo de estudio de partículas aerobiológicas en la región provee datos para establecer un perfil somero; durante el periodo muestreado las variaciones de partículas no fueron homogéneas con un total de 18995, granos de esporas por volumen muestreado en el periodo de medición. En el mismo periodo las concentraciones de partículas decrecieron y/o crecieron en comparación con otros periodos muestreados (Ahumada, 2005; De la Fuente, 2009). Se encontró una correlación positiva entre la concentración atmosférica de partículas, y la temperatura con periodos de humedad. La influencia es mencionada en otros estudios

palinológicos. El total de la concentración de partículas atmosféricas biológicas puede ser explicada por los parámetros climáticos. Estas conclusiones son preliminares y basadas también en otros estudios de años previos.

REFERENCIAS

- Ahumada S., M. Quintero, 2005, "La contaminación por partículas de polen y esporas en Mexicali: Construcción de un mapeo polínico. Contaminación y medio ambiente en Baja California Ed. Porrúa, México, pp. 101-123.
- Aira, M.J., Jato, V., Stchigel A.M., Rodríguez-Rajo F.J., Piontelli E., 2007. Aeromycological study in the Cathedral of Santiago de Compostela (Spain).
- AQS 2005 Air Quality System- USA- Environmental Protection Agency.
- Assing, K., Bodtger, U., Poulsen, 2006. Seasonal dynamics of chemokine receptors and CD62L in subjects with asymptomatic skin sensitization to birch and grass pollen. *Allergy* 61 (6), 759-768.
- Bousquet J., T. Bieber, W. Fokkens, M. Humbert, M. Kowalski, B. Niggemann, H-U. Simon, 2006. Themes in Allergy. *Allergy*; volumen 61: 1-2.
- Cariñanos, P., P. Alcázar, C. Galán, R. Navarro & E. Domínguez. 2004. Aerobiology as a tool to help in episodes of occupational allergy in work-places. *Journal Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 14(4): 300-306.
- Comtois, P., Isard S. 1999. Aerobiology: coming of age in a new millennium. *Aerobiologia* 15: 259-266
- Damialis, A., Gioulekas, D., Lazopoulou, C., Balafoutis, C., & Vokou, D. 2005. Transport of airborne pollen into the city of Thessaloniki: the effects of wind direction, speed, and persistence. *Biometeorology*, 49:3 139-145.

-De la Fuente R. et al, 2009, The relationship between air pollution caused by fungal spores in Mexicali, Baja California, Mexico and the incidence of childhood asthma.

-Detandt, M., & Nolard, N. 2000. The fluctuations of the allergenic pollen content of the air in Brussels (1982 to 1997). *Aerobiologia* 16: 55-61.

-Donn, William L. *Meteorologia*, 1978. Reverte, S.A.

-Emberlin, J., Smith, M., Close R., & Adams-Groom B. 2007. Changes in the pollen seasons of the early flowering trees *Alnus* spp. And *Corylus* spp. In Worcester, United Kindom, 1996-2005. *Biometeorology* 51 (3):181-191.

-Galindo, L. M. 2008. La economía del cambio climático en México, Síntesis. INE-SEMARNAT.

-García de Albano, P. 2006. Lluvia polínica en selvas montañosas de la provincia de Tucumán, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 8(2): 159-164. Argentina.

-Gehrig, R., & Peeters A. 2000. Pollen distribution at elevations above 1000 m in Switzerland, *Aerobiologia* 16:69-74.

-Gioulekas D, Chatzigeorgiou G, Spieksma F. Allergenic pollen and pollinosis in northern Greece. In: D'Amato G, Spieksma FTh, Bonini S, eds. *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Melbourne-Paris-Berlin-Vienna: Blackwell Scientific publications, 1991: 167–171.

-González-Lozano C., Cerezo-Moreno A., Gonzale-Macias C. & Salazar C., 1999. 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, Vol. 43 (5), 155-164

-GREGORY, P. H. The Microbiology of the Atmosphere. Ed. Leonard Hill. Plymouth. 1973.

-Hugg, T. and A.R. Lehtimäki, 2007. Indoor and outdoor pollen concentrations in private and public spaces during the Betula pollen season. *Aerobiologia*, 23: 119-129.

-INCHE, J. 2004. Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones. Lima: Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial-UNMSM.

-Jaenicke, R. 2005. Abundance of Cellular Material and Proteins in the Atmosphere. *Science* 308:73.

-Josep de Haro, P Benítez, I Alobid, JA González, B Pascual, J Mullol, 2008. *Aerobiologia* 15:259-266.

-Kawasima, S. (2004, Junio). *Aerobiology in the world*. Japan. International Aerobiology Newsletter, (59), pp. 2-3.

-Kobzar, V.N. 1999. Aeropalynological monitoring in Bishkek, Kyrgyzstan. *Aerobiologia* 15: 149-153.

-La crónica 18 de octubre de 2013, Saúl D. Martínez.

-Llop E., Pinho P., Matos P., Pereira M.J. & Branquinho C. 2012. The use of lichen functional groups as indicators of air quality in a Mediterranean urban environment. *Ecological Indicators* 13:215-221.

-Mendoza A., A.A. Gutiérrez, E. I. Pardo. Volatile organic compounds in the downtown area of Mexicali, México during the spring of 2005: analysis of ambient data and source-receptor modeling. *Atmosphere* 22(2), 195-217 82009).

-Monn, C., Fuchs, A., Hogger, D., Junker, M., Kogelschatz, D., Roth, N., Wanner, H.U. Particulate matter less than 10 microns (PM10) and the fine particles less than 2.5 microns (PM2.5): relationship between indoor, outdoor and personal concentrations. *Sci Total Environ* 1997, 208:15-21.

Monterroso, A., Gómez, J., Tinoco, J. y J. Estrada. 2007. Impacto del cambio climático sobre dos especies representativas del trópico mexicano *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* en la Península de Yucatán. En: I Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad. Memorias. Ministerio de Medio Ambiente. Cuba.

-Nilsson, S. & Praglowski, J. (eds) 1992. *Erdtman's Handbook of Palynology*, 2nd edition.

-Nitiu, D., Mallo, C., & Romero, E. 2003. Quantitative aeropalynology in the atmosphere of Buenos Aires *Aerobiologia*.

-Oliveira, M., Ribeiro, H., & Abreu, I. 2005. Annual variation of fungal spores in atmosphere of porto: 2003. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 12:309-315.

-Osorio A. y Quiroz D. 2009; Lluvia de polen de la ciudad de Oaxaca México. *Polibotánica* No. 28; pp.161-190, México D. F., septiembre 2009. IPN, Esc. Cs. Biológicas ISSN 1405-2768.

-Pathirane, L. 1975. Aerobiological literature in scientific periodicals. *Grana*, 15: 145-147.

-Pérez., J., 2010 Breve reseña. *Reseña Alergia* vol. 57. Número 3, pag. 67-68.

-Puc, M., & Puc, M I. 2004. Allergenic airborne grass pollen in Szczecin, Poland. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 11 (2): 237-244

-Ring, J., Kramer, V., Schäfer, T., Behrendt, H. Why are allergies increasing? *Curr Opin Immunol* 2001, 13:701-708.

-Rodríguez-Rajo, Seijo M.C., & Jato, V. 2007. Estudio aerobiológico de la atmósfera de A Guardia, No de España. *Rea* 7: 7-15

-Rotorod Sampler, 2002. Operating instructions, Multidata LLC. St. Louis Park, MN.

-Rusznak, C., Devalia, J.L., Davies, R.J. The impact of pollution on allergic diseases. *Allergy* 1994, 49:21-27.

Sáenz de Rivas, C. Polen y Esporas. Introducción a la palinología y vocabulario palinológico 1978. Ed. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 219 pp.

-Schueler, S., & Schlunzen, K., 2006. Modeling of oak pollen dispersal on the landscape level with a mesoscale atmospheric model. *Environmental Modeling and Assessment* 11: (3), pp. 179-194.

-Secretaria de Salud, 2005. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993. Diario Oficial de la Federación.

-Subiza, J. 2001. Como interpretar los recuentos de pólenes. *Alergología e inmunología clínica*. 16:59-65.

-Taylor, Geoffrey and Walker, Jane 1973. Charles Harrison Blackley, 1820–1900. In *Clinical Allergy*, Volume 3. pp.103–108.

-Tejera L., & Beri A., (2005). First volumetric airborne pollen sampling in Montevideo City, Uruguay. *Aerobiologia* 21(1):33-41.

-Terán L. M., Haselbart M., Quiroz D. 2009. Alergia, pólenes y medio ambiente. *Gaceta médica, México* Vol. 145, núm. 3., pp. 215-222, México.

-Trivi de Mandri, M., Burry, L., & D'Antoni H., (2006). Dispersión-depositación del polen actual en la Tierra del Fuego, Argentina. Biodiversidad 77: 89-95.

A. Rocha; M. A. Alvarado; R. Vázquez; S. Gutiérrez; Salcedo M.; Moreno S. Variación temporal de esporas de Alternaria, Cladosporium, Coprinus, Curvularia y Venturia en el aire del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. Rev. Int. Contam. Ambient vol.29 no.2 México mayo 2013.

CONSULTAS ELECTRONICAS

Multidata LLC, Surveillance Data www.multidata.com

REA http://www.uco.es/rea/infor_rea

ANDALUCIA <http://www.uco.es/aerobiologia/>

<http://www.reviberoammicol.com/AEM/>

AIA <http://www.ilpolline.it/>

NAF <http://nordicaerobiology.net/>

<http://www.pollenuk.co.uk/baf/BAF.html>

SOFRAB, <http://www.sofrab.com/>

<http://www.geocities.com/paaaorg/>.

<http://fmc.encolombia.com>

AAAAI <http://www.engr.psu.edu>

ACAAI <http://allergy.mcg.edu>

Montreal, Canada <http://http://tornade.ere.umontreal.ca>

ACAAI, <http://allergy.mcg.edu>

-Aerobiology as a tool to help in episodes of occupational allergy in work places

Lacronica.com.mx Emiten alerta roja para Mexicali; 9/dic/2013; 7/oct/2013; 18/oct. 2013; 2/01/2014

LISTADO DE GRAFICAS

Grafica 1. Temperatura y humedad relativa durante el periodo de muestreo.

Grafica 2. Presencia de partículas en el periodo muestreo.

Grafica 3. Presencia de partículas en el primer mes de muestreo.

Grafica 4. Presencia de partículas en el segundo mes de muestreo.

Grafica 5. Presencia de partículas en el tercer mes de muestreo.

Grafica 6. Presencia de partículas en el cuarto mes de muestreo.

Grafica 7. Presencia de partículas en el quinto mes de muestreo.

Grafica 8. Presencia de partículas en el sexto mes de muestreo.

Grafica 9. Comparativo de comportamiento en volumen de esporas.

Grafica 10. Comparativo de temperaturas humedad relativa.

Grafica 11. Comparativo de esporas Marzo.

Grafica 12. Comparativo de esporas Abril.

Grafica 13. Dispersión mensual en relación a la humedad.

Grafica 14. Para Comparativo histórico con grafica 13 (Ahumada, 2005).

Grafica 15. Dispersión mensual en relación a la temperatura.

Grafica 16. Para comparativo histórico con grafica 15 (Ahumada, 2005).

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Estudio comparativo de muestras de partículas llevado a cabo en 2004-2005 y 2011-2012.

Tabla 2. Comparativo de 2005, 2008, 2011, 2012 Marzo y Abril.

Tabla 3. Comparativos de máximos y mínimos en dos estudios diferentes 2004-2005 y 2011-2012.

Tabla 4. Valores históricos de temperaturas.

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Zona urbana y punto de muestreo.

Figura 2. Zona de muestreo Instituto de Ingeniería UABC.

Figura 3. Quema agrícola Valle Imperial.

Figura 4. Muestreador Burkard.

Figura 5. Rotorod modelo 40.

Figura 6. Rodillos captadores para el muestreo de pólenes y esporas.