

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

**COMPARACION DE LOS METODOS DE BERGERHOFF Y PLACAS  
RECEPTORAS PARA LA CUANTIFICACION DE POLVO ATMOSFERICO  
SEDIMENTABLE**

**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:**

AIDA MARICELA CORLETO ESCOBAR

DANIA MARCELA CORTEZ AQUINO

**PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA**

NOVIEMBRE, 2012

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**SECRETARIO GENERAL**

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

**SECRETARIO**

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION

**COORDINADORA GENERAL**

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

**ASESORA DE AREA DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS  
NATURALES**

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez

**ASESORA DE AREA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS  
FARMACEUTICOS, COSMETICOS Y VETERINARIOS**

Licda. Zenia Ivonne Arévalo de Márquez

**DOCENTES DIRECTORAS**

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

Licda. María Elsa Romero de Zelaya

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios todo poderoso por ser nuestro guía, consuelo y sostén, por permitirnos seguir adelante, por las bendiciones derramadas en nuestra vida y en cada una de nuestras familias, por colocar siempre en nuestro camino a personas nobles y de buen corazón, y permitirnos la culminación de este logro académico y personal.

A nuestras docentes directoras MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez y Lic. María Elsa Romero de Zelaya por su valiosa e incansable colaboración, apoyo, tiempo, amabilidad y orientación para la realización de este trabajo de graduación.

A la coordinadora general de trabajos de graduación Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo, a las asesoras de área Licda. Zenia Ivonne Arévalo de Márquez y MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez, por su dirección y por los aportes brindados para enriquecer nuestro trabajo de graduación.

A los laboratoristas de la Facultad de Química y Farmacia, Don Mateo Eugenio Díaz y Don Jaime Pascual Gonzáles, por su tiempo, amable atención, y su buena disposición en facilitarnos instalaciones, equipo y materiales para la realización del presente trabajo de graduación.

A la Dirección General del Observatorio Ambiental, del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por brindarnos la información necesaria para la interpretación de los resultados de esta investigación.

A nuestros amigos por su valiosa colaboración en la colocación de los dispositivos de muestreo y sus palabras de ánimo en momentos difíciles.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron para la realización del presente trabajo de graduación.

*Dania y Aida*

## DEDICATORIA

*De manera muy especial:*

A Dios todo poderoso y a la Santísima Virgen María por guiarme, iluminarme, protegerme y acompañarme a lo largo de mi vida, por bendecirme de tantas maneras y por permitirme culminar este logro.

A mis Adorados Padres Mauricio Corleto e Irma de Corleto, por darme lo mejor de ellos, su cariño, paciencia, apoyo, amor incondicional, por ser mis amigos y las personas más importantes de mi vida, por creer en mí y por estar allí cuando los necesito.

A mi Querido Hermano Fernando, por ayudarme en tantas cosas, por apoyarme, por animarme y creer en mí, por motivarme a salir adelante, por ser mi amigo.

A mis Abuelitos por darme palabras de aliento, por sus consejos, por su cariño, por compartir tanto de ellos conmigo.

A mis Tíos, Tías, Padrinos y Madrinas por estar en mi vida, por sus consejos, por creer en mí, por su cariño y apoyo.

A mis Primos y Sobrinos por compartir tanto conmigo, por motivarme y darme ánimo.

A mi Compañera y Amiga Dania por su paciencia, su cariño, por aceptar este reto conmigo, por enseñarme tantas cosas (entre ellas a hacer fotosíntesis) y sobre todo por brindarme su valiosa amistad.

A mis Amigos por darme su apoyo cuando más lo he necesitado, por su colaboración desinteresada, por su cariño, por tantas risas y alegrías, un abrazo muy fuerte y un Poke

A mis Docentes por compartir sus conocimientos, por su apoyo y su amistad.

A todas aquellas personas que me han abierto las puertas de su casa y su corazón, por sus palabras de ánimo, por creer en mí y formar parte de mi vida.

***Aida Maricela Corleto Escobar***

## DEDICATORIA

*De manera muy especial dedico el triunfo alcanzado:*

A Dios por iluminarme, ser mi fortaleza, guiar mi camino, por las bendiciones recibidas, por darme a mi familia, salud, entendimiento, sabiduría, amor y por permitirme alcanzar este triunfo tan anhelado.

A mi Padre, Salvador Cortez (Q.E.P.D) por ser mi fuente de inspiración, ejemplo de superación, de lucha, mi orgullo, por enseñarme a valorar y amar la oportunidad de realizarme profesionalmente, por forjar en mí un espíritu de esfuerzo, amor, entrega y responsabilidad. Gracias por ser el mejor padre que Dios me pudo dar.

A mi madre María Dolores Aquino por su amor, paciencia, comprensión, sacrificio, apoyo, por la confianza depositada en mí, por acompañarme en el cumplimiento de mis ideales y por sus incansables oraciones. Gracias mamá.

A mi Tía Gloria Licida Cortez, por su cariño, amor, comprensión y confianza, por sus palabras de motivación y ánimo para seguir adelante, por su apoyo incondicional para la culminación de mis estudios universitarios. Gracias.

A mis Hermanos Merlin, Mircea y Salvador Antonio, por su amor, comprensión, motivación y apoyo en momentos difíciles.

A Arnulfo Guzmán, por su ayuda para la realización de este trabajo, su amor incondicional, paciencia, comprensión y palabras de ánimo en todo momento.

A mi amiga y compañera de tesis Aida Corleto, por su dedicación y esfuerzo en este trabajo, por los momentos difíciles y alegrías compartidas, le agradezco su cariño, comprensión, paciencia y amistad.

A todos nuestros amigos que de una u otra manera colaboraron, para la realización de este trabajo, por sus palabras de aliento, consejos y momentos importantes compartidos.

Al programa de Becas de la Universidad de El Salvador, por ser un apoyo importante para la culminación de mis estudios universitarios. Muchas gracias.

***Dania Marcela Cortez Aquino***

## INDICE GENERAL

	Nº Pág.
Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xxii
Capitulo II	
2.0 Objetivos	
Capitulo III	
3.0 Marco Teórico	27
3.1 Generalidades de la Contaminación	27
3.2 Tipos de Contaminantes Atmosféricos	28
3.3 Metodologías para Monitoreo Atmosférico	29
3.3.1 Muestreadores Pasivos	29
3.3.2 Muestreadores Activos	30
3.3.3 Analizadores o Monitores Automáticos	30
3.3.4 Sensores Remotos	31
3.3.5 Bioindicadores	32
3.4 Polvo Atmosférico Sedimentable	33
3.4.1 Efecto de las Partículas en la Salud Humana y el Medio Ambiente	37
3.4.1.1 Efecto sobre la Atmósfera	37
3.4.1.2 Daños Causados a la Vegetación	37
3.4.1.3 Daños Causados a los Animales	38
3.4.1.4 Deterioro de los Materiales	38
3.4.1.5 Efectos Directos sobre la Salud Humana	38

3.4.2	Medición de Polvo Atmosférico Sedimentable	39
3.5	Normativa para Polvo Atmosférico Sedimentable	41
3.6	Parámetros Meteorológicos	42
3.7	Análisis Estadístico para Determinar si Existe Diferencia Significativa en la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por los Métodos de Bergerhoff y Placas Receptoras	43
3.7.1	Prueba t - Student	43
3.7.2	El Contraste F para la Comparación de Varianzas	44
Capitulo IV		
4.0	Diseño Metodológico	46
4.1	Tipo de Estudio	46
4.2	Investigación Bibliográfica	46
4.3	Investigación de Campo	47
4.3.1	Universo	47
4.3.2	Muestra	48
4.3.3	Muestreo y Toma de Muestra	48
4.4	Parte Experimental	49
4.4.1	Identificación de las Muestras	49
4.4.2	Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable. Método de Bergerhoff	49
4.4.2.1	Fundamento del Método de Bergerhoff	49
4.4.2.2	Preparación del Frasco Recolector de Muestras	49
4.4.2.3	Toma de Muestras por el Método de Bergerhoff	50
4.4.2.4	Análisis de las Muestras Obtenidas por el Método de Bergerhoff	50

4.4.2.5	Cálculo para Polvo Atmosférico Sedimentable por el Método de Bergerhoff	51
4.4.3	Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable. Método de Placas Receptoras	52
4.4.3.1	Fundamento del Método de Placas Receptoras	52
4.4.3.2	Preparación de las Placas Recolectoras de Muestras	52
4.4.3.3	Toma de Muestras por el Método de Placas Receptoras	53
4.4.3.4	Análisis de las Muestras Obtenidas por el Método de Placas Receptoras	54
4.4.3.5	Cálculos para Polvo Atmosférico Sedimentable por el Método de Placas Receptoras	54
4.5	Análisis Estadístico	55
4.5.1	Hipótesis Estadística	56
4.5.2	Nivel de Significación	56
4.5.3	Prueba t – Student	56
4.5.4	El Contraste F para la Comparación de Varianzas	57

## Capitulo V

5.0	Resultados y Discusión de Resultados	60
5.1	Selección de los Puntos de Muestreo	60
5.2	Tablas de Resultados Obtenidos con el Método de Bergerhoff para la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable	62
5.3	Tablas de Resultados Obtenidos con el Método de Placas Receptoras para la Cuantificación de Polvo Atmosférico	

Sedimentable	74
5.4 Comparación de los Resultados Obtenidos en la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable Mediante los Método de Bergerhoff y Placas Receptoras	82
5.5 Resultados Promedio por Época de la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable Mediante los Métodos de Bergerhoff y Placas Receptoras.	94
5.5.1 Resultados de la Comparación en Época Seca	94
5.5.2 Resultados de la Comparación en Época Lluviosa	97
5.6 Resultados por Época del Análisis Estadístico en la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable Mediante los Dos Métodos	100
5.6.1 Resultados en Época Seca	100
5.6.1 Resultados en Época Lluviosa	101
Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	104
Capitulo VII	
7.0 Recomendaciones	107
Bibliografía	
Glosario	
Anexos	

## INDICE DE ANEXOS

### Anexo N°

1. Información sobre enfermedades respiratorias proporcionada en Bienestar Universitario.
2. Población estudiantil en la Universidad de El Salvador para el año 2011
3. Población estudiantil en la Universidad de El Salvador para el año 2012.
4. Personal que labora en la Universidad de El Salvador
5. Modelo de la etiqueta para el muestreo de Polvo Atmosférico Sedimentable. Método de Bergerhoff.
6. Dispositivo Utilizado para la Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable, con el Método de Bergerhoff en Época Seca
7. Restricción del diámetro superior al frasco recolector de muestra para época lluviosa, Método de Bergerhoff.
8. Material y equipo para la Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable, utilizando el Método de Bergerhoff.
9. Fotografías de la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable mediante el Método de Bergerhoff.
10. Codificación de los dispositivos de muestreo para el Método de Bergerhoff.
11. Ejemplo del Cálculo para la determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS), Método de Bergerhoff.

12. Modelo de la etiqueta para la determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable. Método de Placas Receptoras.
13. Dispositivo Utilizado para la Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable, con el método de Placas Receptoras
14. Soporte Utilizado para Colocar las Placas Receptoras
15. Información del Adherente Vaselina Sólida
16. Material y equipo para la Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable, utilizando el método de Placas Receptoras.
17. Fotografías de la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable, mediante el Método de Placas Receptoras.
18. Codificación de los dispositivos de muestreo para el Método de Placas Receptoras
19. Ejemplo del Cálculo para la determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS), Método de Placas Receptoras.
20. Parámetros meteorológicos de los meses de mayo a agosto, obtenidos de la Estación Telemétrica del SNET, ubicada en la Universidad de El Salvador.
21. Cálculos del análisis estadístico, prueba t - Student y contraste F para la comparación de dos varianzas, en Época Seca.
22. Cálculos del análisis estadístico, prueba t - Student y contraste F para la comparación de dos varianzas, en Época Lluviosa
23. Tabla de Distribución t-Student
24. Tabla de la distribución F para contraste de una cola.

## INDICE DE FIGURAS

Figura N°		N° Pág.
1.	Porcentaje de deposición de partículas en cada órgano del sistema respiratorio	35
2.	Ruta de penetración de las partículas de acuerdo a su tamaño	36
3.	Mapa de ubicación de los sitios de muestreo, Universidad de El Salvador (Ciudad Universitaria) con numeración según muestreo realizado.	60
4.	Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente al mes de Mayo 2012.	83
5.	Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente al mes de Junio 2012.	86
6.	Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente al mes de Julio 2012.	89
7.	Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente al mes de Agosto 2012.	92
8.	Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente a Época Seca 2012.	95
9.	Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente a Época Lluviosa 2012.	98

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°	N° Pág.
1. Ventajas e inconvenientes de los métodos de muestreo, de contaminantes atmosféricos.	33
2. Resultados obtenidos en alícuota analizada para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Mayo 2012.	62
3. Resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Mayo 2012.	63
4. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Mayo 2012.	64
5. Resultados obtenidos en alícuota analizada para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Junio 2012.	65
6. Resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Junio 2012.	66
7. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Junio 2012	67
8. Resultados obtenidos en alícuota analizada para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Julio 2012.	68
9. Resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Julio 2012.	69

10. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Julio 2012 70
11. Resultados obtenidos en alícuota analizada para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Agosto 2012. 71
12. Resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Agosto 2012. 72
13. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Agosto 2012. 73
14. Resultados obtenidos por facultad, de las diferencias de peso de las Placas Receptoras para Polvo Atmosférico Sedimentable correspondiente al mes de Mayo 2012. 74
15. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Placas Receptoras, mes de Mayo 2012. 75
16. Resultados obtenidos por facultad, de las diferencias de peso de las Placas Receptoras para Polvo Atmosférico Sedimentable correspondientes al mes de Junio 2012. 76
17. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Placas Receptoras, mes de Junio 2012. 77
18. Resultados obtenidos por facultad, de las diferencias de peso de las Placas Receptoras para Polvo Atmosférico Sedimentable correspondientes al mes de Julio 2012. 78
19. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de

	Placas Receptoras, mes de Julio 2012.	79
20.	Resultados obtenidos por facultad, de las diferencias de peso de las Placas Receptoras para Polvo Atmosférico Sedimentable correspondientes al mes de Agosto 2012.	80
21.	Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Placas Receptoras, mes de Agosto 2012.	81
22.	Comparación de los resultados obtenidos de Polvo Atmosférico Sedimentable por dos Métodos, correspondiente al mes de Mayo 2012.	82
23.	Promedio mensual, correspondiente al mes de Mayo de Parámetros Meteorológicos obtenidos de la Estación del SNET, ubicada en la Universidad de El Salvador.	84
24.	Comparación de los resultados obtenidos de Polvo Atmosférico Sedimentable por dos Métodos, correspondiente al mes de Junio 2012.	85
25.	Promedio mensual, correspondiente al mes de Junio de Parámetros Meteorológicos obtenidos de la Estación del SNET, ubicada en la Universidad de El Salvador.	87
26.	Comparación de los resultados obtenidos de Polvo Atmosférico Sedimentable por dos Métodos, correspondiente al mes de Julio 2012.	88
27.	Promedio mensual, correspondiente al mes de Julio de Parámetros Meteorológicos obtenidos de la Estación del SNET, ubicada en la Universidad de El Salvador.	90
28.	Comparación de los resultados obtenidos de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente al mes de Agosto 2012.	91
29.	Promedio mensual, correspondiente al mes de Agosto de	

	Parámetros Meteorológicos obtenidos de la Estación del SNET, ubicada en la Universidad de El Salvador.	93
30.	Promedio de resultados en Época Seca de la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos.	94
31.	Promedio de resultados en Época Seca de la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos.	97
32.	Resultados del análisis estadístico realizado en época seca para la determinación de diferencia significativa entre los dos métodos.	100
33.	Resultados del análisis estadístico realizado en época lluviosa para la determinación de diferencia significativa entre los dos métodos.	101

## ABREVIATURAS

cm <sup>2</sup> :	Centímetros Cuadrados
g:	Gramo
m:	Metro
m <sup>2</sup> :	Metro Cuadrado
MARN:	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
mg:	Miligramos
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
PAS:	Polvo Atmosférico Sedimentable
PM:	<i>Particulate Matter</i> (Material Particulado)
PST:	Partículas Suspendidas Totales
SNET:	Servicio Nacional de Estudios Territoriales
W:	<i>Weight</i> (Peso)

## RESUMEN

La presente investigación consistió en la comparación de dos métodos gravimétricos, que permiten cuantificar la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable; con el objetivo de verificar si los resultados obtenidos por cada método son similares y si pueden ser aplicables; los cuales son el Método de Bergerhoff y el Método de las Placas Receptoras, realizándose en las Instalaciones del Campus de la Universidad de El Salvador, Sede Central.

Aplicando los requisitos para la toma de muestra, se colocaron los dispositivos de muestreo en cinco de las entradas vehiculares al Campus Universitario; para el Método de las Placas Receptoras, se utilizaron placas de Petri con un adherente como la vaselina; y para el Método de Bergerhoff, depósitos plásticos con capacidad de 4 litros; en ambos métodos se exponen los dispositivos de muestreo por un período de 30 días, se remplazan y se trasladan al laboratorio de Bioquímica y Contaminación Ambiental, de la Facultad de Química y Farmacia, para su respectivo análisis.

El período de muestreo comprendió los meses de mayo a agosto del año 2012, en donde se tomaron los meses de mayo y junio como época seca, ya que no estaba bien definido el inicio de la época lluviosa; y de julio a agosto como época lluviosa, debido a que las características meteorológicas en ambos períodos son diferentes; en donde factores climatológicos influyen en los resultados obtenidos, al igual que factores relacionados al sitio de muestreo.

Con el empleo del método de Bergerhoff se obtuvieron en época seca, resultados que oscilan entre  $1.8104 - 4.0139 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ , y en época lluviosa valores entre  $12.2401 \text{ y } 20.1355 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$  sobrepasándose en ambas épocas el Límite Máximo permitido que establece la Organización Mundial de la Salud para Polvo Atmosférico Sedimentable ( $0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ); mientras que con el método de Placas Receptoras se observan valores

inferiores de concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable que varían entre 0.3483 y 0.7794 mg/cm<sup>2</sup> x 30 días, en época seca; y valores que en promedio oscilan entre 0.0006 y 0.0011 mg/cm<sup>2</sup> x 30 días en época lluviosa.

Al aplicar el análisis estadístico, con la Prueba t – Student, se obtuvo que en ambas épocas hay diferencia significativa en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable mediante la utilización de los dos métodos, posteriormente con la Prueba Estadística F, se determinó que el método de Bergerhoff es el que presenta una mayor precisión; por lo que es más recomendable el uso de este método.

Debido a los resultados obtenidos se recomienda estructurar una Unidad de Medio Ambiente dentro de la Universidad de El Salvador, en la cual se creen programas que ayuden a monitorear y determinar los factores que influyen en la calidad del aire.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## 1.0 INTRODUCCION

La calidad del aire constituye un elemento esencial para la vida, sin embargo se está viendo afectada en muchos lugares del mundo, por el incremento de la contaminación atmosférica causada por las actividades antropogénicas y otras actividades que tienen lugar cotidianamente en el medio ambiente, por lo que se considera como una de las principales preocupaciones de la salud pública, es por ello que resulta de relevancia el monitoreo de contaminantes atmosféricos, ya que brinda información acerca de las concentraciones de estos a los cuales se está expuesto.

En el presente trabajo de investigación se realizó la comparación de dos métodos sencillos, manejables y de bajo costo para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS), que se realizan por análisis gravimétrico.

El método de Bergerhoff, el cual es ampliamente utilizado y consiste en recoger durante  $30 \pm 2$  días toda la precipitación atmosférica (precipitación seca y húmeda) en colectores situados de 1,5 - 3,0 metros por encima del nivel del suelo y posteriormente los colectores son llevados al laboratorio para su respectivo análisis.

El segundo método es el de Placas Receptoras, el cual es un método utilizado en países como Perú, en donde se aplica a una placa vaselina que permite atrapar y retener el Polvo Atmosférico Sedimentable durante el periodo de muestreo.

La investigación se realizó en el Campus de la Universidad de El Salvador, el cual es un centro de estudios superiores con un gran movimiento poblacional de estudiantes, personal docente y administrativo. Así mismo los sitios de muestreo fueron colocados en las cercanías de las cinco entradas del Campus Universitario; Facultad de Odontología, Facultad de Derecho, Facultad de Ingeniería Poniente (Polideportivo), Facultad de Ingeniería Oriente (La

Tanqueta), Facultad de Agronomía, Química y Farmacia; debido a que tienen una gran afluencia vehicular y movimiento de personas, como por la proximidad que estas tienen con centros educativos que albergan de igual manera una gran población.

El muestreo se realizó durante cuatro meses, comprendidos en dos periodos, época seca y época lluviosa, debido a las características meteorológicas propias de cada periodo, tomando los meses de mayo a junio como época seca, debido a que la época lluviosa no está bien definida; y los meses de julio a agosto como época lluviosa; los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Bioquímica y Contaminación Ambiental, de la Facultad de Química y Farmacia.

Para determinar si existe diferencia significativa en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable y la precisión existente entre ambos métodos, se aplicó el análisis estadístico mediante la Prueba t – Student y la Prueba Estadística F; con lo que se obtuvo que el método de Bergerhoff es el más adecuado para cuantificar Polvo Atmosférico Sedimentable.

Este trabajo además permitió conocer la eficiencia de los dos métodos empleados, al igual que permitió conocer las áreas con mayores valores de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en la Ciudad Universitaria.

## **CAPITULO II**

### **OBJETIVOS**

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Comparar los métodos de Bergerhoff y Placas Receptoras para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable.

### **2.2 Objetivos específicos**

- 2.2.1 Seleccionar los puntos de muestreo dentro del Campus de la Universidad de El Salvador, de la Sede Central y colocar los dispositivos de muestreo.
- 2.2.2 Cuantificar la cantidad de Polvo Atmosférico Sedimentable obtenido en los puntos de muestreo seleccionados, mediante los métodos de Bergerhoff y Placas Receptoras.
- 2.2.3 Determinar estadísticamente, aplicando la Prueba t - Student y el Contraste F, si existe diferencia significativa en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos métodos.
- 2.2.4 Analizar si los resultados obtenidos, se encuentran dentro de los límites que establece la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

**CAPITULO III**  
**MARCO TEORICO**

### 3.0 MARCO TEÓRICO

#### 3.1 GENERALIDADES DE LA CONTAMINACIÓN (29) (10) (16)

La contaminación atmosférica puede definirse como la presencia de sustancias en la atmósfera que resultan de las actividades del hombre o de procesos naturales y que producen efectos negativos en el hombre y en el medio ambiente.

El aire puro es una mezcla de nitrógeno, oxígeno, gases inertes, dióxido de carbono, metano e hidrógeno, en determinadas concentraciones, más cualquiera humedad complementaria que pueda estar presente; cualquier variación significativa de estas composiciones podría resultar perjudicial.

La contaminación del aire, se define como la presencia en la atmósfera de sustancias o energía en tales cantidades y de tal duración que son capaces de causar daños a los hombres, a las plantas o a la vida animal, o de dañar los objetos y estructuras fabricadas por el hombre, o de provocar cambios de temperatura y clima, o dificultades para el cómodo disfrute de la vida, de los bienes o de otras actividades humanas. Es una amenaza aguda, acumulativa y crónica para la salud humana y el ambiente. Las personas están expuestas a contaminantes que pueden detonar o agravar afecciones respiratorias, cardíacas y otras, donde cada contaminante afecta el cuerpo humano de forma diferente.

Los problemas de salud causados por la contaminación pueden verse influidos por factores tales como: magnitud, alcance y duración de la exposición, edad, susceptibilidad de cada persona, entre otros.

### 3.2 TIPOS DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS <sup>(13)</sup>

De acuerdo a su origen, los contaminantes atmosféricos están clasificados como primarios y secundarios. Los contaminantes primarios son aquellos emitidos por la atmósfera como resultado de un proceso natural o antropogénico (causadas por las actividades del hombre). Estos contaminantes, están presentes en la atmósfera en su mayor parte en la misma forma como fueron emitidos. Los contaminantes secundarios se forman en la atmósfera como el producto de alguna reacción; la cual podría ser fotoquímica o no fotoquímica, por ejemplo hidrólisis y oxidación.

Por su estado físico los contaminantes pueden ser clasificados como gases y partículas, las cuales incluyen sólidos y líquidos. Los gases presentes en la atmósfera como contaminantes, se comportan como el mismo aire, es decir, una vez difundidos no tienden a depositarse.

En lo que a partículas se refiere, las de mayor tamaño se depositan con más rapidez y producen sus efectos cerca de la fuente; las de mediano tamaño se alejan más y se depositan a una cierta distancia de la fuente; mientras que las partículas más pequeñas se comportan casi igual a un gas, esto es, se mantienen suspendidas y son transportadas por los vientos a distancias mayores.

Por su composición química, los contaminantes pueden ser clasificados en orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos se pueden definir como aquellos que contienen carbono e hidrógeno, pudiendo contener, además otros elementos; los inorgánicos incluyen compuestos simples del carbono como son CO y CO<sub>2</sub> (Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono, respectivamente), partículas metálicas, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, etc.

### **3.3 METODOLOGÍAS PARA MONITOREO ATMOSFÉRICO** (10) (27)

El monitoreo del aire es el resultado de los procedimientos de muestreo y del análisis de contaminantes atmosféricos. El muestreo es el procedimiento por el cual las muestras son recolectadas, mientras que el análisis involucra los métodos para determinar las concentraciones de los contaminantes.

Para medir las concentraciones de los contaminantes, es necesario contar con métodos que produzcan resultados comparables, es decir que sean específicos, sensibles, estables, precisos y exactos.

En cuanto al muestreo de los contaminantes atmosféricos, se pueden dividir los métodos existentes en dos grandes grupos: métodos continuos y discontinuos. Los métodos continuos implican la captación y análisis del contaminante en el punto de muestreo, de forma continua y automática, mientras que los métodos discontinuos suponen la captación del contaminante en el punto de muestreo y su posterior transporte hasta el laboratorio, donde se realizará el análisis.

Todas las metodologías para muestreo dentro del monitoreo atmosférico pueden ser divididas en cinco tipos genéricos: muestreadores pasivos, muestreadores activos, analizadores automáticos en línea, sensores remotos y bioindicadores.

#### **3.3.1 Muestreadores Pasivos**

Estos dispositivos de toma de muestra, generalmente con forma de tubo o disco, colectan un contaminante específico por medio de su adsorción y absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de su exposición por un apropiado período de muestreo, que varía desde un par de horas hasta un mes, la muestra se regresa al laboratorio, donde se realiza la desorción del contaminante y después se le analiza cuantitativamente.

Las principales ventajas del muestreo pasivo son su simplicidad y bajo costo, por lo que se pueden extender muchas unidades para que provean información en cuanto a la distribución espacial de los contaminantes. Sin embargo, el tiempo de resolución de esta técnica es limitado, por lo que sólo puede proveer información de concentraciones promedio de contaminantes.

Debido a su simplicidad y bajo costo, las técnicas de muestreo pasivo son adecuadas para muchas aplicaciones, ya sea por sí mismas o en combinación con analizadores automáticos.

### **3.3.2 Muestreadores Activos**

A diferencia de los muestreadores pasivos, este tipo de equipos requieren energía eléctrica para bombear el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones diarias promedio.

Aunque los muestreadores activos son más caros y complejos que los muestreadores pasivos, son relativamente fáciles de operar, confiables y han proporcionado la base de datos de mediciones en la mayor parte del mundo a lo largo de varios años.

### **3.3.3 Analizadores o Monitores Automáticos**

A pesar de las ventajas económicas de los muestreadores activos o pasivos, existen aplicaciones de monitoreo que necesitan de la rápida respuesta, en horas o menor, que proporciona un analizador automático.

Estos instrumentos se basan en propiedades físicas o químicas del gas que será detectado continuamente, utilizando métodos optoelectrónicos. El aire muestreado entra en una cámara de reacción donde, ya sea por una propiedad

óptica del gas que pueda medirse directamente o por una reacción química que produzca quimioluminiscencia o luz fluorescente, se mide esta luz por medio de un detector que produce una señal eléctrica proporcional a la concentración del contaminante muestreado.

La gran capacidad de estos monitores automáticos se obtiene a expensas de los altos costos que implica su inversión inicial y su operación. Estos instrumentos tienden también a ser más susceptibles a problemas técnicos en comparación con los muestreadores, cuando no se cuenta con los programas de mantenimiento adecuados y con personal técnico calificado, ya que requieren técnicos especializados para la operación rutinaria de los equipos y métodos más sofisticados de aseguramiento y control de calidad. Estos monitores automáticos producen gran cantidad de datos que usualmente necesitan de sistemas telemétricos para su recopilación y computadoras para su subsecuente procesamiento y análisis.

### **3.3.4 Sensores Remotos**

Los sensores remotos a diferencia de los monitores automáticos, que proporcionan mediciones de un contaminante en un punto en el espacio, pueden proporcionar mediciones integradas de multi-componentes a lo largo de una trayectoria específica en la atmósfera (normalmente mayor a 100m.), y sistemas más complejos, pueden hasta proveer mediciones con rangos de resolución a lo largo de la trayectoria.

Las aplicaciones de los sensores remotos son muy especializadas y particularmente se utilizan para investigaciones cerca de las fuentes de emisión. Sin embargo, desde un punto de vista comercial son instrumentos muy caros y extremadamente complejos, y presentan además dificultades con la validación de sus datos, niveles de confianza y calibración. Se requiere de un esfuerzo

especializado y cuidadoso control de calidad para operar exitosamente estos sistemas y producir datos confiables.

### **3.3.5 Bioindicadores**

Actualmente se ha mostrado gran interés en el uso de bioindicadores para estimar algunos factores ambientales, entre los que se incluyen la calidad del aire, particularmente en la investigación de sus efectos. El término biomonitoreo, (el cual implica generalmente el uso de plantas para monitorear el aire) cubre una multitud de muy diferentes muestreos y enfoques de los análisis con muy diferentes grados de sofisticación y desarrollo.

Los métodos incluyen: el uso de una superficie de las plantas como receptoras de contaminantes, en donde, esencialmente la planta es un muestreador y debe ser colectada y analizada en el laboratorio por medio de métodos clásicos; así como también el uso de la capacidad de la planta para acumular contaminantes o sus metabolitos en el tejido de la planta, donde también el tejido de la planta deberá ser colectado y analizado por métodos clásicos.

De igual manera se puede obtener una estimación de los efectos de los contaminantes en el metabolismo o en la información genética de las plantas, en este caso, la colección y análisis requiere de técnicas muy sofisticadas; y la estimación de los efectos de los contaminantes en la apariencia de las plantas, en donde dicha estimación puede llevarse a cabo en el campo por expertos y no se necesita análisis de laboratorio.

La distribución y análisis de plantas específicas como indicadores de calidad de aire, se lleva a cabo en el campo por expertos y no se requiere análisis de laboratorio.

Tabla N° 1. Ventajas e inconvenientes de los métodos de muestreo, de contaminantes atmosféricos

Método	Ventajas	Inconvenientes
<b>Muestreadores pasivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muy bajo coste</li> <li>- Muy sencillos</li> <li>- Útiles para estudios de base</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No útiles para algunos contaminantes</li> <li>- En general, dan medidas mensuales y semanales</li> </ul>
<b>Muestreadores activos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo coste</li> <li>- Fácil de operar</li> <li>- Operación segura</li> <li>- Datos históricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidas diarias</li> <li>- Trabajo intensivo</li> <li>- Requiere análisis de laboratorio</li> </ul>
<b>Analizadores automáticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobados</li> <li>- Altas características</li> <li>- Datos horarios</li> <li>- Información en tiempo real</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Complejos</li> <li>- Costosos</li> <li>- Requieren gran adiestramiento</li> <li>- Costes elevados</li> </ul>
<b>Sensores remotos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Datos en un determinado espacio</li> <li>- Útil muy cerca de las fuentes</li> <li>- Medidas de multicomponentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muy complejos</li> <li>- Difíciles de operar, calibrar y validar</li> <li>- No siempre comparables con medidas puntuales</li> </ul>

### 3.4 POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE (30) (3) (2) (10)

El Polvo Atmosférico Sedimentable, como se conocen también las partículas sedimentables, es creado básicamente por el rompimiento de grandes partículas en procesos tales como: trituración, pulverización, perforaciones, explosiones; en la mezcla de materiales y operaciones como: transporte, tamizado, barreduras.

Entre los contaminantes atmosféricos particulados, se puede diferenciar entre la fracción sedimentable y la fracción de partículas en suspensión. La primera está formada por partículas más grandes, que permanecen en el aire por cortos

períodos de tiempo, depositándose en el suelo por su tamaño y grosor. La segunda corresponde a las partículas que se dispersan en la atmósfera de una forma casi estable y homogénea y, por lo tanto, permanecen en suspensión durante un cierto tiempo, hasta que son eliminadas por precipitación.

Las PST son todas las partículas de aerosoles suspendidas en el aire ambiente (algunas veces, incluso mayores a tamaños de 100  $\mu\text{m}$ ),  $\text{PM}_{10}$  son las partículas con diámetro aerodinámico menor a 10  $\mu\text{m}$  y las partículas ultra finas son partículas con diámetro aerodinámico inferior a 0.1  $\mu\text{m}$ .

Las partículas pueden tener una composición fisicoquímica homogénea o estar constituidas por diversos compuestos orgánicos e inorgánicos. Entre los componentes orgánicos se encuentran: fenoles, ácidos, alcoholes y material biológico (polen, protozoarios, bacterias, virus, hongos, esporas y algas). Entre los compuestos inorgánicos se encuentran nitratos, sulfatos, polímeros, silicatos, metales pesados (hierro, plomo, manganeso, zinc o vanadio) y elementos derivados de pesticidas y plaguicidas.

El material en partículas aerotransportado está compuesto de partículas sólidas y líquidas, suspendidas y dispersas en el aire. Las propiedades de estas partículas varían en términos de su composición química, morfología (tamaño/forma), parámetros ópticos (color/ dispersión de la luz) y características eléctricas (carga, resistencia). Debido a que son de tamaño, forma y composición variada, para su identificación en cuanto a su tamaño y forma, se han clasificado en términos de diámetro aerodinámico, que se define como el diámetro de una esfera con densidad de 1  $\text{g}/\text{cm}^3$  (densidad unitaria), con la misma velocidad terminal debida a la fuerza gravitacional en aire en calma que la partícula en cuestión, bajo las mismas condiciones de presión, temperatura y humedad relativa.

Las partículas de menos de 2,5  $\mu\text{m}$  en diámetro ( $\text{PM}_{2.5}$ ) generalmente se refieren como “finas” y las mayores a 2,5  $\mu\text{m}$  como gruesas. Las partículas gruesas y finas, en general, se originan separadamente, se transforman separadamente, son removidas de la atmósfera por diferentes mecanismos, requieren diferentes técnicas para su remoción de las fuentes, tienen diferente composición química, diferentes propiedades ópticas y difieren en sus patrones de deposición en el tracto respiratorio, como se observa en la Figura N° 1.

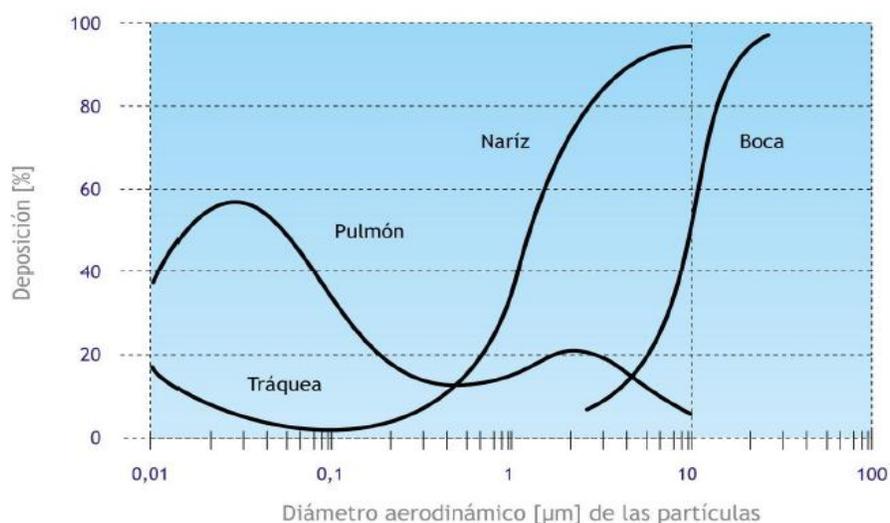


Figura N° 1 Porcentaje de deposición de partículas en cada órgano del sistema respiratorio

Para material particulado existen un sinnúmero de estudios epidemiológicos que muestran incremento de mortalidad y morbilidad (admisiones hospitalarias, síntomas respiratorios, disminución de la función pulmonar, etc.). Desde este punto de vista, las partículas que mayor interés tienen, son las partículas con diámetros menores a 10  $\mu\text{m}$  ya que son fácilmente respirables y penetran en los pulmones. Las partículas de tamaño comprendido en el intervalo 2.5 – 10  $\mu\text{m}$  se depositan en la tráquea, bronquios y bronquiolos. Las partículas

de tamaño inferior a  $2.5 \mu\text{m}$ , incluyendo las nano partículas, con medidas del orden de micrómetros, son capaces de llegar al interior de los alvéolos pulmonares, donde las más hidrosolubles se disuelven y las menos hidrosolubles se depositan. En general todas estas partículas pueden acumularse en el sistema respiratorio y producir diversos efectos negativos en la salud, que se expresan en el aumento de enfermedades respiratorias como la bronquitis y exacerbar los efectos de otras enfermedades cardiovasculares.

La fracción de partículas aerotransportadas que son inhaladas por el cuerpo humano depende de las propiedades de las partículas, del movimiento del aire alrededor del cuerpo, velocidad y dirección, patrón de respiración y si ésta se lleva a cabo por la nariz o por la boca. Estas partículas inhaladas pueden depositarse en el tracto respiratorio o exhalarse; la probabilidad depende de una gran cantidad de factores y varía de una persona a otra.

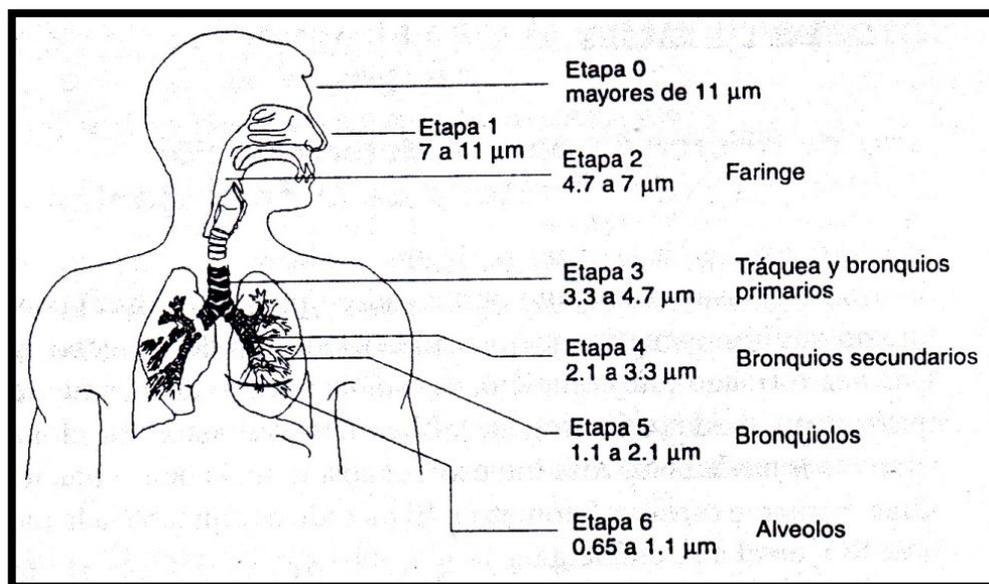


Figura N° 2 Ruta de penetración de las partículas de acuerdo a su tamaño

### **3.4.1 EFECTOS DE LAS PARTÍCULAS EN LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE <sup>(29)</sup>**

Existe evidencia real que la contaminación del aire afecta la salud de las personas, animales, daña la vegetación, ensucia y deteriora los materiales, afecta el clima, reduce la visibilidad y la radiación solar, perjudica los procesos de producción, aumenta los riesgos, en general, dificulta el disfrute de la vida y de las cosas.

#### **3.4.1.1 Efecto sobre la atmósfera**

El primer efecto perceptible de la contaminación del aire es que la visión se hace más difícil. La reducción de la visibilidad es causada por la dispersión de la luz debida a pequeñas partículas entre 0.5 y 1  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Los contaminantes pueden afectar también mecanismos meteorológicos, tales como la formación de niebla y la reducción de la cantidad de luz solar que llega a la Tierra.

#### **3.4.1.2 Daños causados a la vegetación**

La contaminación del aire ha causado daños extensos a árboles, frutos, hortalizas y flores de adorno. Los contaminantes conocidos como fitotóxicos son el dióxido de azufre, el nitrato de peroxiacetileno y el etileno. En general, los contaminantes gaseosos penetran en la planta por el estoma, junto con el aire necesario durante el proceso normal de respiración de la planta. Una vez en la hoja de la planta, los contaminantes destruyen la clorofila e interrumpen la fotosíntesis. Los daños pueden variar desde una reducción en la velocidad de crecimiento hasta su muerte por completo.

### **3.4.1.3 Daños causados a los animales**

Los animales domésticos más afectados son el ganado vacuno, animales de corral y pájaros.

El mecanismo de acción de los contaminantes es doble: un determinado número de animales soportan una agresión directa por inhalación de productos tóxicos, por ingerir vegetales impregnados de diferentes contaminantes, pudiendo llegar a influir en su fecundidad o productividad.

### **3.4.1.4 Deterioro de los materiales**

Los contaminantes atmosféricos pueden afectar los materiales, ensuciándolos o deteriorando su composición química.

Elevadas concentraciones de humo y partículas están asociadas con el ensuciamiento de la ropa y de las estructuras, en donde los contaminantes en partículas, arrastrados a grandes velocidades por el viento, producen una erosión destructiva de las superficies de las construcciones, y partículas ácidas que contengan azufre corroen materiales tales como la pintura, los contactos eléctricos y los tejidos. El ozono es particularmente eficaz en deteriorar el caucho.

### **3.4.1.5 Efectos directos sobre la salud humana**

Los efectos sobre la salud pueden adoptar diversas formas; estas pueden agruparse en tres categorías:

1. Enfermedad aguda, susceptible de causar la muerte.
2. Enfermedad crónica, como bronquitis crónica, enfisema pulmonar o asma.

3. Síntomas desfavorables generales e irritaciones, incluidos malestar general, estado nervioso, irritación de los ojos y reacciones molestas a olores ofensivos.

Los contaminantes penetran en el cuerpo humano a través del sistema respiratorio:

- Las partículas grandes son filtradas por los pelos del conducto nasal y la tráquea, las otras se precipitan hacia los pulmones.
- Otras partículas son interceptadas también por los pelitos finos que tapizan las paredes de todo el sistema respiratorio, ahí son retenidas hacia la garganta, donde son eliminadas por deglución.
- La mayoría de las partículas de tamaño superior a 5 micras son eliminadas por el sistema respiratorio superior.
- Las partículas de radio inferior y mayores a 1 micra, se depositan en las paredes de los bronquios inmediatamente después de la bifurcación del árbol bronquial.
- Las partículas de radio inferior a 1 micra están influidas por el movimiento browniano (movimiento rápido e irregular causado por las colisiones de la partícula con moléculas de aire). Cuando las partículas son demasiado grandes para ser afectadas por este movimiento y demasiado pequeñas para ser retenidas en la parte superior del pulmón, pueden penetrar profundamente en el pulmón.

### **3.4.2. MEDICIÓN DE POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE** (19) (22) (27)

El material particulado emitido por las diferentes fuentes emisoras puede clasificarse principalmente en dos: suspendido y sedimentable; el material particulado suspendido corresponde al denominado PST, que a su vez puede

ser subdividido en otros tipos de material particulado dependiendo de su diámetro aerodinámico ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  ó  $PM_1$ ).

Las técnicas empleadas para la recolección de muestras de Material Particulado Sedimentable o Polvo Atmosférico Sedimentable se encuentran el muestreo con colectores y el muestreo en superficies adhesivas.

Dentro de los sistemas de recolección de Polvo Atmosférico Sedimentable se cuenta con el método Bergerhoff (el cual corresponde a un método por vía húmeda). Su principio de operación es bastante sencillo ya que consiste en la recolección de material particulado sedimentable durante  $30 \pm 2$  días en colectores situados de 1.5 – 2.0 metros por encima del nivel del suelo. Posteriormente, el colector es llevado al laboratorio para su respectivo análisis, en donde se prepara la muestra mediante el filtrado, evaporación del agua, secado y pesado. Finalmente la concentración es calculada en función del área del colector y el tiempo de exposición, el límite relativo de detección es de  $0.035 \text{ g/ (m}^2 \cdot \text{día)}$ .

Otros procedimientos para recoger polvo sedimentable son el aparato de Liesegang - Löbner y los métodos que recogen el polvo depositado sobre láminas adhesivas. A pesar de que se efectúan mediante análisis gravimétricos, existen grandes diferencias en los resultados obtenidos por los diferentes métodos de muestreo, incluso pueden llegar a presentarse inconsistencias de cerca del 50%, por esta razón las mediciones de polvo sedimentable son relativas al dispositivo empleado.

Los métodos analíticos para la determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable son prácticamente iguales que los métodos empleados para estimar la concentración de material particulado en suspensión.

El análisis gravimétrico es un método analítico cuantitativo en el cual la determinación de las sustancias se lleva a cabo por una diferencia de pesos. Existen métodos para conocer la concentración de una muestra en solución, que llevan a cabo precipitaciones de la muestra por medio de la adición de un exceso de reactivo y otros en los que directamente se pesa el material colectado en el filtro. En este último, se determina la masa, pesando el filtro antes y después del muestreo con una balanza a temperatura y humedad relativa controladas.

Junto con las precipitaciones secas, las precipitaciones húmedas por lluvia, nieve, niebla o rocío constituyen la principal forma por la cual los materiales nocivos descienden de la atmósfera al suelo, al agua o a la superficie de las plantas.

Para poder distinguir claramente la precipitación húmeda por lluvia y nieve, de la precipitación total y de la precipitación seca, en el muestreo se utilizan colectores de lluvia cuya entrada se cubre cuando no llueve (muestreador exclusivamente para precipitaciones húmedas).

Las muestras se transfieren a través de un embudo (boca de aprox. 500 cm<sup>2</sup> o superior) a un colector oscuro y preferiblemente aislado.

Las precipitaciones secas están directamente correlacionadas con las concentraciones atmosféricas. No obstante, las diferencias de concentración de los materiales nocivos en suspensión en la lluvia son relativamente pequeñas.

### **3.5 NORMATIVA PARA POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE** <sup>(3)</sup>

En El Salvador no existe una normativa establecida por la entidad correspondiente (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) por lo que, adoptan normativas internacionales. Por lo tanto en esta investigación se

tomó como referencia la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que establece como parámetro máximo para polvo atmosférico sedimentable: 0.5 mg/cm<sup>2</sup>/30 días.

### 3.6 PARÁMETROS METEOROLÓGICOS <sup>(2) (26)</sup>

Los parámetros meteorológicos deben tomarse en cuenta, ya que están directamente relacionados con la dispersión de los contaminantes atmosféricos. Por lo tanto, la dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad, precipitación y radiación solar constituyen factores importantes que influyen en la calidad del aire y determinan condiciones de transporte o remoción, diseminación en el entorno, dilución o concentración de los contaminantes a ser observados.

***La temperatura del aire y sus variaciones con la altura***, determinan los movimientos de las masas de aire y, por lo tanto, las condiciones de estabilidad o inestabilidad atmosféricas. Así mismo, estas variaciones verticales de temperatura pueden dar lugar a situaciones de inversión térmica, lo que dificulta la dispersión de la contaminación.

***Los vientos*** son elementos de gran importancia en la dispersión de contaminantes, en función de sus características: dirección, velocidad y turbulencia. La dirección señala la zona hacia la que se pueden desplazar los contaminantes; la velocidad está en relación directa con la capacidad de dispersión: a mayor velocidad, mayor dispersión de los contaminantes, mientras que la turbulencia provoca una acumulación de contaminantes.

***Precipitaciones***, que producen un efecto de lavado sobre la atmósfera al arrastrar parte de los contaminantes al suelo. Las condiciones atmosféricas de bajas presiones que suelen acompañar a las precipitaciones favorecen la dispersión de los contaminantes.

**Insolación**, que favorece las reacciones entre los precursores de los contaminantes secundarios, aumentando la concentración de los mismos.

### **3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA DETERMINAR SI EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN LA CUANTIFICACIÓN DE POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE POR LOS MÉTODOS DE BERGERHOFF Y PLACAS RECEPTORAS** (4) (5) (15)

Los resultados de un método analítico nuevo se pueden contrastar mediante la comparación utilizando un segundo método (uno de referencia)

Comparar las medias entre dos poblaciones (analistas, laboratorios, métodos) es de importancia remarcable para la interpretación final y uso de los datos obtenidos en el laboratorio.

Para decidir si la diferencia entre dos medias muestrales,  $\bar{x}_1$  y  $\bar{x}_2$  es significativa, es decir, para contrastar la hipótesis nula  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ , se calcula estadísticamente t.

#### **3.7.1 PRUEBA t - STUDENT** (20) (23)

La prueba t - Student es una prueba paramétrica de comparación de dos muestras.

Su función es comparar dos grupos de medias aritméticas y determinar que la diferencia no se deba al azar (que la diferencia sea estadísticamente significativa)

Inicialmente se hace una prueba de homogeneidad de varianzas entre los dos grupos a comparar, que es uno de los requisitos de las pruebas paramétricas como dicha prueba.

### 3.7.2. EL CONTRASTE F PARA LA COMPARACIÓN DE VARIANZAS (20) (23)

Existen situaciones en las que se deben comparar la distribución de dos poblaciones y analizar cuál es más precisa. Incluso para comparar valores medios entre poblaciones se requiere, en múltiples ocasiones, una comparación previa de sus varianzas.

Se puede pretender probar si el Método A es más preciso que el Método B (es decir, un contraste de una cola) o si los Métodos A y B difieren en su precisión (es decir, un contraste de dos colas). Por ejemplo, si se quisiera contrastar si un método analítico nuevo es más preciso que un método patrón se debería usar el contraste de una cola; si se quisiera contrastar si dos desviaciones estándar difieren significativamente sería adecuado un contraste de dos colas.

El contraste F considera la razón de las dos varianzas muestrales, es decir, la razón de los cuadrados de las desviaciones estándar,  $s_1^2 / s_2^2$ .

Para decidir si las varianzas corresponden a dos situaciones distintas de poblaciones normales son significativamente diferentes, se emplea el *criterio F de Snedecor* que determina la razón  $F_{\text{exp}} = s_1^2 / s_2^2$  ( $s_1^2 > s_2^2$ ) y se compara con el valor tabulado para un cierto nivel de confianza y los grados de libertad de cada serie de medidas. Si  $F_{\text{exp}} < F_{\text{tab}}$  no existe diferencia significativa.

**CAPITULO IV**  
**DISEÑO METODOLOGICO**

## 4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1 TIPO DE ESTUDIO

- **Experimental:** debido a que es un proceso que incluye el muestreo, monitoreo y análisis de las muestras obtenidas por la aplicación de ambos métodos.
- **Transversal:** porque la investigación se ha llevado a cabo en un período de tiempo determinado.
- **Exploratorio:** porque la investigación ha permitido conocer si hay variaciones entre ambos métodos y cual método de ellos es más preciso, así mismo, se conocieron los niveles de Polvo Atmosférico Sedimentable que existen en la Ciudad Universitaria.
- **De Campo:** debido a que se investiga la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable en un sitio determinado, realizando un recorrido por estos puntos y a la vez tomando muestras para realizar dicha investigación.

### 4.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La búsqueda y revisión de información se realizó en libros, trabajos de investigación y documentos relacionados a los dos métodos a utilizar en:

- Biblioteca “Dr. Benjamín Orozco”; Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador.
- Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador.
- Biblioteca de la Facultad de Medicina. Universidad de El Salvador.
- Biblioteca de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer (USAM)

- Biblioteca “P. Florentino Idoate, S. J.” Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”.
- Centro de Información y Documentación ambiental (CIDOC) [En Línea]
- Internet.

### **4.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO**

La investigación de campo se llevó a cabo en el campus central de la Universidad de El Salvador (UES) ubicado en Autopista Norte y Final 25 Avenida Norte, Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador; en las cercanías a cinco de las entradas principales como lo son:

- Facultad de Odontología
- Facultad de Derecho.
- Facultad de Ingeniería Poniente (Polideportivo).
- Facultad de Ingeniería Oriente (La Tanqueta).
- Facultad de Agronomía, Química y Farmacia.

Dado que este centro de estudios superiores cuenta con una población estudiantil aproximada de 35,225 estudiantes y 2,517 empleados, distribuidos en las diferentes facultades y áreas del campus. Así mismo la Ciudad Universitaria se encuentra rodeada de diferentes centros de estudios tanto públicos como privados, de educación básica e intermedia; por consiguiente posee un gran flujo vehicular y de personas en sus alrededores. (Ver Anexo N° 2, 3 y 4 Población Estudiantil y de Empleados)

#### **4.3.1 Universo**

Todos los métodos de análisis para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable

### 4.3.2 Muestra

Dos métodos de análisis: Métodos de Bergerhoff y Placas Receptoras.

### 4.3.3 Muestreo y Toma de Muestra

Muestreo dirigido puntual, ya que se consideraron puntos específicos y representativos del lugar de estudio.

Se colocan los dispositivos de muestreo en cada uno de los cinco sitios seleccionados, tomando en cuenta para ello las especificaciones establecidas para la colocación de los dispositivos de muestreo, como son una altura no menor de 1.5 metros y no mayor de 3.0 metros, se dejan expuestos durante un mes, y posteriormente al terminar el período de muestreo son remplazados y trasladados al Laboratorio de Bioquímica y Contaminación Ambiental para su respectivo análisis.

Se utilizaron dos metodologías para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) como:

- 1) El método de Bergerhoff con el cual se recogió durante  $30 \pm 2$  días toda la precipitación atmosférica (seca y húmeda) en colectores; los cuales fueron llevados al laboratorio para su análisis respectivo, mediante filtrado, evaporación del agua, secado y pesado; y
- 2) El método de Placas Receptoras que consiste en la utilización de una lámina o placa con un adherente como la vaselina, el cual constituye el elemento sensible del método, en donde quedara atrapado el Polvo Atmosférico Sedimentable.

Las determinaciones se realizaron colocando los dispositivos en cada uno de los 5 puntos de muestreo, tomando 2 muestras por cada punto; es decir 10 de ellas por el método de Placas Receptoras y 10 por el método de Bergerhoff, haciendo un total de 20 muestras mensuales y durante los 4 meses, 2 meses

para cada época (seca y lluviosa), se obtuvieron un total de 80 muestras (40 muestras tomadas por cada método).

## **4.4 PARTE EXPERIMENTAL**

### **4.4.1 Identificación de las muestras**

Cada uno de los dispositivos de muestreo (frascos plásticos, placas de Petri y soportes para las placas) a utilizar se identificó con una etiqueta y un código para cada muestra. (Ver anexo N°5 y 12)

### **4.4.2 Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable. Método de Bergerhoff (Ver anexo N° 6)**

#### **4.4.2.1 Fundamento del Método de Bergerhoff <sup>(7)</sup>**

Consiste en recoger durante  $30 \pm 2$  días toda la precipitación atmosférica (seca y húmeda) en colectores situados a 1.5 – 3 metros por encima del suelo; posteriormente son llevados al laboratorio para su análisis respectivo, mediante filtrado, evaporación del agua, secado y pesado.

#### **4.4.2.2 Preparación del Frasco Recolector de Muestras <sup>(7)</sup>**

Lavar el frasco recolector de la muestra (depósito plástico de 4L de capacidad) con agua y detergente, luego se enjuagar con agua destilada, para eliminar cualquier suciedad. Posteriormente se colocar a cada uno de los frascos su respetiva etiqueta para identificarlos. Mantener el frasco en condiciones estables, para que no presente ninguna alteración por entrada de polvo o cualquier otro material particulado.

En época lluviosa se realizará una restricción del diámetro superior del frasco (Ver anexo N° 7)

#### **4.4.2.3 Toma de Muestras por el Método de Bergerhoff** <sup>(18)</sup>

1. Colocar un frasco plástico en cada uno de los cinco puntos de muestreo.
2. Dejar al aire libre durante un mes, el frasco plástico en el lugar seleccionado.
3. Agregar a cada frasco recolector 0.2 g de sulfato de cobre para prevenir la proliferación de algas y hongos que puedan afectar en la determinación.
4. Retirar el frasco plástico después del mes de exposición de preferencia a la misma hora y trasladarlo al laboratorio de Bioquímica y Contaminación Ambiental para realizar el análisis respectivo.
5. Colocar en el mismo lugar el frasco correspondiente para el siguiente mes de muestreo y así sucesivamente hasta completar los muestreos (cuatro meses).

**Nota:** En época seca para recoger la muestra de Polvo Atmosférico Sedimentable se procede a agregar agua destilada al frasco recolector.

#### **4.4.2.4 Análisis de las Muestras Obtenidas por el Método de Bergerhoff** <sup>(18)</sup>

1. Preparar una cápsula de porcelana, lavándola cuidadosamente con detergente, enjuagándola con agua destilada, dejándola durante una hora y media en la estufa a 103-105°C y luego enfriarla en desecador por 30 minutos, retirar del desecador y pesar en balanza analítica (anotar el peso).
2. Transferir el líquido recolectado en el muestreo a un beaker de 1000 mL previamente lavado con agua destilada, filtrando el líquido recolectado sobre un tamiz de malla #20, colocando el tamiz sobre otro beaker de

1000 mL para obtener la muestra filtrada y eliminar cualquier trozo grueso, que no se considera en el análisis.

3. Después de filtrar el líquido, con ayuda de una probeta de 800 mL o 1000 mL medir el volumen total de la muestra recolectada.
4. Lavar cuidadosamente el tamiz.
5. Proceder a lavar el frasco de plástico, frotando sus paredes con un agitador de vidrio para liberar cualquier partícula adherida.
6. Homogenizar la muestra del líquido filtrado y tomar una alícuota de 50 mL y transferirla a un beaker de 150 mL.
7. Colocar el beaker en un baño María y evaporar hasta un volumen de 20 mL aproximadamente.
8. Transferir los 20 mL de líquido concentrado desde el beaker a la cápsula preparada en el numeral 1, y evaporar a sequedad en baño María.
9. Colocar la cápsula con el residuo en la estufa a 103 – 105°C por hora y media.
10. Enfriar en desecador por 30 minutos.
11. Retirar la cápsula del desecador con una pinza metálica y proceder a pesar la cápsula + residuo en la misma balanza donde antes se pesó la cápsula vacía.

(Ver Material y Equipo en Anexo N° 8)

#### 4.4.2.5 Cálculo para Polvo Atmosférico Sedimentable por el Método de Bergerhoff <sup>(16)</sup>

Realizar los cálculos utilizando la siguiente ecuación:

$$PAS = \frac{\text{peso neto del material recogido (mg)} \times 30}{\text{superficie útil de la boca del frasco (cm}^2\text{)} \times \text{días de recolección}}$$

Unidades (mg/cm<sup>2</sup>/30días)

Donde:

PAS: Polvo Atmosférico Sedimentable

Días de Recolección: 30 días

Diámetro del frasco = diámetro/2 = radio = centímetros (cm)

Superficie útil de la boca del frasco = área =  $\pi r^2$  = centímetros cuadrados (cm<sup>2</sup>)

$\pi$  = 3.1416

Peso de cápsula y material recogido = miligramos (mg)

Peso de cápsula = miligramos (mg)

Peso neto del material recogido = miligramos (mg)

Días de recolección = tiempo de exposición.

#### **4.4.3 Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable. Método de Placas Receptoras (Ver anexo N°13)**

##### **4.4.3.1 Fundamento del Método de Placas Receptoras <sup>(7)</sup>**

Consiste en la utilización de una lámina o placa con un adherente como la vaselina, el cual constituye el elemento sensible del método, en donde quedara atrapado el Polvo Atmosférico Sedimentable

##### **4.4.3.2 Preparación de las Placas Recolectoras de Muestras <sup>(19)</sup>**

Antes de ser colocadas las placas receptoras, se realizó una limpieza previa, luego se procedió a fluidificar la vaselina mediante calentamiento para verter en las placas una película uniforme, de tal manera que esta cubra toda la placa pero sin que exista un volumen de exceso de vaselina. Posteriormente se realizó la identificación y pesado inicial de las placas receptoras en la balanza

analítica. La vaselina constituye el elemento sensible de este método, ya que es una sustancia adherente que permite captar los contaminantes sobre la placa.

Por el método gravimétrico se determinan el peso inicial ( $W$  inicial), usando una Balanza Analítica Digital; en donde “ $W$ ” significa “Weigh”, peso en inglés.

$$W \text{ inicial} = W \text{ placa} + W \text{ vaselina}$$

(Ver anexo N° 16 Material y equipo para la Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable, utilizando el método de Placas Receptoras)

#### **4.4.3.3 Toma de Muestras por el Método de Placas Receptoras** <sup>(19)</sup>

1. Se trasladaron las placas recién preparadas y pesadas hasta el sitio de monitoreo. Se deben mantener la placa en buenas condiciones durante su traslado desde el laboratorio hasta el punto de monitoreo, para lo cual se utilizó un Porta Placa (cajas de plástico cerradas). De esta forma, la placa estará libre de cualquier contacto dérmico, presión o de algún material suspendido que no corresponde al punto de muestreo. Cualquier alteración del peso captado por la vaselina, alteraría totalmente los resultados de las mediciones.
2. Colocar las placas con el adherente en cada uno de los 5 puntos de muestreo.
3. Dejar al aire libre las placas durante un mes, en los lugares seleccionados de la Ciudad Universitaria.
4. Retirar las placas después del período de exposición y realizar el remplazo respectivo.
5. Trasladar las placas receptoras ya utilizadas al laboratorio de Bioquímica y Contaminación Ambiental, utilizando igualmente el Porta Placa y con los cuidados correspondientes, para su posterior análisis.

**Nota:** para la toma de muestra de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) las placas se colocaran dentro de una estructura de madera diseñada para que le brinde protección del sol, hojas, aves y otros. (Ver anexo N° 14 soporte para Placas Receptoras)

#### 4.4.3.4 Análisis de las Muestras Obtenidos por el Método de Placas Receptoras <sup>(7)</sup>

1. Retirar los insectos que hayan podido quedar adheridos a la película de vaselina y que podrían alterar el resultado.
2. Pesar en Balanza Analítica Digital

#### 4.4.3.5 Cálculos para Polvo Atmosférico Sedimentable por el Método de Placas Receptoras <sup>(7)</sup>

Para determinar el peso final de la placa se utilizó la fórmula siguiente:

$$W \text{ final} = W \text{ placa} + W \text{ vaselina} + WPAS$$

Para obtener el peso del PAS, se realizó el siguiente cálculo:

$$W \text{ final} - W \text{ inicial} = \Delta W = WPAS$$

Luego, se encuentra la concentración de PAS, mediante la ecuación:

$$C = \frac{\Delta W \times 30}{\text{Área de la placa} \times \text{Días de exposición}}$$

Donde:

W = Peso en miligramos (mg)

$\Delta W$  = Diferencia de pesos en miligramos (mg)

WPAS = Peso del Polvo Atmosférico Sedimentable

C = Concentración de PAS ( $\text{mg}/\text{cm}^2 \times 30$  días)

Área de la placa =  $\pi r^2 =$  centímetros cuadrados ( $\text{cm}^2$ )

$\pi = 3.1416$

#### 4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (4) (5) (20) (23)

El análisis estadístico, empleado fue la t – Student, que se utilizó para determinar si existe diferencia significativa en cuanto a las medias de los datos obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) mediante la aplicación de ambos métodos; posteriormente se aplicó el Contraste “F” con el fin de conocer la precisión que existe entre ambos métodos.

Una vez obtenidos los valores promedio de cada una de las muestras resultantes de la utilización de los dos métodos, para cada período, se procederá a emplear las siguientes ecuaciones:

a) *Media aritmética o media:* (15)

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{Ec. N}^\circ 1$$

Donde:

$\bar{x}$ : Valor promedio de los datos

$x_i$ : Representa el valor en un análisis

n: Es el número de datos

b) *Varianza,  $S^2$* :<sup>(34)</sup>

$$S^2 = \frac{\Sigma(\bar{x}_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad \text{Ec. N}^\circ 2$$

Donde:

$S^2$ : Varianza

$\bar{x}_i$ : Media aritmética individual

$\bar{x}$ : Media aritmética

n: Número de datos o tamaño de la muestra

#### 4.5.1. Hipótesis Estadística Planteadas<sup>(4) (5)</sup>

*Hipótesis Nula (Ho)*: No hay diferencia significativa en la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable mediante la utilización de los dos métodos.

*Hipótesis Alternativa (Ha)*: Hay diferencia significativa en la cuantificación de polvo atmosférico mediante la utilización de dos métodos.

#### 4.5.2. Nivel de Significación<sup>(6)</sup>

Es la probabilidad con la que en un ensayo de una hipótesis se pueda cometer el error tipo I; utilizando un nivel de significancia del 95%.

#### 4.5.3. Prueba t – Student<sup>(20) (23)</sup>

Para contrastar  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ , cuando no puede suponerse que las dos muestras proceden de poblaciones con desviaciones estándar iguales, se calcula el estadístico t, donde:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right) + \left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)}} \quad \text{Ec. N}^\circ 3$$

Donde:

$\bar{x}$ : Valor promedio de los datos

$S^2$ : Varianza

n: Número de datos o tamaño de la muestra

1 y 2 Representa el método utilizado

Con grados de libertad

$$gl = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\left(\frac{s_1^4}{n_1^2(n-1)} + \frac{s_2^4}{n_2^2(n-2)}\right)} \quad \text{Ec. N}^\circ 4$$

Redondeándose el valor obtenido a un número entero.

Donde:

$S^2$ : Varianza

n: Número de datos o tamaño de la muestra

1 y 2 Representa el método utilizado

#### 4.5.4. El Contraste F para la Comparación de Varianzas (20) (23)

Para probar si es significativa la diferencia entre dos varianzas muestrales, esto es, para probar  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ :

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{Ec. N}^\circ 5$$

Donde 1 y 2 se disponen en la ecuación de modo que F sea siempre  $\geq 1$ .

El número de grados de libertad del numerador y denominador, se determina de la siguiente manera:

- Grados de Libertad para el Numerador:  $n_1 - 1$
- Grados de Libertad para el Denominador:  $n_2 - 1$

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

## 5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

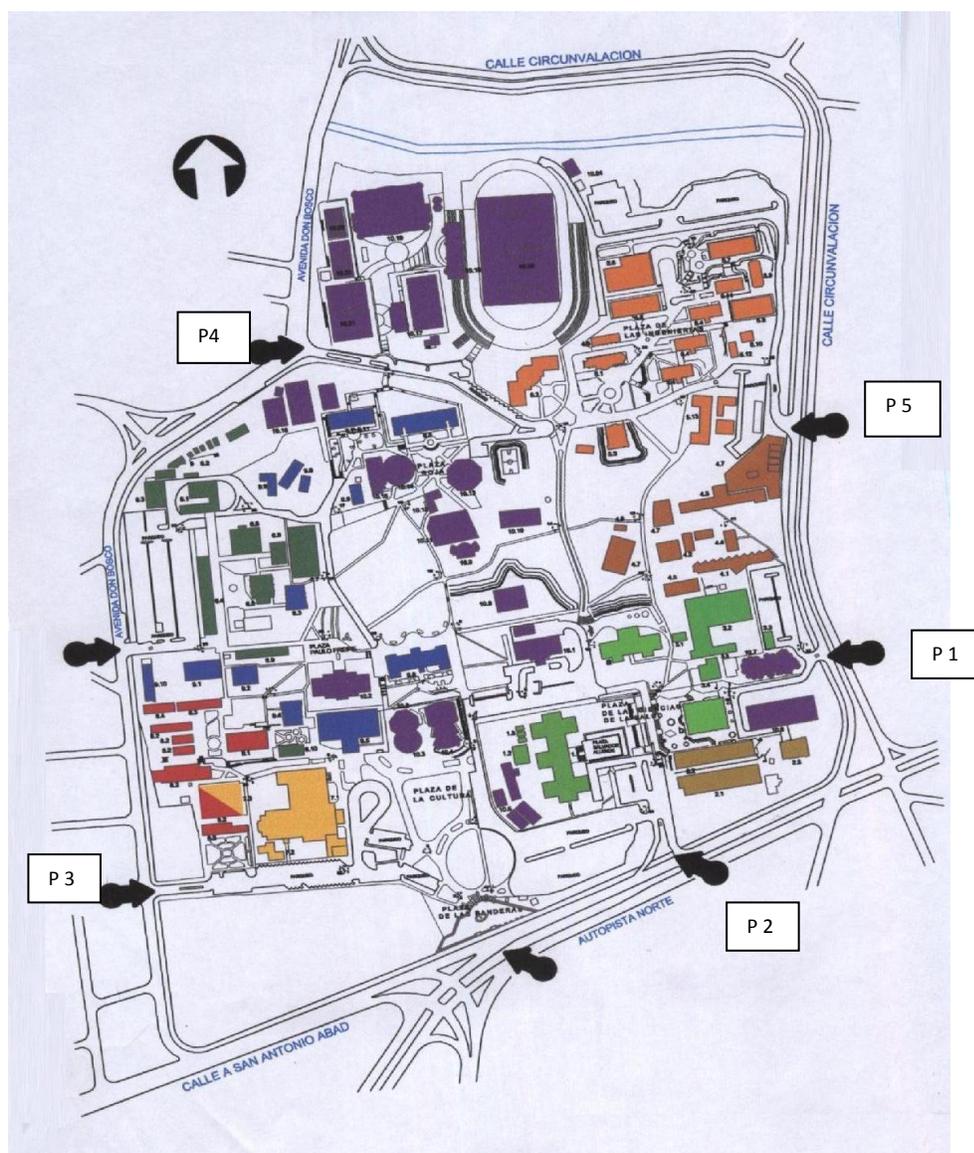


Figura. N° 3 Mapa de ubicación de los sitios de muestreo, Universidad de El Salvador (Ciudad Universitaria) con numeración según muestreo realizado.

**-Entrada Vehicular Facultad de Química y Farmacia**

P 1 Techo de Bienestar Universitario (Punto de Muestreo)

**-Entrada Vehicular Facultad de Odontología**

P 2 Caseta del Centro Regional de Salud Valencia (Punto de Muestreo)

**-Entrada Vehicular Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales**

P 3 Aulas de Economía (Punto de Muestreo)

**-Entrada Vehicular Facultad de Ingeniería y Arquitectura Poniente (Poli Deportivo)**

P 4 Caseta de Acceso (Punto de Muestreo)

**-Entrada Vehicular Facultad de Ingeniería y Arquitectura Oriente (Tanqueta)**

P 5 Caseta de Acceso (Punto de Muestreo)

Los cinco puntos de muestreo se seleccionaron, por considerarse representativos dentro de la Universidad de El Salvador, Sede Central, así también por la afluencia tanto vehicular como de personas y la cercanía de estos a centros educativos, públicos y privados, que albergan una gran población estudiantil, los cuales tienen riesgo de contraer alguna enfermedad respiratoria debido al levantamiento de Polvo Atmosférico Sedimentable en un momento determinado. Posterior a la selección de los puntos de muestreo, se procedió a colocar los dispositivos para la recolección de las muestras de cada método a comparar, remplazándose estos después de cada mes de exposición, durante un periodo de cuatro meses.

## 5.2. TABLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON EL METODO DE BERGERHOFF PARA LA CUANTIFICACION DE POLVO ATMOSFERICO SEDIMENTABLE

Tabla N° 2. Resultados obtenidos en alícuota analizada para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Mayo 2012.

	<b>Código de la Muestra</b>	<b>Facultades</b>	<b>Peso Cápsula Vacía (g)</b>	<b>Peso Cápsula más Residuo (g)</b>	<b>mg de PAS en alícuota</b>
Muestra 1	B-MFAQF-1	Agronomía y Química y Farmacia	22.5407	22.5783	37.6000
	B-MFO-1	Odontología	22.5359	22.5989	63.0000
	B-MFJ-1	Jurisprudencia	20.0085	20.0368	28.3000
	B-MFIP-1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	22.5681	22.5898	21.7000
	B-MFIO-1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	21.8536	21.8926	39.0000
Muestra 2	B-MFAQ -2	Agronomía y Química y Farmacia	20.0100	20.0459	35.9000
	B-MFO-2	Odontología	22.1558	22.2134	57.6000
	B-MFJ-2	Jurisprudencia	22.5375	22.5704	32.9000
	B-MFIP-2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	21.5326	21.5566	24.0000
	B-MFIO-2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	25.8744	25.9144	40.0000

Tabla N° 3 Resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Mayo 2012. (Ver anexo N° 11)

	<b>Código de la Muestra</b>	<b>Facultades</b>	<b>Volumen Recolectado (mL)</b>	<b>mg de PAS en volumen total</b>	<b>Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
Muestra 1	B-MFAQF -1	Agronomía y Química y Farmacia	1330.00	1000.1600	4.0192
	B-MFO -1	Odontología	530.00	667.8000	2.6836
	B-MFJ -1	Jurisprudencia	1000.00	566.0000	2.2745
	B-MFIP -1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	1880.00	815.9200	3.2788
	B-MFIO -1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	1075.00	838.5000	3.3696
Muestra 2	B-MFAQF -2	Agronomía y Química y Farmacia	1330.00	954.9400	3.8375
	B-MFO -2	Odontología	530.00	610.5600	2.4536
	B-MFJ -2	Jurisprudencia	1000.00	658.0000	2.6442
	B-MFIP -2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	1880.00	902.4000	3.6264
	B-MFIO -2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	1075.00	860.0000	3.4560

Tabla N° 4. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Mayo 2012

Mes	Código	Facultades	Muestra 1	Muestra 2	$\bar{x}$ (mg)
			Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	
Mayo	B-MFAQF	Agronomía y Química y Farmacia	4.0192	3.8375	3.9283
	B- MFO	Odontología	2.6836	2.4536	2.5686
	B-MFJ	Jurisprudencia	2.2745	2.6442	2.4594
	B- MFIP	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	3.2788	3.6264	3.4526
	B-MFIO	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	3.3696	3.4560	3.4128

En la tabla N° 2, se presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras empleando el método de Bergerhoff, posteriormente en la tabla N° 3, se muestran los resultados de los cálculos efectuados, según el ejemplo del anexo N°11, para determinar así las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable, y finalmente en la Tabla N°4, se realiza un promedio de concentraciones de las dos muestras efectuadas en cada punto de muestreo, con la finalidad de comparar luego en la tabla N° 22 los resultados obtenidos en ambos métodos, correspondientes al mes de Mayo.

Tabla N° 5. Resultados obtenidos en alícuota analizada para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Junio 2012.

	<b>Código de la Muestra</b>	<b>Facultades</b>	<b>Peso Cápsula Vacía (g)</b>	<b>Peso Cápsula más Residuo (g)</b>	<b>mg de PAS en alícuota</b>
Muestra 1	B-JFAQF-1	Agronomía y Química y Farmacia	20.0093	20.0281	18.8000
	B-JFO-1	Odontología	20.9035	20.9169	13.4000
	B-JFJ-1	Jurisprudencia	21.5640	21.5788	14.8000
	B-JFIP-1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	22.5428	22.5668	24.0000
	B-JFIO-1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	21.5329	21.5526	19.7000
Muestra 2	B-JFAQ -2	Agronomía y Química y Farmacia	21.4040	21.4217	17.7000
	B-JFO-2	Odontología	22.3114	22.3257	14.3000
	B-JFJ-2	Jurisprudencia	22.5369	22.5510	14.1000
	B-JFIP-2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	25.8726	25.8925	19.9000
	B-JFIO-2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	22.5705	22.5904	19.9000

Tabla N° 6. Resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Junio 2012.

	<b>Código de la Muestra</b>	<b>Facultades</b>	<b>Volumen Recolectado (mL)</b>	<b>mg de PAS en volumen total</b>	<b>Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
Muestra 1	B-JFAQF-1	Agronomía y Química y Farmacia	2055.00	772.6800	3.1051
	B-JFO-1	Odontología	1080.00	289.4400	1.1631
	B-JFJ-1	Jurisprudencia	1000.00	296.0000	1.1895
	B-JFIP-1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	375.00	180.0000	0.7233
	B-JFIO-1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	2900.00	1142.6000	4.5916
Muestra 2	B-JFAQ -2	Agronomía y Química y Farmacia	2055.00	727.4700	2.9234
	B-JFO-2	Odontología	1080.00	308.8800	1.2413
	B-JFJ-2	Jurisprudencia	1000.00	282.0000	1.1332
	B-JFIP-2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	375.00	149.2500	0.5998
	B-JFIO-2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	2900.00	1154.2000	4.6382

Tabla N° 7. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Junio 2012

Mes	Código	Facultades	Muestra 1	Muestra 2	$\bar{x}$ (mg)
			Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	
Junio	B-JFAQF	Agronomía y Química y Farmacia	3.1051	2.9234	3.0142
	B- JFO	Odontología	1.1631	1.2413	1.2022
	B-JFJ	Jurisprudencia	1.1895	1.1332	1.1614
	B- JFIP	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	0.7233	0.5998	0.6616
	B-JFIO	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	4.5916	4.6382	4.6149

La tabla N° 5, presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras aplicando el método de Bergerhoff, posteriormente en la tabla N° 6, se muestran los resultados de los cálculos efectuados para determinar las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable, y por último en la Tabla N° 7, se realiza un promedio de concentraciones de las dos muestras efectuadas en cada punto de muestreo, para la respectiva comparación en la tabla N° 24, correspondiente al mes de Junio, de ambos métodos.

Tabla N° 8. Resultados obtenidos en alícuota analizada para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Julio 2012.

	<b>Código de la Muestra</b>	<b>Facultades</b>	<b>Peso Cápsula Vacía (g)</b>	<b>Peso Cápsula más Residuo (g)</b>	<b>mg de PAS en alícuota</b>
<b>Muestra 1</b>	B-JuFAQF-1	Agronomía y Química y Farmacia	22.3128	22.3215	8.7000
	B-JuFO-1	Odontología	21.4042	21.4183	14.1000
	B-JuFJ-1	Jurisprudencia	22.5694	22.5799	10.5000
	B-JuFIP-1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	20.0088	20.0194	10.6000
	B-JuFIO-1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	22.1546	22.1691	14.5000
<b>Muestra 2</b>	B-JuFAQ -2	Agronomía y Química y Farmacia	22.5445	22.5531	8.6000
	B-JuFO-2	Odontología	22.5838	14.0000	280.0000
	B-JuFJ-2	Jurisprudencia	21.5332	21.5451	11.9000
	B-JuFIP-2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	21.8547	21.8651	10.4000
	B-JuFIO-2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	21.4040	21.4192	15.2000

Tabla N° 9. Resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Julio 2012.

	<b>Código de la Muestra</b>	<b>Facultades</b>	<b>Volumen Recolectado (mL)</b>	<b>mg de PAS en volumen total</b>	<b>Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
Muestra 1	B-JuFAQF-1	Agronomía y Química y Farmacia	2000.00	348.0000	11.5270
	B-JuFO-1	Odontología	1000.00	282.0000	9.3408
	B-JuFJ-1	Jurisprudencia	2370.00	497.7000	16.4856
	B-JuFIP-1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	1280.00	271.3600	8.9884
	B-JuFIO-1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	1440.00	417.6000	13.8324
Muestra 2	B-JuFAQ -2	Agronomía y Química y Farmacia	2000.00	344.0000	11.3945
	B-JuFO-2	Odontología	22.57	9.2746	9.3077
	B-JuFJ-2	Jurisprudencia	2370.00	564.0600	18.6837
	B-JuFIP-2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	1280.00	266.2400	8.8188
	B-JuFIO-2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	1440.00	437.7600	14.5002

Tabla N° 10. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Julio 2012

Mes	Código	Facultades	Muestra 1	Muestra 2	$\bar{x}$ (mg)
			Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	
Julio	B-JuFAQF	Agronomía y Química y Farmacia	11.5270	11.3945	11.4607
	B- JuFO	Odontología	9.3408	9.3077	9.3243
	B-JuFJ	Jurisprudencia	16.4856	18.6837	17.5846
	B- JuFIP	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	8.9884	8.8188	8.9036
	B-JuFIO	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	13.8324	14.5002	14.1663

En la tabla N° 8, se presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras empleando el método de Bergerhoff, posteriormente en la tabla N° 9, se muestran los resultados de los cálculos efectuados, según el ejemplo del anexo N°11, para determinar así las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable, y finalmente en la Tabla N°10, se realiza un promedio de concentraciones de las dos muestras efectuadas en cada punto de muestreo, con la finalidad de comparar luego en la tabla N° 26 los resultados obtenidos en ambos métodos, correspondientes al mes de Julio.

Tabla N° 11. Resultados obtenidos en alícuota analizada para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Agosto 2012.

	<b>Código de la Muestra</b>	<b>Facultades</b>	<b>Peso Cápsula Vacía (g)</b>	<b>Peso Cápsula más Residuo (g)</b>	<b>mg de PAS en alícuota</b>
Muestra 1	B-AFAQF-1	Agronomía y Química y Farmacia	20.9035	20.9240	20.5000
	B-AFO-1	Odontología	25.8711	25.8955	24.4000
	B-AFJ-1	Jurisprudencia	22.5424	22.5560	13.6000
	B-AFIP-1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	21.5642	21.5771	12.9000
	B-AFIO-1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	46.2861	46.3103	24.2000
Muestra 2	B-AFAQ -2	Agronomía y Química y Farmacia	39.5382	20.5000	533.0000
	B-AFO-2	Odontología	20.9047	20.9295	24.8000
	B-AFJ-2	Jurisprudencia	21.8683	13.6000	666.4000
	B-AFIP-2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	46.4099	12.8000	640.0000
	B-AFIO-2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	22.3360	24.1000	785.6600

Tabla N°. 12. Resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Agosto 2012.

	<b>Código de la Muestra</b>	<b>Facultades</b>	<b>Volumen Recolectado (mL)</b>	<b>mg de PAS en volumen total</b>	<b>Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
Muestra 1	B-AFAQF -1	Agronomía y Química y Farmacia	1300.00	533.0000	17.6549
	B-AFO -1	Odontología	930.00	453.8400	15.0328
	B-AFJ -1	Jurisprudencia	2450.00	666.4000	22.0735
	B-AFIP -1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	2500.00	645.0000	21.3647
	B-AFIO -1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	1630.00	788.9200	26.1318
Muestra 2	B-AFAQF -2	Agronomía y Química y Farmacia	39.52	17.6549	17.6549
	B-AFO -2	Odontología	930.00	461.2800	15.2792
	B-AFJ -2	Jurisprudencia	21.85	22.0735	22.0735
	B-AFIP -2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	46.40	21.1991	21.2819
	B-AFIO -2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	22.31	26.0238	26.0778

Tabla N° 13. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Bergerhoff, mes de Julio 2012

Mes	Código	Facultades	Muestra 1	Muestra 2	$\bar{x}$ (mg)
			Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	
Agosto	B-AFAQF	Agronomía y Química y Farmacia	17.6549	17.6549	17.6549
	B- AFO	Odontología	15.0328	15.2792	15.1560
	B-AFJ	Jurisprudencia	22.0735	22.0735	22.0735
	B- AFIP	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	21.3647	21.2819	21.3233
	B-AFIO	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	26.1318	26.0778	26.1048

La tabla N°11, presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras aplicando el método de Bergerhoff, posteriormente en la tabla N° 12, se muestran los resultados de los cálculos efectuados para determinar las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable, y por ultimo en la Tabla N° 13, se realiza un promedio de concentraciones de las dos muestras efectuadas en cada punto de muestreo, para la respectiva comparación, en el mes de Agosto, de ambos métodos en la tabla N° 28.

### 5.3. TABLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON EL METODO DE PLACAS RECEPTORAS PARA LA CUANTIFICACION DE POLVO ATMOSFERICO SEDIMENTABLE

Tabla N° 14. Resultados obtenidos por facultad, de las diferencias de peso de las Placas Receptoras para Polvo Atmosférico Sedimentable correspondiente al mes de Mayo 2012. (Ver Anexo N° 19)

	<b>Código</b>	<b>Facultades</b>	<b>W inicial = W placa + Wvaselina (g)</b>	<b>W final = W placa + Wvaselina + WPAS (g)</b>	<b>ΔW = Wfinal – Winicial (g)</b>	<b>Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
<b>Muestra 1</b>	P-MFAQF -1	Agronomía y Química y Farmacia	36.9630	36.9886	25.6000	0.4486
	P- MFO -1	Odontología	19.3792	19.3980	18.8000	0.3294
	P-MFJ -1	Jurisprudencia	37.2252	37.2480	22.8000	0.3995
	P-MFIP -1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	29.9119	29.9604	48.5000	0.8499
	P-MFIO -1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	37.1089	37.1377	28.8000	0.5047
<b>Muestra 2</b>	P-MFAQF -2	Agronomía y Química y Farmacia	33.4251	33.4481	23.0000	0.4030
	P-MFO -2	Odontología	24.0955	24.1129	17.4000	0.3049
	P-MFJ -2	Jurisprudencia	32.6247	32.6475	22.8000	0.3995
	P-MFIP -2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	19.9384	19.9844	46.0000	0.8061
	P-MFIO -2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	24.8132	24.8450	31.8000	0.5573

Tabla N° 15. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Placas Receptoras, mes de Mayo 2012

Código	Facultades	Muestra 1	Muestra 2	$\bar{x}$ (mg)
		Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	
P-MFAQF	Agronomía y Química y Farmacia	0.4486	0.4030	0.4258
P-MFO	Odontología	0.3294	0.3049	0.3172
P-MFJ	Jurisprudencia	0.3995	0.3995	0.3995
P-MFIP	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	0.8499	0.8061	0.8280
P-MFIO	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	0.5047	0.5573	0.5310

En la tabla N° 15, se promedian los dos resultados de concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable, obtenidos en cada en cada punto de muestreo, es decir de las diez muestras realizadas por el método de Placas Receptoras en el mes de Mayo, se promedian por cada punto de muestreo y se obtienen cinco concentraciones, una por cada punto, esto se realizó con el fin de comparar luego en la tabla N° 22 los resultados que brindan ambos métodos en el mes de Mayo.

Tabla N° 16. Resultados obtenidos por facultad, de las diferencias de peso de las Placas Receptoras para Polvo Atmosférico Sedimentable correspondiente al mes de Junio 2012.

	<b>Código</b>	<b>Facultades</b>	<b>W inicial = W placa + Wvaselina (g)</b>	<b>W final = W placa + Wvaselina + WPAS (g)</b>	<b><math>\Delta W =</math> Wfinal – Winicial (g)</b>	<b>Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
<b>Muestra 1</b>	P-JFAQF -1	Agronomía y Química y Farmacia	30.8006	30.8309	30.3000	0.5310
	P- JFO -1	Odontología	36.7556	36.7834	27.8000	0.4872
	P-JFJ -1	Jurisprudencia	31.6407	31.6578	17.1000	0.2997
	P-JFIP -1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	36.7515	36.7939	42.4000	0.7430
	P-JFIO -1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	34.0718	34.1057	33.9000	0.5941
<b>Muestra 2</b>	P-JFAQF -2	Agronomía y Química y Farmacia	29.9254	29.9566	31.2000	0.5467
	P-JFO -2	Odontología	33.9513	33.9801	28.8000	0.5047
	P-JFJ -2	Jurisprudencia	24.0955	24.1123	16.8000	0.2944
	P-JFIP -2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	18.7394	18.7804	41.0000	0.7185
	P-JFIO -2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	31.2987	31.3334	34.7000	0.6081

Tabla N° 17. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Placas Receptoras, mes de Junio 2012

Código	Facultades	Muestra 1	Muestra 2	$\bar{X}$ (mg)
		Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	
P-JFAQF	Agronomía y Química y Farmacia	0.5310	0.5467	0.5389
P-JFO	Odontología	0.4872	0.5047	0.4959
P-JFJ	Jurisprudencia	0.2997	0.2944	0.2970
P-JFIP	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	0.7430	0.7185	0.7307
P-JFIO	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	0.5941	0.6081	0.6011

La tabla N° 16, corresponde a los resultados del análisis y las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable empleando el método de placas Receptoras, posteriormente en la tabla N° 17, se muestran los promedios de las diez muestras realizadas en el mes de Junio por el método de Placas Receptoras y se obtienen cinco concentraciones, una por cada punto, con el propósito de comparar en la tabla N° 24 los resultados que brindan ambos métodos en el mes de Junio.

Tabla N° 18. Resultados obtenidos por facultad, de las diferencias de peso de las Placas Receptoras para Polvo Atmosférico Sedimentable correspondiente al mes de Julio 2012.

	<b>Código</b>	<b>Facultades</b>	<b>W inicial = W placa + Wvaselina (g)</b>	<b>W final = W placa + Wvaselina + WPAS (g)</b>	<b><math>\Delta W =</math> Wfinal – Winicial (g)</b>	<b>Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
<b>Muestra 1</b>	P-JuFAQF-1	Agronomía y Química y Farmacia	31.8370	31.9070	0.0700	0.0012
	P- JuFO -1	Odontología	23.6079	23.6437	0.0358	0.0006
	P-JuFJ -1	Jurisprudencia	23.2019	23.2674	0.0655	0.0011
	P-JuFIP-1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	28.2979	28.3450	0.0471	0.0008
	P-JuFIO -1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	37.7371	37.7907	0.0536	0.0009
<b>Muestra 2</b>	P-JuFAQF-2	Agronomía y Química y Farmacia	27.7896	27.8625	0.0729	0.0013
	P-JuFO-2	Odontología	27.7554	27.7901	0.0347	0.0006
	P-JuFJ-2	Jurisprudencia	27.6503	27.7162	0.0659	0.0012
	P-JuFIP-2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	23.0287	23.0767	0.0480	0.0008
	P-JuFIO -2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	39.6494	39.7024	0.0530	0.0009

Tabla N° 19 Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Placas Receptoras, mes de Julio 2012

Código	Facultades	Muestra 1	Muestra 2	$\bar{X}$ (mg)
		Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	
P-JuFAQF	Agronomía y Química y Farmacia	0.0012	0.0013	0.0013
P-JuFO	Odontología	0.0006	0.0006	0.0006
P-JuFJ	Jurisprudencia	0.0011	0.0012	0.0012
P-JuFIP	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	0.0008	0.0008	0.0008
P-JuFIO	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	0.0009	0.0009	0.0009

Los resultados en cada punto de muestreo para el mes de Julio se presentan en la tabla N° 19, en donde se promedian los diez resultados de concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable obtenidos en el mes de Junio por el método de Placas Receptoras, obteniendo así cinco concentraciones, una por cada punto, para comparar posteriormente en la tabla N° 26 los resultados que brindan ambos métodos en el mes de Julio.

Tabla N° 20. Resultados obtenidos por facultad, de las diferencias de peso de las Placas Receptoras para Polvo Atmosférico Sedimentable correspondiente al mes de Agosto 2012.

	<b>Código</b>	<b>Facultades</b>	<b>W inicial = W placa + Wvaselina (g)</b>	<b>W final = W placa + Wvaselina + WPAS (g)</b>	<b><math>\Delta W =</math> Wfinal – Winicial (g)</b>	<b>Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
<b>Muestra 1</b>	P-AFAQF -1	Agronomía y Química y Farmacia	22.8292	22.8726	0.0434	0.0008
	P- AFO -1	Odontología	27.6223	27.6586	0.0363	0.0006
	P-AFJ -1	Jurisprudencia	27.8723	27.9362	0.0639	0.0011
	P-AFIP -1	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	25.4239	25.4869	0.0630	0.0011
	P-AFIO -1	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	22.1760	22.1928	0.0168	0.0003
<b>Muestra 2</b>	P-AFAQF-2	Agronomía y Química y Farmacia	27.7068	27.7498	0.0430	0.0008
	P-AFO -2	Odontología	30.2126	30.2488	0.0362	0.0006
	P-AFJ -2	Jurisprudencia	27.3375	27.4011	0.0636	0.0011
	P-AFIP -2	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	25.4287	25.4909	0.0622	0.0011
	P-AFIO -2	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	28.2224	28.2395	0.0171	0.0003

Tabla N° 21. Promedio de resultados obtenidos en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por facultad, Método de Placas Receptoras, mes de Agosto 2012

Código	Facultades	Muestra 1	Muestra 2	$\bar{x}$ (mg)
		Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	Polvo Atmosférico Sedimentable (mg/cm <sup>2</sup> x30días)	
P-AFAQF	Agronomía y Química y Farmacia	0.0008	0.0008	0.0008
P-AFO	Odontología	0.0006	0.0006	0.0006
P-AFJ	Jurisprudencia	0.0011	0.0011	0.0011
P-AFIP	Ingeniería Poniente (Polideportivo)	0.0011	0.0011	0.0011
P-AFIO	Ingeniería Oriente (Tanqueta)	0.0003	0.0003	0.0003

La tabla N° 20, corresponde a los resultados del análisis y las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable empleando el método de placas Receptoras, posteriormente en la tabla N° 21, se muestran los promedios de las diez muestras realizadas en el mes de Agosto por el método de Placas Receptoras y se obtienen cinco concentraciones, una por cada punto, esto con el objeto de comparar en la tabla N° 28 los resultados que brindan ambos métodos en el mes de Agosto.

#### 5.4 COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CUANTIFICACION DE POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE MEDIANTE LOS MÉTODOS DE BERGERHOFF Y PLACAS RECEPTORAS

Se presentan de manera general los promedios mensuales de las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable obtenidos durante los cuatro meses de muestreo, empleando los dos métodos a comparar en la investigación, Método de Bergerhoff y Placas Receptoras, posteriormente se hace un resumen de los resultados separándolos por época para realizar su respectivo análisis estadístico, en donde dada las irregularidades climatológicas en el año, la época seca comprende los meses de Mayo – Junio y la época lluviosa los meses Julio – Agosto, en los cuales da inicio el invierno.

Tabla N° 22. Comparación de los resultados obtenidos de Polvo Atmosférico Sedimentable por dos Métodos, correspondiente al mes de Mayo 2012. (Ver tablas N° 4 y 15)

<b>Facultades</b>	<b>Método de Bergerhoff (Promedio de PAS) (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>	<b>Método de Placas Receptoras (Promedio de PAS) (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
Agronomía y Química y Farmacia (FAQF)	3.9283	0.4258
Odontología (FO)	2.5686	0.3172
Jurisprudencia (FJ)	2.4594	0.3995
Ingeniería Poniente (Polideportivo) (FIP)	3.4526	0.8280
Ingeniería Oriente (Tanqueta) (FIO)	3.4128	0.5310

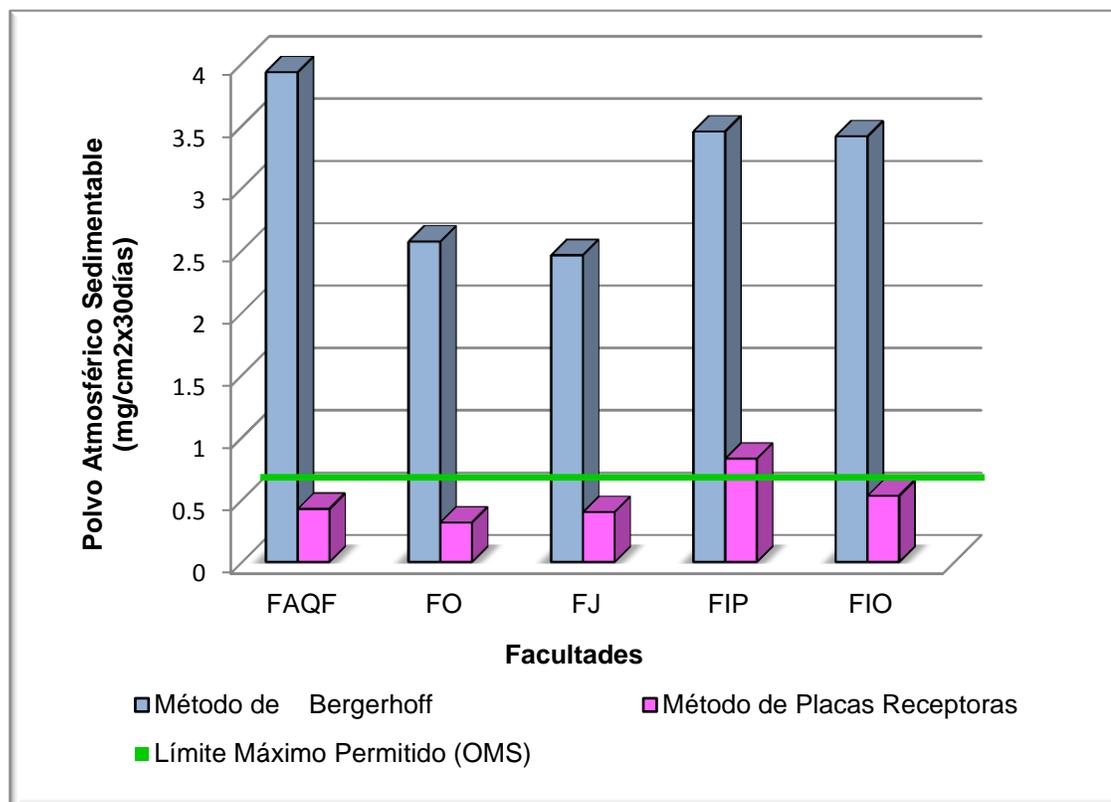


Figura N° 4. Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente al mes de Mayo 2012.

En la figura N° 4 se puede observar que:

- Los resultados obtenidos en la cuantificación de PAS para el mes de Mayo varían en los sitios de muestreo seleccionados, de acuerdo al método aplicado, así se tiene que por el método de Bergerhoff el valor más alto de Polvo Atmosférico Sedimentable ( $3.9283 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) corresponde a la Facultad de Agronomía y Química y Farmacia y el valor más bajo ( $2.4594 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) en la Facultad de Jurisprudencia, mientras que en los resultados por el método de Placas Receptoras el valor más alto ( $0.8280 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) de Polvo Atmosférico Sedimentable corresponde a la

Facultad de Ingeniería Poniente (Polideportivo) y el más bajo (0.3172 mg/cm<sup>2</sup>x 30 días) correspondiente a la Facultad de Odontología.

- Al analizar si los resultados obtenidos en el mes de mayo de concentraciones de PAS se encuentran dentro de los límites que establece la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para Polvo Atmosférico Sedimentable (0,5 mg/cm<sup>2</sup> x 30 días) se observa que en el método de Bergerhoff, ninguna Facultad cumple con la normativa ya que todos los valores sobrepasan el límite máximo permitido, indicando que existe contaminación atmosférica y por lo tanto representa un riesgo para la salud de los estudiantes, docentes y administrativos del Campus Universitario y de las personas de instituciones cercanas, no obstante en el método de Placas Receptoras según valores obtenidos tres facultades no sobrepasan el límite máximo permitido por la OMS como lo son Facultad de Agronomía, Odontología y Jurisprudencia

Tabla N° 23. Promedio mensual, correspondiente al mes de Mayo de Parámetros Meteorológicos obtenidos de la Estación del SNET, ubicada en la Universidad de El Salvador.

<b>Parámetros</b>	<b>Promedio</b>	<b>Unidades</b>
Precipitación Acumulada	4380.88287	mm
Precipitación Instantánea	10.959366	mm
Temperatura del aire	25.1559078	°C
Dirección del Viento	167.159857	Grados
Velocidad del Viento	0.65168943	Nudos
Humedad Relativa	84.5959022	%
Radiación Solar	4467.2	Wh/m <sup>2</sup>

Los valores obtenidos en la cuantificación de PAS, mediante el empleo de los dos métodos, Método de Bergerhoff y Placas Receptoras, están relacionados con los parámetros meteorológicos en el ambiente, como: las precipitaciones, que producen un efecto de lavado sobre la atmosfera al arrastrar los contaminantes al suelo; la temperatura, que determina los movimientos de las masas de aire y por lo tanto estabilidad o inestabilidad de la atmosfera; los vientos, que en función de sus características, dirección y velocidad, señalan la zona hacia la que se pueden desplazar y la capacidad de dispersión respectivamente; la humedad relativa, que indica la humedad de las masas de aire y la radiación solar, que puede favorecer reacciones de los contaminantes aumentando la concentración de los mismos.

Además otros factores importantes que pueden influir en los resultados son la cercanía a los sitios de muestreo de calles no pavimentadas, zonas verdes, movimiento de personas, cantidad de vehículos que transitan, entre otros.

Tabla N° 24. Comparación de los resultados obtenidos de Polvo Atmosférico Sedimentable por dos Métodos, correspondiente al mes de Junio 2012 (Ver tablas N° 7 y 17 )

<b>Facultades</b>	<b>Método de Bergerhoff (Promedio de PAS) (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>	<b>Método de Placas Receptoras (Promedio de PAS) (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
Agronomía y Química y Farmacia (FAQF)	3.0142	0.5389
Odontología (FO)	1.2022	0.4959
Jurisprudencia (FJ)	1.1614	0.2970
Ingeniería Poniente (Polideportivo) (FIP)	0.6616	0.7307
Ingeniería Oriente (Tanqueta) (FIO)	4.6149	0.6011

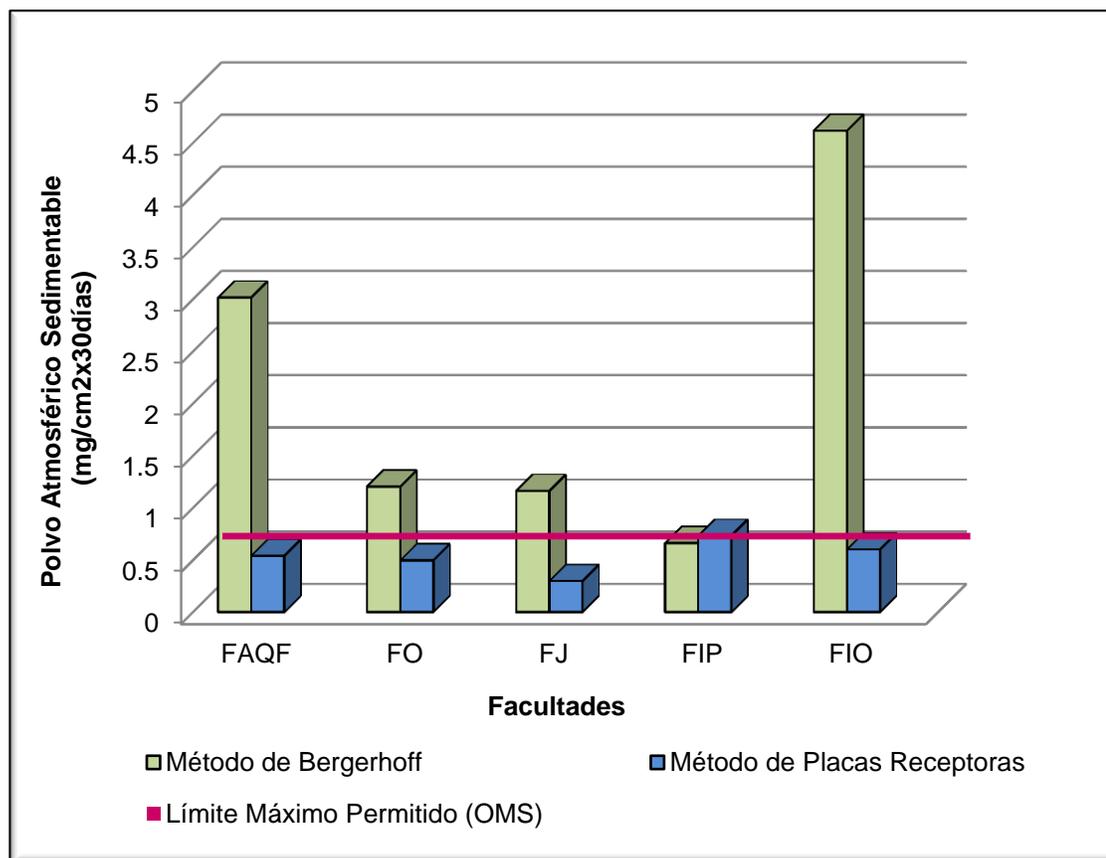


Figura Nº 5. Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente al mes de Junio 2012.

En la figura 5 se puede observar que:

- Los resultados de concentración de PAS obtenidos en el mes de Junio varían de acuerdo al método aplicado, así se tiene que por el método de Bergerhoff, el valor más alto de Polvo Atmosférico Sedimentable ( $4.6149 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) corresponde a la Facultad de Ingeniería Oriente (Tanqueta) y el valor más bajo de Polvo Sedimentable ( $0.6616 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) en la Facultad de Ingeniería Poniente (Polideportivo); mientras que en los resultados por el método de Placas Receptoras el valor más alto ( $0.7307 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) de Polvo Atmosférico Sedimentable corresponde a la Facultad de Ingeniería Poniente (Polideportivo) y el más bajo de Polvo

Sedimentable ( $0.2970 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) correspondiente a la Facultad de Jurisprudencia.

- Con respecto a la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para Polvo Atmosférico Sedimentable ( $0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) en el método de Bergerhoff, ninguna Facultad cumple, ya que todos los valores sobrepasan el límite máximo permitido, pudiendo en un momento determinado afectar la salud de la población en dicho Campus Universitario, mientras que en el método de Placas Receptoras según valores obtenidos dos Facultades no sobrepasan este límite para Polvo Atmosférico Sedimentable como lo son facultad Odontología y facultad de Jurisprudencia

Tabla N° 25. Promedio mensual, correspondiente al mes de Junio de Parámetros Meteorológicos obtenidos de la Estación del SNET, ubicada en la Universidad de El Salvador.

<b>Parámetros</b>	<b>Promedio</b>	<b>Unidades</b>
Precipitación Acumulada	4692.28209	mm
Precipitación Instantánea	21.2189836	mm
Temperatura del aire	26.0786248	°C
Dirección del Viento	177.450444	Grados
Velocidad del Viento	0.60178439	Nudos
Humedad Relativa	84.0151673	%
Radiación Solar	4692.53333	Wh/m <sup>2</sup>

-

- Los resultados de la cuantificación de PAS, para el mes de Junio muestran que en el método de Bergerhoff se observa una disminución de concentración en cuatro de los cinco puntos de muestreo; mientras que en el método de Placas Receptoras se observa un aumento de concentración, con respecto al mes anterior, en tres puntos de muestreo; estas variaciones pueden estar relacionadas con los parámetros meteorológicos registrados para este mes (ver tabla N°25) como la presencia de precipitaciones esporádicas, en determinadas zonas del lugar de estudio (Universidad de El Salvador), así como el aumento de la radiación solar, lo que puede favorecer reacciones entre los precursores de los contaminantes secundarios aumentando por consiguiente la cantidad de contaminantes en el aire.
- Además las variaciones de concentración entre los diferentes sitios de muestreo puede deberse al levantamiento de partículas producido por calles no pavimentadas, zonas verdes y por las personas y vehículos que transitan por estos lugares.

Tabla N° 26. Comparación de los resultados obtenidos de Polvo Atmosférico Sedimentable por dos Métodos, correspondiente al mes de Julio 2012 (Ver tablas N° 10 y 19 )

<b>Facultades</b>	<b>Método de Bergerhoff (Promedio de PAS) (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>	<b>Método de Placas Receptoras (Promedio de PAS) (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
Agronomía y Química y Farmacia (FAQF)	11.4607	0.0013
Odontología (FO)	9.3243	0.0006
Jurisprudencia (FJ)	17.5846	0.0012
Ingeniería Poniente (Polideportivo) (FIP)	8.9036	0.0008
Ingeniería Oriente (Tanqueta) (FIO)	14.1663	0.0009

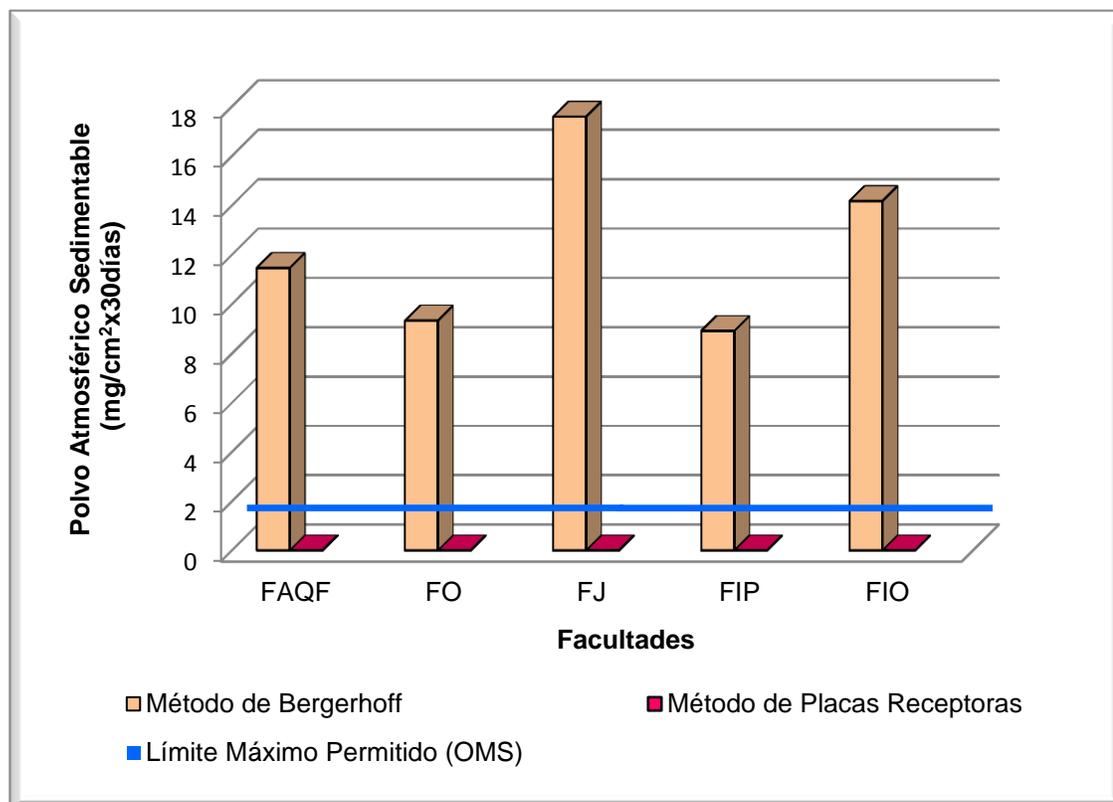


Figura N° 6. Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente al mes de Julio 2012.

En la figura N° 6 se puede observar que:

- Los resultados obtenidos en la cuantificación de PAS para el mes de Julio difieren en cada método aplicado, obteniéndose por el método de Bergerhoff el valor más alto de Polvo Atmosférico Sedimentable ( $17.5846 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) en la Facultad de Jurisprudencia y el valor más bajo ( $8.9036 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) en la Facultad de ingeniería Poniente (Polideportivo), mientras que en los resultados por el método de Placas Receptoras el valor más alto de Polvo Atmosférico Sedimentable ( $0.0013 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) se observa en la Facultad de Agronomía y Química y

Farmacia y el valor más bajo ( $0.0006 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) en la Facultad de Odontología.

- Los valores obtenidos en la cuantificación por el método de Bergerhoff sobrepasan en los cinco sitios de muestreo el límite máximo permitido por la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para Polvo Atmosférico Sedimentable ( $0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ), siendo este un indicativo de que existe contaminación atmosférica, mientras que con el método de Placas Receptoras según valores obtenidos, no se excede en ningún sitio de muestreo el límite máximo permitido por la OMS para Polvo Atmosférico Sedimentable.

Tabla N° 27. Promedio mensual, correspondiente al mes de Julio de Parámetros Meteorológicos obtenidos de la Estación del SNET, ubicada en la Universidad de El Salvador.

Parámetros	Promedio	Unidades
Precipitación Acumulada	5084.03341	mm
Precipitación Instantánea	17.0926036	mm
Temperatura del aire	26.0689119	°C
Dirección del Viento	143.219884	Grados
Velocidad del Viento	0.42478006	Nudos
Humedad Relativa	79.8466276	%
Radiación Solar	5102.05833	Wh/m <sup>2</sup>

Los resultados obtenidos por ambos métodos reflejan significativamente diferencias, las cuales son debidas al cambio de estación, de época seca a

época lluviosa, incrementándose notablemente las precipitaciones (Ver tabla N° 27) las cuales arrastran las partículas de la atmósfera al suelo siendo así como se recolecta el Polvo Atmosférico Sedimentable en el método de Bergerhoff, en donde los dispositivos de muestreo están expuestos al aire libre reflejando altas concentraciones; en comparación con el método de Placas Receptoras, en el cual los dispositivos de muestreo se encuentran áreas semi - cerradas que no permiten medir la concentración de PAS, a través del lavado de la atmósfera con las precipitaciones, sino que lo mide mediante el arrastre de este por los vientos hacia el adherente que contienen las placas, brindando resultados de concentración de PAS muy inferiores con respecto al método de Bergerhoff, ya que el aire se encuentra limpio debido a las precipitaciones propias de la época y a la disminución de la dirección y velocidad de los vientos registrados para este mes.

Tabla N° 28. Comparación de los resultados obtenidos de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente al mes de Agosto 2012 (Ver tablas N° 13 y 21 )

<b>Facultades</b>	<b>Método de Bergerhoff (Promedio de PAS) (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>	<b>Método de Placas Receptoras (Promedio de PAS) (mg/cm<sup>2</sup>x30días)</b>
Agronomía y Química y Farmacia (FAQF)	17.6549	0.0008
Odontología (FO)	15.1560	0.0006
Jurisprudencia (FJ)	22.0735	0.0011
Ingeniería Poniente (Polideportivo) (FIP)	21.3233	0.0011
Ingeniería Oriente (Tanqueta) (FIO)	26.1048	0.0003

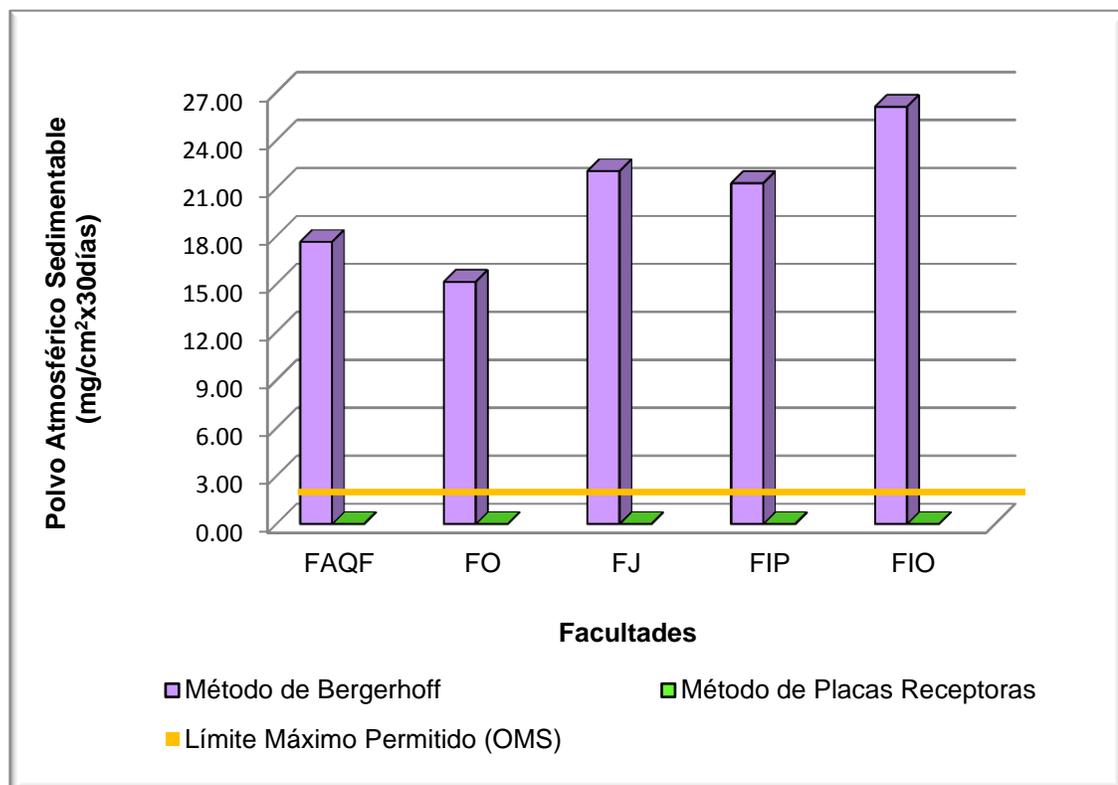


Figura N° 7. Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente al mes de Agosto 2012.

En la figura N° 7 se puede observar que:

- Los resultados de la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable en el mes de Agosto difieren significativamente en cada método aplicado, al igual que en el mes de Julio, así se tiene que por el método de Bergerhoff el valor más alto de Polvo Atmosférico Sedimentable ( $26.1048 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) corresponde a la Facultad de Ingeniería Oriente (Tanqueta) y el valor más bajo ( $15.1560 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) en la Facultad de Odontología, mientras que en los resultados por el método de Placas el valor más alto de PAS ( $0.0011 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) se observa en la facultad de Jurisprudencia e Ingeniería Poniente (Polideportivo) y el más bajo ( $0.0003 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) correspondiente a la facultad de Ingeniería Oriente (Tanqueta).

- Al analizar si los resultados obtenidos en el mes de Agosto de concentraciones de PAS se encuentran dentro de los límites que establece la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para Polvo Atmosférico Sedimentable ( $0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ) se observa que en el método de Bergerhoff, ninguna facultad cumple con la normativa ya que todos los valores sobrepasan el límite máximo permitido, representando un riesgo para la salud de la población del Campus Universitario como de las personas de instituciones educativas cercanas a esta, no obstante en el método de Placas según valores obtenidos ninguno de los cinco sitios de muestreo sobrepasan el límite máximo permitido por la OMS para Polvo Atmosférico Sedimentable.

Tabla N° 29. Promedio mensual, correspondiente al mes de Agosto de Parámetros Meteorológicos obtenidos de la Estación del SNET, ubicada en la Universidad de El Salvador.

<b>Parámetros</b>	<b>Promedio</b>	<b>Unidades</b>
Precipitación Acumulada	5547.018	mm
Precipitación Instantánea	21.2743938	mm
Temperatura del aire	25.9826382	°C
Dirección del Viento	165.473988	Grados
Velocidad del Viento	0.66637681	Nudos
Humedad Relativa	81.8436715	%
Radiación Solar	5536.41739	Wh/m <sup>2</sup>

En la Tabla N° 29 de parámetros meteorológicos correspondientes al mes de agosto se observa un incremento de la radiación solar que favorece las

concentraciones de contaminantes, también se registran mayor cantidad de precipitaciones que en el mes anterior, por lo que existe un mayor arrastre del PAS hacia los dispositivos colectores del método de Bergerhoff, incrementándose por consiguiente los valores de concentraciones de PAS obtenidos con este método, así mismo debido al lavado de la atmosfera con las precipitaciones el aire se encuentra limpio, reflejándose una mayor disminución de las concentraciones de PAS en el método de Placas Receptoras siendo casi despreciables los valores registrados.

## 5.5 RESULTADOS PROMEDIO POR EPOCA DE LA CUANTIFICACION DE POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE MEDIANTE LOS MÉTODOS DE BERGERHOFF Y PLACAS RECEPTORAS.

### 5.5.1 Resultados de la Comparación en Época Seca

Tabla N° 30. Promedio de resultados en época seca de la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos. (Ver tablas N° 22 y 24)

<b>FACULTADES</b>	<b>METODO DE BERGERHOFF</b>			<b>METODO DE PLACAS RECEPTORAS</b>		
	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Prom.</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Prom.</b>
Agronomía y Química y Farmacia (FAQF)	3.9283	3.0142	<b>3.4713</b>	0.4258	0.5389	<b>0.4824</b>
Odontología (FO)	2.5686	1.2022	<b>1.8854</b>	0.3172	0.4959	<b>0.4066</b>
Jurisprudencia (FJ)	2.4594	1.1614	<b>1.8104</b>	0.3995	0.2970	<b>0.3483</b>
Ingeniería Poniente (Polideportivo) (FIP)	3.4526	0.6616	<b>2.0571</b>	0.8280	0.7307	<b>0.7794</b>
Ingeniería Oriente (Tanqueta) (FIO)	3.4128	4.6149	<b>4.0139</b>	0.5310	0.6011	<b>0.5661</b>

En la tabla N° 30 se presenta, de cada método comparado, Método de Bergerhoff y Placas Receptoras, el promedio de los resultados obtenidos para la época seca, que comprendió los meses de Mayo – Junio del año 2012.

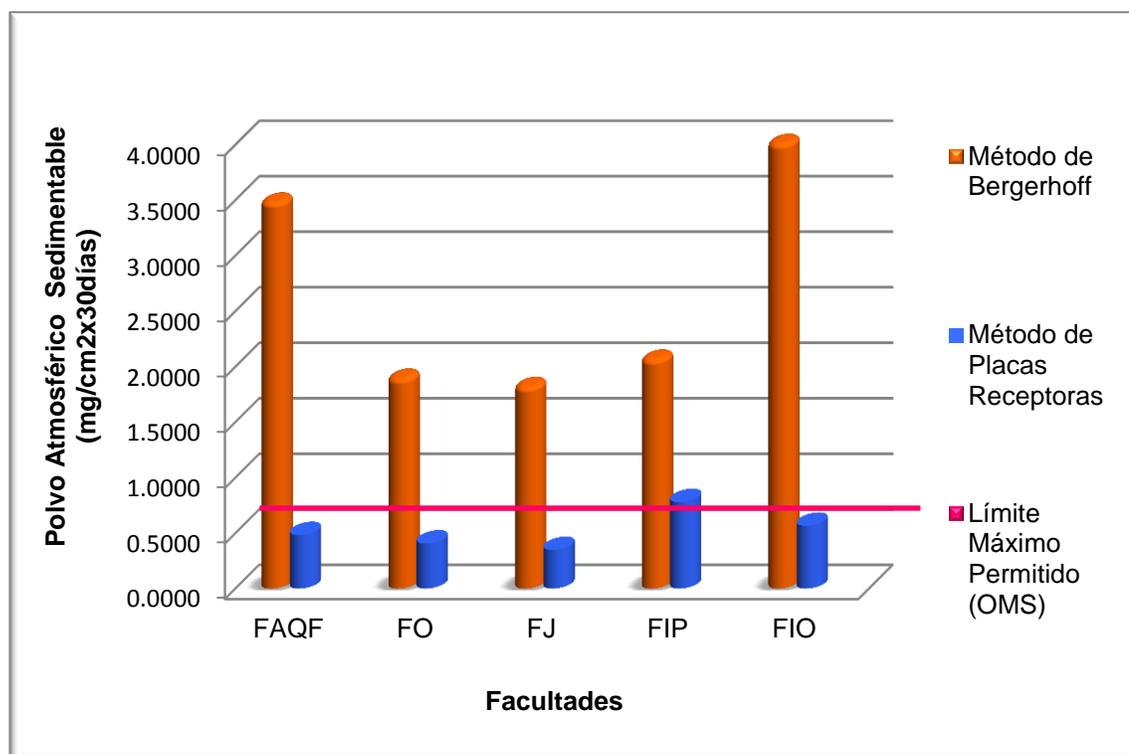


Figura N° 8. Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente a Época Seca 2012.

En la figura N° 8 se observa que:

- Las concentraciones promedios en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable de los dos meses de muestreo para época seca (Mayo – Junio), muestran variaciones en los resultados entre los dos métodos, Método de Bergerhoff y Placas Receptoras, registrándose valores mayores de Polvo Atmosférico Sedimentable, en los cinco sitios de muestreo, con el empleo del método de Bergerhoff (1.8104 – 4.0139 mg/cm<sup>2</sup>x 30 días), sobrepasando el Límite Máximo permitido según normativa de la

Organización Mundial de la Salud (OMS) para Polvo Atmosférico Sedimentable ( $0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ); mientras que con el método de Placas Receptoras se observan valores inferiores de concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable ( $0.3483 - 0.7794 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ), sobrepasándose solo en dos sitios de muestreo el límite permitido, como lo son Facultad Ingeniería Poniente (FIP) e Ingeniería Oriente (FIO). Estos valores que superan la normativa de la OMS para Polvo Atmosférico Sedimentable son un indicativo de contaminación atmosférica y por lo tanto un riesgo para la salud de la población del Campus Universitario como para las personas de instituciones cercanas que en un momento determinado pueden verse afectados también por el levantamiento de Polvo Atmosférico Sedimentable.

- Así mismo los resultados obtenidos en cada sitio de muestreo están relacionados con los parámetros meteorológicos que influyen en la medición de Polvo Atmosférico Sedimentable como; las precipitaciones esporádicas presentadas en diferentes zonas del Campus, las cuales arrastran el Polvo Atmosférico Sedimentable hacia las colectores del método de Bergerhoff y no permite que este polvo llegue a las Placas Receptoras, la temperatura y humedad, que determinan los movimientos de las masas de aire; la radiación solar, que favorece reacciones entre los contaminantes aumentando la concentración de los mismo; y los vientos, que son de gran importancia en la dispersión de los contaminantes; los resultados también se ven influenciados por los alrededores del sitio de muestreo, como levantamiento de partículas en el ambiente por calles no pavimentadas, zonas verdes, el movimiento de personas y el flujo de vehículos que transitan en cada zona.

### 5.5.2 Resultados de la Comparación en Época Lluviosa

Tabla N° 31. Promedio de resultados en época seca de la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos (Ver tablas N° 26 y 28)

<b>FACULTADES</b>	<b>METODO DE BERGERHOFF</b>			<b>METODO DE PLACAS RECEPTORAS</b>		
	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Prom.</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Prom.</b>
Agronomía y Química y Farmacia (FAQF)	11.460	17.6549	<b>14.5578</b>	0.0013	0.0008	<b>0.0010</b>
Odontología (FO)	9.3243	15.1560	<b>12.2401</b>	0.0006	0.0006	<b>0.0006</b>
Jurisprudencia (FJ)	17.584	22.0735	<b>19.8290</b>	0.0012	0.0011	<b>0.0011</b>
Ingeniería Poniente (Polideportivo) (FIP)	8.9036	21.3233	<b>15.1134</b>	0.0008	0.0011	<b>0.0009</b>
Ingeniería Oriente (Tanqueta) (FIO)	14.1663	26.1048	<b>20.1355</b>	0.0009	0.0003	<b>0.0006</b>

En la tabla N° 31 se presenta en cada método comparado, Método de Bergerhoff y Placas Receptoras, el promedio de los resultados obtenidos para la época lluviosa, que comprendió los meses de Julio – Agosto del año 2012.

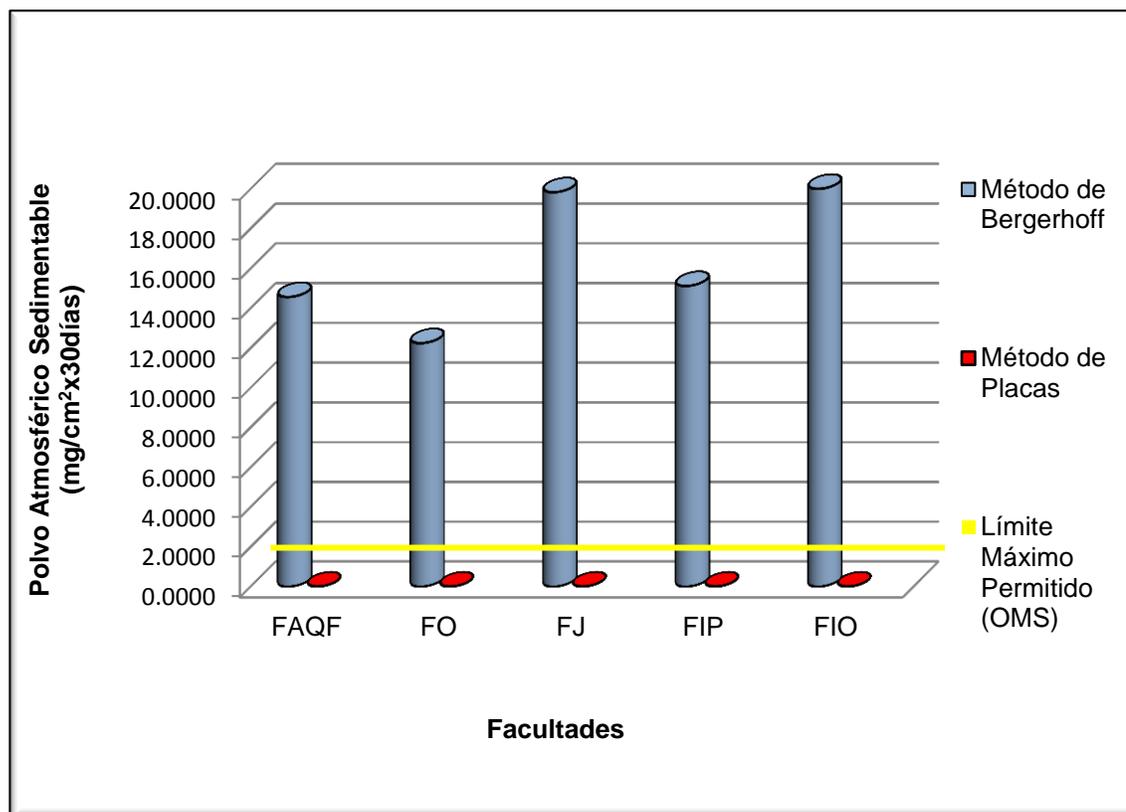


Figura N° 9. Gráfico comparativo de promedios de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos, correspondiente a Época Lluviosa 2012.

En la figura N° 9 se observa que:

- Las concentraciones promedios de los dos meses de muestreo para época lluviosa, Julio – Agosto que es cuando da inicio el invierno para el año 2012, muestra en ambos métodos diferencias en la cuantificación Polvo Atmosférico Sedimentable, reportándose para el método de Bergerhoff valores de PAS desde 12.2401 a 20.1355 mg/cm<sup>2</sup>x 30 días, sobrepasándose en todos los sitios de muestreo el Límite Máximo permitido por la OMS para Polvo Atmosférico Sedimentable (0,5 mg/cm<sup>2</sup>x 30 días).
- El incremento en la concentración de PAS es debido a las precipitaciones propias de la época, en las que se produce un efecto de lavado sobre la

atmosfera al arrastrar dicho polvo al suelo; en el caso del método de Bergerhoff, los dispositivos de muestreo recogen el PAS a través de las precipitaciones ya que se encuentran expuestos al aire libre; no obstante, para el método de Placas receptoras en la época lluviosa se presentan concentraciones de PAS inferiores al límite máximo permitido por la normativa de la OMS para Polvo Atmosférico Sedimentable, las cuales en promedio oscilan entre  $0.0006 - 0.0011 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ , estos valores son debidos a que el aire se encuentra limpio por el lavado con las precipitaciones por lo tanto no hay arrastre del contaminante hacia las Placas Receptoras, ya que estas a diferencia del método de Bergerhoff se encuentran en una área semi - cerrada como lo es en un soporte de madera que las protege del sol y de las lluvias, lo cual no permite que la limpieza del aire que se produce con las precipitaciones llegue, disminuyéndose por consiguiente la cantidad de polvo adherido a la vaselina y brindando resultados de concentración notablemente diferentes a los obtenidos por el método de Bergerhoff.

- Así mismo los resultados obtenidos están relacionados con los demás parámetros meteorológicos registrados en esta época como temperatura, humedad del ambiente, radiación solar y los vientos, ya que todos estos influyen en la medición de Polvo Atmosférico Sedimentable; de igual forma afectan las características del lugar de muestreo, como cercanía a calles no pavimentadas, zonas verdes, movimiento de personas y el flujo vehicular de cada zona de muestreo.

## 5.6 RESULTADOS POR ÉPOCA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN LA CUANTIFICACION DE POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE MEDIANTE LOS DOS METODOS

### 5.6.1 Resultados en Época Seca

Tabla N° 32. Resultados del análisis estadístico realizado en época seca para la determinación de diferencia significativa entre los dos métodos. ( Ver Cálculos en Anexo N° 21)

PRUEBA T -STUDENT					
	$\bar{X}$	$S^2$	$t_{exp}$	$t_{tabla\ al\ 95\%}$	Resultado
Método de Bergerhoff	2.6476	1.6847	7.64	2.26	$t_{exp} > t_{tabla\ al\ 95\%}$
Método de Placas Receptoras	0.5165	0.0290	<i>Criterio</i> Si $t_{exp} < t_{tabla\ al\ 95\%}$ No hay diferencia significativa		Hay diferencia significativa en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable mediante la utilización de los dos métodos.
CONTRASTE F					
	$S^2$	$F_{exp}$	$F_{tabla\ al\ 95\%}$		Resultado
Método de Bergerhoff	1.6847	58.0931	3.179		$F_{exp} > F_{tabla\ al\ 95\%}$
Método de Placas Receptoras	0.0290	<i>Criterio</i> Si $F_{exp} < F_{tabla\ al\ 95\%}$ No existe diferencia de precisión entre ambos métodos		Existe una diferencia de precisión entre ambos métodos, siendo más preciso el de referencia método de Bergerhoff	

Estadísticamente, aplicando el contraste de dos colas  $t$  – Student para la comparación de dos medias experimentales al 95% de confianza, los resultados de época seca muestran diferencias significativas en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable mediante la utilización de los dos métodos, Método de Bergerhoff y Placas Receptoras, es decir ellos no pueden aplicarse indistintamente, puesto que los resultados obtenidos con la aplicación de cada uno de ellos no son similares; en vista de esta diferencia entre los métodos, se procedió también a calcular la Prueba Estadística F para determinar si existe diferencia de Precisión entre ambos métodos; es decir, el método más preciso para la cuantificación de PAS, dando como resultado que el método que presenta una mayor precisión es el método de Bergerhoff.

### 5.6.2 Resultados en Época Lluviosa

Tabla N° 33. Resultados del análisis estadístico realizado en época lluviosa para la determinación de diferencia significativa entre los dos métodos. ( Ver Cálculos en Anexo N° 22)

PRUEBA T -STUDENT					
	$\bar{X}$	$S^2$	$t_{exp}$	$t_{tabla}$ al 95%	Resultado
Método de Bergerhoff	16.3752	32.3086	9.1109	2.26	$t_{exp} > t_{tabla}$ al 95% Hay diferencia significativa en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable mediante la utilización de los dos métodos.
Método de Placas Receptoras	0.0009	$9.789 \times 10^{-8}$	<i>Criterio</i> Si $t_{exp} < t_{tabla}$ al 95% No hay diferencia significativa		

Tabla N° 33 Continuación

<b>CONTRASTE F</b>				
	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>F<sub>exp</sub></b>	<b>F<sub>tabla al 95%</sub></b>	<b>Resultado</b>
Método de Bergerhoff	32.3086	330.05x10 <sup>6</sup>	3.179	$F_{exp} > F_{tabla\ al\ 95\%}$  Existe una diferencia de precisión entre ambos métodos, siendo más preciso el de referencia método de Bergerhoff
Método de Placas Receptoras	9.789x10 <sup>-8</sup>	<i>Criterio</i>  Si $F_{exp} > F_{tabla\ al\ 95\%}$  No existe diferencia de precisión entre ambos métodos		

Estadísticamente, al aplicar en época lluviosa el contraste de dos colas  $t$ -Student para comparación de dos medias experimentales al 95% de confianza, los resultados de cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable utilizando ambos métodos, muestran que existen diferencias significativas entre los valores obtenidos para cada uno, reflejándose en el método de Placas Receptoras datos muy inferiores con respecto al método de Bergerhoff (resultados de cero), es decir no hay cuantificación significativa de Polvo Atmosférico Sedimentable, es por ello que los resultados no son comparables y al calcular la precisión de los métodos mediante la Prueba Estadística F muestra con un valor mayor que en época seca, que existe diferencias de precisión entre ambos, siendo más preciso el método de Bergerhoff.

**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES**

## 6.0 CONCLUSIONES

1. La variación de la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) por los dos métodos en los diferentes sitios y épocas, puede ser influenciada por diversos factores, entre ellos, meteorológicos, debido al cambio de estación de verano a invierno, como las lluvias, velocidad del viento, la temperatura, la humedad relativa; así mismo a factores asociados a los alrededores del sitio de muestreo (edificios, zonas verdes, parqueos, flujo vehicular y de personas).
2. Debido a las variaciones climatológicas presentadas durante el año 2012, los meses de mayo y junio fueron considerados como época seca, debido a que esta no estaba definida; siendo hasta julio y agosto, que dio inicio la época lluviosa; es por ello, que es importante tomar en cuenta las variaciones climatológicas de la investigación, ya que están directamente relacionados con los resultados obtenidos.
3. Empleando las mismas condiciones en ambos métodos, se obtienen valores mayores de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) por el método de Bergerhoff, debido a que este contiene agua y está expuesto al aire libre lo cual le permite capturar mayor cantidad de polvo.
4. El método de Placas Receptoras presenta ventajas como menor costo, menor tiempo de análisis y fácil manejo, pero debido a que la capa superficial del adherente (vaselina) que es el elemento sensible del método se satura, y no permite seguir captando más polvo. De igual manera, en época lluviosa no hay arrastre de partículas que puedan adherirse a la vaselina, pues el aire se encuentra más limpio ya que se produce arrastre de partículas mediante la lluvia

5. Estadísticamente aplicando la Prueba t – Student a un nivel de confianza del 95%, y comparar los valores obtenidos experimentalmente con los de tabla, se determina que existe diferencia significativa entre el método de Bergerhoff y el de Placas Receptoras para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS).
6. El método de Placas Receptoras en época seca presenta valores de  $0.3483 - 0.7794 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$  de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS), sobrepasándose solo en dos puntos de muestreo el límite máximo permitido por la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de  $0.5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ; y en época lluviosa la cuantificación es poco significativa obteniéndose resultados de  $0.0006 - 0.0011 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ .
7. Los resultados obtenidos por el método de Bergerhoff sobrepasan en todos los sitios de muestreo el límite máximo permitido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), tanto en época seca con valores de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) de  $1.8104 - 4.0139 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ , como en época lluviosa con valores de  $12.2401 - 20.1355 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ; por lo que la salud de las personas que transitan por dichos sitios puede verse afectada, al igual que las personas que viven en las cercanías a éstos.
8. Los dos métodos estudiados (Método de Bergerhoff y Placas Receptoras), no son comparables para llevar a cabo la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS), puesto que estadísticamente con la Prueba t - Student y la Prueba F, se comprueba que sus resultados son significativamente diferentes, aceptándose la hipótesis alternativa; siendo más preciso el método de Bergerhoff tomado como referencia.

**CAPITULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

## VII. RECOMENDACIONES

1. Que en futuras investigaciones que se desarrollen en el Campus Universitario, se impartan capacitaciones al personal que labora en las diversas áreas de la Universidad (Custodios), para que cuando se realicen investigaciones de este tipo, se procure un mayor nivel de cooperación por parte estos, en el sentido de brindar protección a los dispositivos de muestreo colocados en los sitios específicos que son tomados como puntos de monitoreo.
2. Que se tome parte activa en la contaminación ambiental dentro del Campus Universitario, en el sentido de hacer notar la importancia que tiene, no solo para los estudiantes, sino también para la población del Campus en general, ya que pueden verse afectados por el levantamiento de Polvo Atmosférico Sedimentable, con lo cual se da de igual manera el levantamiento de partículas en suspensión que pueden causar implicaciones en la salud.
3. Estructurar una Unidad para la investigación de contaminantes ambientales dentro de la Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, con el propósito de monitorear la calidad del aire dentro del Campus, en la cual existan programas que ayuden a monitorear y determinar los factores que influyen en la calidad del aire, para que se sigan investigando este tipo de contaminantes.
4. Colocar los dispositivos de muestreo alejados de obstáculos como edificios o árboles, que perjudiquen el libre movimiento del aire, de igual manera que se encuentren alejados de personas extrañas; para la toma de muestras y así evitar problemas que puedan influir en los resultados.

5. Validar cada uno de los dos métodos en investigaciones futuras, al igual que se comparen los diámetros de los dispositivos, para que en base a sus resultados se determine la eficacia de ellos y si es conveniente o no su aplicación.
6. Realizar a futuro nuevas investigaciones sobre otras metodologías de bajo costo y manejo sencillo, para el monitoreo de contaminantes ambientales.
7. Que la Universidad de El Salvador gestione convenios con Instituciones como el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) para que en conjunto con los estudiantes, se realicen investigaciones en el área de monitorio ambiental; así como con el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), para que éste proporcione los parámetros meteorológicos que pueden influir en las determinaciones de contaminantes atmosféricos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aparicio Echevoyén, B. E.; Martell Majano, J. L.; Identificación de algunos contaminantes atmosféricos emanados por el transporte en la ciudad de San Salvador. Trabajo de Graduación. San Salvador, Facultad de Química y Farmacia-Biología, Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer, Marzo de 1996.
2. Aramayo Mérida; J. L.; Plan de Monitoreo Ambiental para Programas de Salud de USAID/Bolivia. Socios para el desarrollo/ PROSALUD, 2010, p. 17-26. [Internet] Disponible en: <[http://www.sociosparaeldesarrollo.org.bo/pdf/monitoreo\\_ambiental.pdf](http://www.sociosparaeldesarrollo.org.bo/pdf/monitoreo_ambiental.pdf)>[Consultado 30 de enero de 2012] p.19-21
3. Ayala Alfaro, B. B.; Ochoa Ayala; D. E.; Determinación de la contaminación del medio ambiente, ocasionada por polvo sedimentable, índice de corrosividad y lluvia ácida en cinco facultades de la Ciudad Universitaria. Trabajo de Graduación. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador, Agosto de 2011.
4. Bonilla G.; Estadística I: Elementos de Estadística Descriptiva y Probabilidad; San Salvador, El Salvador, C. A.; UCA Editores; Cuarta Edición, 1996.
5. Bonilla G.; Estadística II: Métodos Prácticos de Inferencia Estadística; San Salvador, El Salvador, C. A.; UCA Editores; Segunda Edición, 1992.
6. Canizales Amaya, O. E.; Escobar, R. I.; Cuantificación de fósforo en suelos y abonos orgánicos por dos métodos colorimétricos: molibdato azul y fosfovanadomolibdico; Trabajo de Graduación, San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador, Septiembre de 2004; p. 36 – 42.
7. Cárdenas Barzola, J.; Bustamante Gutiérrez, L.; Yance Tomas, C.; Estudio de la Contaminación del Aire por Contaminantes Sólidos Sedimentables

- (CSS) Utilizando los Métodos de las Placas y de Bergerhoff. Universidad Nacional Agraria de la Molina, Perú 2010. [Internet]. Disponible en: <<http://dc301.4shared.com/doc/qNTzAJmW/preview.html>> [Consultado 30 de enero de 2012]
8. Compendio Teórico: Armonización de Redes de Monitoreo de Calidad de Aire; 11, 12 y 15 de junio 2009. Perú: Ministerio del Ambiente; 2009. [Internet] Disponible en: <<http://sinia.minam.gob.pe/admDocumento.php?accion=bajar...81>>[Consultado 30 de enero de 2012] p. 15-19
  9. Díaz Suárez; V. Páez Pérez; C. Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras. Quito, Ecuador. Corporación para el Mejoramiento del Aire (CORPAIRE). Acta Nova; Vol., 3, Nº 2, Junio 2006.[Internet]. Disponible en: <<http://www.ucbcba.edu.bo/Publicaciones/revistas/actanova/.../v3.n2.diaz.pd...>>[Consultado 19 de febrero de 2012]
  10. Elsom., D.; tr. Teodora Esteban Lobato. La Contaminación Atmosférica, Madrid, España. Ediciones Cátedra S.A., 1990; p. 15-16; 171-179.
  11. Fernández Patier, R. [PDF] X. Metodología de evaluación de la calidad del aire [Internet] España; 2009. Disponible en: <<http://www.analesranf.com/index.php/mono/article/view/606/623>> [Consultado 30 de enero de 2012]
  12. Freund, J. E.; Simon, G. A.; Estadística Elemental; Octava Edición; México; Pearson Prentice Hall Hispanoamericana S. A., 1992; p. 39, 40, 44
  13. Gutiérrez; H. J. [et al.]. Ávila Valdivieso; J. J.; ed. Contaminación del aire: riesgos para la salud. México, D.F.: Manual Moderno, 1997; p.4-5
  14. Huallaro B., J.; Laos, H.; Marcos, R.; Gutarra D., F.; Cabrera R., M.; Valderrama R., A.; Validación del Método de Tubos Pasivos con Filtros Colectores para Determinar la Concentración de Material Sólido Sedimentable en la Ciudad Universitaria de San Marcos – Lima. Revista de

- investigación CEDIT, 2008; Volumen 3, p. 42-48 [Internet]. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/Publicaciones/rev\\_cedit/.../a05v3.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/Publicaciones/rev_cedit/.../a05v3.pdf) [Consultado 26 de abril de 2012]
15. Johnson, R.; Estadística Elemental; México; Grupo Editorial Iberoamericana S. A. de C.V., 1990.
  16. Korc, M. E. Situación de los programas de gestión de calidad del aire urbano en América Latina y El Caribe. [Internet] Lima: CEPIS; 2000 Disponible en: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/monitlac/monitlac.pdf>>. [Consultado 26 de febrero de 2012].
  17. Lemus Martínez, S. M.; Diseño y Fabricación de un Aparato para Recolectar Polvo Atmosférico Sedimentable y Determinación en Diferentes Zonas de El Salvador. Trabajo de Graduación. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador, Septiembre de 1981.
  18. Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia, Departamento de Bioquímica y Contaminación Ambiental; Manual de Prácticas de Contaminación Ambiental y Salud Pública, San Salvador 2011.
  19. Marcos, R.; Cabrera, M.; Laos, H.; Mamani, D.; Valderrama, A.; Estudio Comparativo para la Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable Empleando las Metodologías de Tubo Pasivo y de Placas Receptoras en la Ciudad Universitaria de San Marcos – Lima. Revista de investigación CEDIT, 2008; Volumen 3, p. 49-58 [Internet]. Disponible en: <<http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/Publicaciones/rev.../a06v3.pdf>> [Consultado 30 de enero de 2012]
  20. Miller, J. N.; Miller, J. C.; Estadística y Quimiometría para Química Analítica; Cuarta Edición; Pearson Educación, S. A.; Madrid 2002; 296p.
  21. Minguillón Bengochea, M.C.; [PDF] BLOQUE I INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA [Internet] Disponible en: <<http://www.tdx>.

cat/bitstream/handle/10803/10385/Bloquel.pdf?sequence...>[Consultado 26 de febrero de 2012]

22. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia. Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Bogotá, Colombia; Agosto 2009, p. 71-72, 82-83, 85, 111, 124-125.[Internet]. Disponible en: <[http://www.andesco.org.co/.../Resolucion %202154% 20de% 202010%20del%20MAVDT%20-...](http://www.andesco.org.co/.../Resolucion%202154%20de%202010%20del%20MAVDT%20-...)> [Consultado 15 de abril de 2012]
23. Mongay Fernández, C.; Quimiometría; España; Publicaciones Universidad de Valencia, 2005; 423p
24. Posadas Chinchilla, A. M.; [PDF] Determinación De Errores Y Tratamiento De Datos I ...; Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Almería [Internet] Disponible en <<http://www.ual.es/~aposadas/TeoriaErrores.pdf>> [Consultado 25 de julio de 2012]
25. Quintero, J.; Aire viciado [Internet] El Salvador, 2008 Disponible en: <<http://www.uca.edu.sv/virtual/comunica/archivo/may302008/.../nota21.htm>> [Consultado 29 de febrero de 2012]
26. Roncal Rabanal, M. R.; Monitoreo de Contaminantes Sólidos Sedimentables (CSS) en la Ciudad de Celedín Durante el Período Abril – Junio del 2008. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. [Internet] Disponible en: <<http://www.unc.edu.pe/.../...>>[Consultado 23 de febrero de 2012]
27. Spiegel, J.; Maystre, L. Y.; Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Capítulo 55: Control de la Contaminación Ambiental. [Internet]. Disponible en:<<http://www.mtas.es/insht/EncOIT/pdf/tomo2/55.pdf>> [Consultado 4 de febrero de 2012]
28. Tolcachier, A. J.; Medicina Ambiental, Libro Virtual IntraMed.[Libro en Internet] Disponible en: <[http://www.intramed.net/sitios/libro\\_virtual4/6.pdf](http://www.intramed.net/sitios/libro_virtual4/6.pdf) – Argentina> [Consultado 30 de enero de 2012]

29. Turk, A.; Turk, J.; Wittes, J. T.; tr. por Carlos Gerhard Ottenwaelder. Ecología, contaminación, medio ambiente. México: Interamericana, 1973; p.83-114
30. Zapata Sánchez, C. E.; Quijano Hurtado, R.; Molina Vásquez, E.; Rubiano Hernández, C. M.; Londoño Gaviria, G. Fortalecimiento de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire en el Valle de Aburra con Medidores Pasivos, Revista Gestión y Ambiente, Mayo 2008, Volumen 11 – N°1, p. 67-84. [Internet] Disponible en: <<http://www.unalmed.edu.co/.../Informe%20Medidores%20Pasivos%20Fina...>> [Consultado 30 de enero de 2012]
31. Zacarías Ortiz, E.; Así se investiga, pasos para hacer una investigación; Primera Edición; Santa Tecla, El Salvador; Clásicos Roxsil, 2000.
32. <<http://www.spssfree.com> > Curso > Capítulo V > [Internet]. Desviación Estándar y Varianza: Medidas Estadísticas... [Consultado 15 de Septiembre de 2012]
33. <<http://www.ecologiaverde.com/eutrofizacion/>> [Internet]. Ecología Verde - Eutrofización. [Consultado 15 de Mayo de 2012]
34. <<http://www.infojardin.net/glosario/fermentacion/fitotoxico.htm>> [Internet]. Fitotóxico en Infojardin: Fitotóxico – información. [Consultado 15 de Mayo de 2012]
35. <<http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=4558&idioma=C>> [Internet]. La acidificación del medio ambiente. [Consultado 15 de Mayo de 2012]
36. <<http://www.agua.uji.es/pdf/leccionHQ25.pdf>> [Internet]. Medio Urbano Aire Bosques Cultivos Agua. [Consultado 15 de Mayo de 2012]
37. <<http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448169816.pdf>> [Internet]. [PDF] Unidad 10.indd. [Consultado 15 de abril de 2012]

38. <<http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/intromon/cap3.pdf>> [Internet] [PDF] 3. REVISIÓN DE METODOLOGÍAS EXISTENTES. [Consultado 23 de febrero de 2012]
39. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Enfisema\\_pulmonar](http://es.wikipedia.org/wiki/Enfisema_pulmonar)> [Internet]. Wikipedia, la enciclopedia libre. Enfisema pulmonar. [Consultado 15 de Mayo de 2012]
40. <<http://es.wikipedia.org/wiki/Quimioluminiscencia>> [Internet]. Wikipedia, la enciclopedia libre. Quimioluminiscencia. [Consultado 15 de Mayo de 2012]
41. <<http://www.calidadaire.df.gob.mx/calidadaire/index.php?opcion=...>> [Internet]. Dirección de Monitoreo Atmosférico, Secretaría del Medio Ambiente, Ciudad de México; Partículas. [Consultado 15 de Mayo de 2012]
42. <<http://www.calidadaire.df.gob.mx/calidadaire/index.php?opcion=4...22>> [Internet] Dirección de Monitoreo Atmosférico, Secretaría del Medio Ambiente, Ciudad de México; Presión Barométrica [Consultado 12 de octubre de 2012]

## GLOSARIO

**Acidificación:** Pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera. <sup>(8)</sup>

**Deposición:** La deposición atmosférica de contaminantes se puede dividir en seca y húmeda. Las fuentes de emisión de los contaminantes pueden ser locales o distantes, y están ligadas a la actividad doméstica, tráfico, industrias y agricultura. Los contaminantes pueden ser absorbidos por las gotas de lluvia. <sup>(36)</sup>

**Enfisema pulmonar:** Enfermedad crónica que en términos anatómopatológicos por el agrandamiento permanente de los espacios aéreos distales a los bronquiolos terminales, con destrucción de la pared alveolar, con o sin fibrosis manifiesta. <sup>(39)</sup>

**Eutrofización:** Es el enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema acuático. Básicamente comienza cuando el agua recibe un vertido de nutrientes, como desechos agrícolas o forestales, lo cual hace que favorezca el crecimiento excesivo de materia orgánica, provocando un crecimiento acelerado de algas y otras plantas verdes que cubren la superficie del agua y evita que la luz solar llegue a las capas inferiores. <sup>(33)</sup>

**Fitotóxico:** Fenómeno que se produce cuando un elemento necesario o extraño al vegetal penetra en el mismo en mayor proporción de la admitida para cada especie vegetal, ocasionando alteraciones o enfermedades. <sup>(34)</sup>

**Humedad relativa:** es la relación porcentual entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación. Dicho de otra manera, es la relación que existe

entre la cantidad de vapor de agua que contiene el aire en un momento dado para cierta temperatura con respecto a la cantidad máxima de vapor que puede contener a esa misma temperatura. <sup>(43)</sup>

**Monitoreo Atmosférico:** Se define como todas las metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire en un lugar establecido y durante un tiempo determinado. <sup>(14)</sup>

**Optoelectrónica:** es el nexo de unión entre los sistemas ópticos y los sistemas electrónicos. Los componentes optoelectrónicos son aquellos cuyo funcionamiento está relacionado directamente con la luz. <sup>(41)</sup>

**Partículas sedimentables (>10 µm).** Son partículas que por su peso tienden a precipitarse con facilidad, razón por lo cual permanecen suspendidas en el aire en períodos cortos de tiempo. Por lo general no representan riesgos significativos a la salud humana. <sup>(41)</sup>

**Partículas menores a 10 micrómetros - PM10 (<= 10 µm).** Son partículas de diámetro aerodinámico equivalente o menor a 10 µm. Se consideran perjudiciales para la salud debido a que no son retenidas por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio. <sup>(41)</sup>

**Partículas menores a 2.5 micrómetros - PM2.5 (<= 2.5 µm).** Son partículas de diámetro aerodinámico equivalente o menor a 2.5 µm. Representan un mayor riesgo para salud humana, puede ser un factor de muerte prematura en la población. <sup>(41)</sup>

**Quimioluminiscencia:** se entiende el fenómeno que en algunas reacciones químicas la energía liberada no sólo se emite en forma de calor o de energía química sino en forma de luz. La quimioluminiscencia es un fenómeno que se produce cuando, en una reacción química, los electrones saltan de las capas más altas de los átomos, a las más bajas. <sup>(40)</sup>

**Radiación solar:** es el proceso a través del cual la energía es transferida de un punto a otro en ausencia de un medio. La mayor fuente de radiación en la Tierra es el Sol. La energía radiante del Sol provoca movimientos atmosféricos que pueden propiciar algunos fenómenos físicos como la precipitación. <sup>(43)</sup>

**Temperatura:** se construye del acto de medir el calor o frialdad de un objeto, siendo entonces una propiedad de un cuerpo y sirve para desarrollar una escala o patrón de referencia. La temperatura ambiente es un parámetro importante que determina la formación de las nubes, afecta la cantidad de vapor de agua que se encuentra en el aire (humedad atmosférica) e influye en la fuerza que ejerce el peso del aire sobre la superficie terrestre (presión atmosférica). <sup>(43)</sup>

**Viento:** es el desplazamiento horizontal del aire, este movimiento del aire es producido por diferencias de presión atmosférica, atribuidas sobre todo, a diferencias de temperatura. El vector velocidad del viento describe la tasa de cambio a la cual la posición de una masa de aire cambia con el tiempo. <sup>(43)</sup>

**ANEXOS**

## ANEXO N° 1

# INFORMACIÓN SOBRE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS PROPORCIONADA EN BIENESTAR UNIVERSITARIO.

### Enfermedades Respiratorias

**Entre las enfermedades respiratorias más comunes durante el año 2011 tenemos:**

1. Rinofaringitis
2. Catarros comunes
3. Gripe
4. Faringoamigdalitis
5. Faringitis
6. Laringitis

**El total de casos de enfermedades respiratorias mencionadas anteriormente durante el año 2011, fueron:**

1,990 casos

**Entre las enfermedades respiratorias más comunes durante el año 2012 tenemos:**

1. Rinofaringitis
2. Catarros comunes
3. Gripe
4. Faringoamigdalitis
5. Faringitis
6. Laringitis

**El total de casos de enfermedades respiratorias mencionadas anteriormente durante el año 2012, fueron:**

476 casos



## ANEXO N° 2

# POBLACIÓN ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR PARA EL AÑO 2011



Unidad de Informática

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
SECRETARIA DE ASUNTOS ACADEMICOS  
DATOS ESTUDIANTES INSCRITOS AÑO 2011 POR FACULTAS Y CICLO

FACULTADES	2,011	
	CICLO I	CICLO II
MEDICINA	5,109	4,230
JURISPRUDENCIA Y C.C. SOCIALES	3,734	3,123
CIENCIAS AGRONOMICAS	880	671
CIENCIAS Y HUMANIDADES	7,027	----
INGENIERIA Y ARQUITECTURA	5,205	4,297
QUIMICA Y FARMACIA	671	543
ODONTOLOGIA	524	456
CIENCIAS ECONOMICAS	8,043	6,965
C.C.N.N. Y MATEMATICA	1,137	984
<b>TOTAL CENTRAL ...</b>	<b>32,330</b>	<b>21,269</b>
OCCIDENTE	7,839	6,885
ORIENTE	6,604	5,704
PARACENTRAL	2,114	1,861
<b>TOTAL UES...</b>	<b>48,887</b>	<b>35,719</b>

NOTA: Fuente de Información Administraciones Académicas de cada facultad.



### ANEXO N° 3

## POBLACIÓN ESTUDIANTIL EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR PARA EL AÑO 2012.

Tabla N°34 Población de estudiantes para el año en la Universidad de El Salvador, según Información Administración Académica – UES, brindada por COTUES.

Facultades	Cantidad		
	M	F	Total
Facultad de Ciencias Agronómicas	519	501	1,020
Facultad de Ciencias Económicas	3,601	4,810	8,411
Facultad de Ciencias y Humanidades	2,840	4,915	7,755
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática	633	607	1,240
Facultad de Ingeniería y Arquitectura	4,130	1,549	5,679
Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	1,595	2,499	4,094
Facultad de Medicina	1,893	3,713	5,606
Facultad de Odontología	200	390	590
Facultad de Química y Farmacia	279	551	830
<b>TOTAL</b>	<b>15,690</b>	<b>19,535</b>	<b>35,225</b>

## ANEXO N° 4

### PERSONAL QUE LABORA EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Tabla N° 35 Personal que labora en la Universidad de El Salvador, según datos de Recolección Estadística Institucional 2010. COTUES.

Personal Administrativo:	
– Personal de Oficina	442
– Otros	333
Personal de Biblioteca	30
Personal Docente por Nivel:	
– Posgrado	549
– Grado	1,149
– Técnico	14
<b>TOTAL</b>	<b>1,712</b>

## ANEXO N° 5

### MODELO DE ETIQUETA PARA LA DETERMINACIÓN DE POLVO ATMOSFERICO SEDIMENTABLE MÉTODO DE BERGERHOFF

TRABAJO DE GRADUACION PARA OPTAR AL  
GRADO DE LICENCIATURA EN QUIMICA Y  
FARMACIA

**Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable**

**Método de Bergerhoff**

Punto de recolección: \_\_\_\_\_

Código de la muestra: \_\_\_\_\_

Fechas de toma de muestra:

Inicio: \_\_\_\_\_ Finalización: \_\_\_\_\_

**Analistas:** Aida Maricela Corleto Escobar  
Dania Marcela Cortez Aquino

**Docentes Directoras:**

Msc. Cecilia Gallardo de Velásquez  
Licda. María Elsa Romero de Zelaya

Figura N° 10. Modelo de Etiqueta a usar para la determinación de PAS, mediante método de Bergerhoff.

## ANEXO N° 6

### DISPOSITIVO UTILIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE, CON EL MÉTODO DE BERGERHOFF EN ÉPOCA SECA



Figura N° 11 Dispositivo para el Muestreo de PAS, en época seca Método de Bergerhoff

## ANEXO N° 7

### RESTRICCIÓN DEL DIÁMETRO SUPERIOR AL FRASCO RECOLECTOR DE MUESTRA PARA ÉPOCA LLUVIOSA, MÉTODO DE BERGERHOFF <sup>(18)</sup>

Al frasco recolector de la muestra (depósito plástico de 4L de capacidad) se le restringió el diámetro superior a 6.033cm. (Figura N° 11)

La restricción del diámetro superior del frasco de recolección se realiza de la siguiente manera:

1. Se adquiere en el comercio un cilindro de polietileno, se corta para dejar un cilindro abierto por ambos extremos, de aproximadamente 10 a 15 cm de altura.
2. Se recorta en la parte central de la tapa de uno de los frascos un círculo de diámetro igual al diámetro exterior del cilindro recortado.
3. Se une herméticamente el cilindro recortado a la tapa del frasco recolector, teniendo cuidado que este quede en posición perpendicular.
4. Se coloca esta tapa sobre el frasco de recolección y se instala.



Figura N°12. Frasco recolector de muestras con restricción de diámetro superior.

## ANEXO N° 8

### MATERIAL Y EQUIPO PARA LA DETERMINACIÓN DE POLVO ATMOSFERICO SEDIMENTABLE, UTILIZANDO EL MÉTODO DE BERGERHOFF <sup>(18)</sup>

*Material y equipo de laboratorio:*

- Frascos plásticos de 4L de capacidad con tapadera
- Tamiz malla #20
- Embudo de vidrio
- Soporte con anillo de 8cm de diámetro
- Frasco lavador
- Varilla de vidrio con capuchón de goma
- Beaker de 800mL
- Beaker de 150 mL
- Baño maría
- Cápsulas de porcelana
- Estufa
- Desecador
- Balanza analítica

**ANEXO Nº 9**  
**FOTOGRAFÍAS DE LA CUANTIFICACIÓN DE POLVO ATMOSFÉRICO**  
**SEDIMENTABLE MEDIANTE EL MÉTODO DE BERGERHOFF**



Figura N° 13 Colocación de los Recipientes Colectores en algunos de los sitios de muestreo



Figura N° 14 Preparación de las cápsulas de porcelana para la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS)

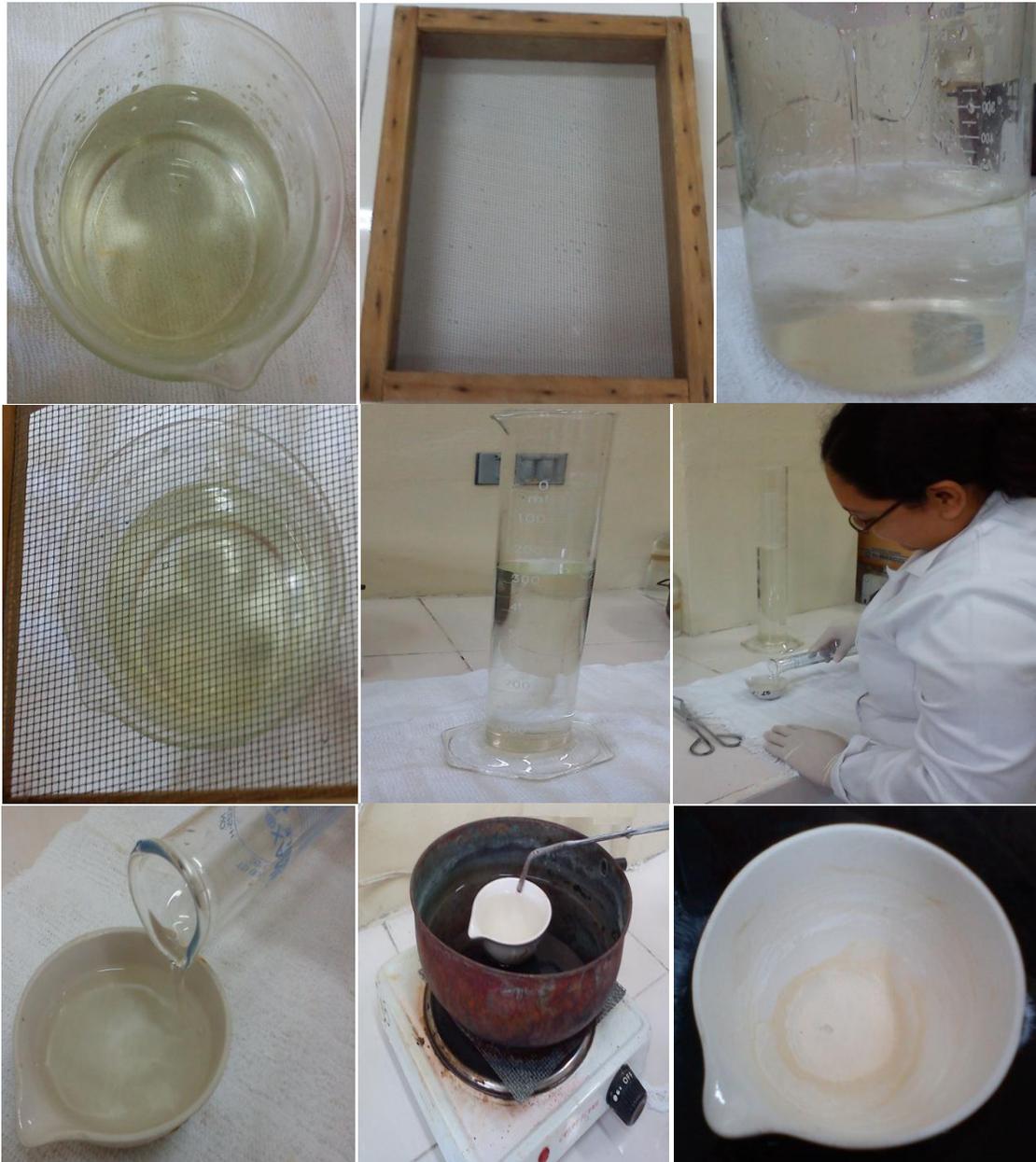


Figura N° 15 Análisis de la muestra de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) por el método de Bergerhoff.



Figura N° 16 Cuantificación en la muestra de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) por el método de Bergerhoff.

## ANEXO Nº 10

### CODIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE MUESTREO PARA EL MÉTODO DE BERGERHOFF

FACULTADES	CÓDIGO MAYO	CÓDIGO JUNIO	CÓDIGO JULIO	CÓDIGO AGOSTO
Agronomía y Química y Farmacia	B-MFAQF	B-JFAQF	B-JuFAQF	B-AFAQF
Odontología	B-MFO	B-JFO	B-JuFO	B-AFO
Jurisprudencia	B-MFJ	B-JFJ	B-JuFJ	B-AFJ
Ingeniería Poniente (Polideportivo)	B-MFIP	B-JFIP	B-JuFIP	B-AFIP
Ingeniería Oriente (Tanqueta)	B-MFIO	B-JFIO	B-JuFIO	B-AFIO

Tabla Nº 36 Tabla de codificación de los dispositivos de muestreo para el método de Bergerhoff

**NOTA:** Se coloca al final de cada código -1 y -2 para indicar el número de muestra correspondiente

**ANEXO Nº 11**  
**EJEMPLO DEL CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN DE POLVO**  
**ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE (PAS), MÉTODO DE BERGERHOFF**

**Ejemplo de cálculo para Polvo Atmosférico Sedimentable en Época Seca.**

$$\text{PAS} = \frac{\text{Peso neto de material recogido (mg)} \times 30}{\text{Superficie útil de la boca del frasco (cm}^2\text{)} \times \text{días de recolección}}$$

Diámetro del frasco = 17.8 cm

Radio (r) = diámetro/2 = (17.8cm/2) = 8.9 cm

Días de recolección = 30 días

Superficie útil de la boca del frasco = Área =  $\pi r^2$

Superficie útil de la boca del frasco =  $\pi (8.9 \text{ cm})^2$

Superficie útil de la boca del frasco =  $3.1416 (8.9 \text{ cm})^2$

Superficie útil de la boca del frasco = 248.845 cm<sup>2</sup>

Los mg obtenidos en la diferencia de pesos de las cápsulas corresponden a una alícuota de 50 mL que es la cantidad de muestra analizada, por lo cual para determinar la concentración de PAS en el volumen total de agua se realiza la siguiente relación:

Ejemplo Facultad de Odontología, muestra 1, mes de Mayo (Ver Tabla N° 2 y 3)

63.0 mg PAS ----- 50 mL (alícuota tomada)

X -----530 mL (volumen total de la muestra)

X = 667.8 mg Polvo Atmosférico Sedimentable

$$\text{PAS} = \frac{667.8 \text{ mg} \times 30}{(248.845 \text{ cm}^2) (30 \text{ días})} = 2.6836 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$$

**Ejemplo de cálculo para Polvo Atmosférico Sedimentable en Época Lluviosa**

$$PAS = \frac{\text{Peso neto de material recogido (mg)} \times 30}{\text{Superficie útil de la boca del frasco (cm}^2\text{)} \times \text{días de recolección}}$$

Diámetro de tubo PVC de 2 pulgadas = 6.2 cm

Radio (r) = diámetro/2 = (6.2cm/2) = 3.1 cm

Días de recolección = 31 días

Superficie útil de la boca del frasco = Área =  $\pi r^2$

Superficie útil de la boca del frasco =  $\pi (3.1\text{cm})^2$

Superficie útil de la boca del frasco = 3.1416 (3.1cm)<sup>2</sup>

Superficie útil de la boca del frasco = 30.19 cm<sup>2</sup>

Los mg obtenidos en la diferencia de pesos de las cápsulas corresponden a una alícuota de 50 mL que es la cantidad de muestra analizada, por lo cual para determinar la concentración de PAS en el volumen total de agua recolectada se realiza la siguiente relación:

Ejemplo Facultad de Jurisprudencia, muestra 1, mes de Julio. (Ver Tabla N° 8 y 9)

13.6 mg PAS ----- 50 mL (alícuota tomada)

X ----- 2450 mL (volumen total de la muestra)

X = 666.4 mg Polvo Atmosférico Sedimentable

$$PAS = \frac{666.4 \text{ mg} \times 30}{(30.19\text{cm}^2) (30 \text{ días})} = 22.0735 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$$

## ANEXO N° 12

### MODELO DE ETIQUETA PARA LA DETERMINACION DE POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE. MÉTODO DE PLACAS RECEPTORAS.

TRABAJO DE GRADUACION PARA OPTAR AL GRADO  
DE LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA

**Determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable.  
Método de Placas**

Punto de recolección: \_\_\_\_\_

Código de la muestra: \_\_\_\_\_

Fechas de toma de muestra: Inicio: \_\_\_\_\_  
Finalización: \_\_\_\_\_

**Analistas:** Aida Maricela Corleto Escobar  
Dania Marcela Cortez Aquino

**Docentes Directoras:**  
Msc. Cecilia Gallardo de Velásquez  
Licda. María Elsa Romero de Zelava

Figura N° 17. Modelo de Etiqueta usado para la determinación de PAS, mediante método de Placas Receptoras

### ANEXO N° 13

#### DISPOSITIVO UTILIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE, CON EL MÉTODO DE PLACAS RECEPTORAS



Figura N° 18 Modelo de Placa de Petri utilizada



Figura N° 19 Modelo de Placa de Petri con adherente (Vaselina)

## ANEXO N° 14

### SOPORTE UTILIZADO PARA COLOCAR LAS PLACAS RECEPTORAS



A



B

Figura N° 20 Modelo de Soporte elaborado con Madera para Placas Receptoras (A y B)

## ANEXO N° 15

### INFORMACION DEL ADHERENTE, VASELINA SOLIDA

<b>Sinónimos:</b>	Parafina, Vaselina Solida, Cera de parafina, Cera del petróleo, Petrolato blanco.
<b>Formula Química:</b>	$C_nH_{2n+2}$
<b>Descripción:</b>	Sólido blanquecino, masa incolora o blanca más o menos translúcida, con estructura cristalina, ligeramente grasosa al tacto; prácticamente inodora.
<b>Solubilidad:</b>	Insoluble en agua, etanol; poco soluble en alcohol absoluto; completamente soluble en cloroformo, benceno, disulfuro de carbono, éter, aceites volátiles, grasas, la mayoría de aceites fijos calientes.
<b>Propiedades físicas:</b>	Punto de congelación 47 – 65 °C Peso específico 0.815 – 0.880 Punto de fusión 45 – 65°C Punto de ebullición 343°C
<b>Incompatibilidades:</b>	Con agentes oxidantes fuertes.

## **ANEXO N° 16**

### **MATERIAL Y EQUIPO PARA LA DETERMINACIÓN DE POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE, UTILIZANDO EL MÉTODO DE PLACAS RECEPTORAS**

#### *Material y equipo de laboratorio*

- Placas de Petri plásticas 8.524 cm de diámetro
- Vaselina Sólida
- Espátula Plástica
- Baño María
- Beaker de 600mL
- Cocina Eléctrica
- Termómetro
- Agitador de vidrio
- Balanza Analítica

**ANEXO Nº 17**  
**FOTOGRAFÍAS DE LA CUANTIFICACIÓN DE POLVO ATMOSFÉRICO**  
**SEDIMENTABLE (PAS) MEDIANTE EL MÉTODO DE PLACAS**  
**RECEPTORAS**



Figura N° 21 Preparación de las Placas Receptoras



Figura N° 22 Colocación de las Placas Receptoras en algunos de los sitios de muestreo



Figura N° 23 Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS), mediante el Método de Placas Receptoras

## ANEXO Nº 18

### CODIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE MUESTREO PARA EL MÉTODO DE PLACAS RECEPTORAS

FACULTADES	CÓDIGO MAYO	CÓDIGO JUNIO	CÓDIGO JULIO	CÓDIGO AGOSTO
Agronomía y Química y Farmacia	P-MFAQF	P-JFAQF	P- JuFO	P-AFAQF
Odontología	P- MFO	P- JFO	P-JuFJ	P- AFO
Jurisprudencia	P-MFJ	P-JFJ	P-JuFIP	P-AFJ
Ingeniería Poniente (Polideportivo)	P-MFIP	P-JFIP	P-JuFIO	P-AFIP
Ingeniería Oriente (Tanqueta)	P-MFIO	P-JFIO	P- JuFO	P-AFIO

Tabla Nº 37 Tabla de codificación de los dispositivos de muestreo para el método de Placas Receptoras

**NOTA:** Se coloca al final de cada código -1 y -2 para indicar el número de muestra correspondiente.

**ANEXO Nº 19**  
**EJEMPLO DEL CÁLCULO PARA DETERMINACIÓN DE POLVO**  
**ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE (PAS), MÉTODO DE PLACAS**  
**RECEPTORAS**

***Ejemplo de cálculo para Polvo Atmosférico Sedimentable, Método de Placas Receptoras***

$$W \text{ inicial} = W \text{ placa} + W \text{ vaselina}$$

$$W \text{ final} = W \text{ placa} + W \text{ vaselina} + WPAS$$

Para obtener el peso del PAS, se realizará el siguiente cálculo:

$$W \text{ final} - W \text{ inicial} = \Delta W = WPAS$$

Luego, se encuentra la concentración de PAS, mediante la ecuación:

$$C = \frac{\Delta W \times 30}{\text{Área de la placa} \times \text{Días de exposición}}$$

W = Peso en miligramos (mg)

$\Delta W$  = Diferencia de pesos en miligramos (mg)

WPAS = Peso del Polvo Atmosférico Sedimentable

C = Concentración de PAS (mg/cm<sup>2</sup>/30días)

Días de recolección = 30 días

Diámetro de la placa = 8.524 cm

Radio (r) = diámetro/2 = (8.524cm/2) = 4.262 cm

$$\text{Área de la placa} = \pi r^2$$

$$\text{Área de la placa} = \pi (4.262 \text{ cm})^2$$

$$\text{Área de la placa} = 3.1416 (4.262 \text{ cm})^2$$

$$\text{Área de la placa} = 57.065 \text{ cm}^2$$

Ejemplo del cálculo de la concentración de PAS en la Facultad de Agronomía y Química y Farmacia, muestra 1, mes de Mayo. (Ver Tabla N° 14)

$$W \text{ inicial} = 36.9630$$

$$W \text{ final} = 36.9886$$

$$\begin{aligned} \Delta W &= W \text{ inicial} - W \text{ final} = (36.9886 - 36.9630) \text{ g} \\ &= 0.0256 \text{ g} * 1000 \\ &= 25.6 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$C = \frac{\Delta W \times 30}{\text{Área de la placa} \times \text{Días de exposición}} = \text{mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$$

$$C = \frac{25.6 \text{ mg} \times 30}{57.065 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ días}} = 0.4486 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$$

## ANEXO Nº 20

### PARÁMETROS METEOROLÓGICOS DE LOS MESES DE MAYO A AGOSTO OBTENIDOS DE LA ESTACIÓN TELEMÉTRICA DEL SNET UBICADA EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Tabla Nº 38. Promedio mensuales de parámetros meteorológicos obtenidos de la estación telemétrica del SNET, ubicada en la Universidad de El Salvador, 2012

Parámetros	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	Unidades
	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	
Precipitación Acumulada	4380.88287	4692.28209	5084.03341	5547.018	mm
Precipitación Instantánea	10.959366	21.2189836	17.0926036	21.2743938	mm
Temperatura del aire	25.1559078	26.0786248	26.0689119	25.9826382	°C
Dirección del Viento	167.159857	177.450444	143.219884	165.473988	Grados
Velocidad del Viento	0.65168943	0.60178439	0.42478006	0.66637681	Nudos
Humedad Relativa	84.5959022	84.0151673	79.8466276	81.8436715	%
Radiación Solar	4467.2	4692.53333	5102.05833	5536.41739	Wh/m <sup>2</sup>

**ANEXO N° 21**

**CÁLCULOS DEL ANALISIS ESTADISTICO, PRUEBA t –STUDENT Y  
CONTRASTE F PARA LA COMPARACION DE DOS VARIANZAS, EN  
EPOCA SECA.**

## CÁLCULO ESTADÍSTICO PARA ÉPOCA SECA

Tabla N° 39. Promedio de Resultados en Época Seca de la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos.

FACULTADES	MES	METODO DE PLACAS RECEPTORAS	METODO DE BERGERHOFF
		$X_1$	$X_2$
Agronomía y Química y Farmacia (FAQF)	Mayo	0.4258	3.9283
	Junio	0.5389	3.0142
Odontología (FO)	Mayo	0.3172	2.5686
	Junio	0.4959	1.2022
Jurisprudencia (FJ)	Mayo	0.3995	2.4594
	Junio	0.2970	1.1614
Ingeniería Poniente (Polideportivo) (FIP)	Mayo	0.8280	3.4526
	Junio	0.7307	0.6616
Ingeniería Oriente (Tanqueta) (FIO)	Mayo	0.5310	3.4128
	Junio	0.6011	4.6149
	$\Sigma X$	5.1651	26.4760
	n	10	10
	$\bar{X}$	0.5165	2.6476
	$S^2$	0.0290	1.6847

### ***Prueba t – Student para comparación de dos medias experimentales***

1. Sumar las concentraciones obtenidos por el método 1 ( $\Sigma X_1$ ) y por el método 2 ( $\Sigma X_2$ )
2. Calcular la media aritmética de cada grupo de datos:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x_1}{n} = \frac{5.1651}{10} = 0.5165 \qquad \bar{x} = \frac{\Sigma x_2}{n} = \frac{26.4760}{10} = 2.6476$$

3. Determinación de la Varianza en cada grupo de datos:

$$S_1^2 = \frac{\sum(Xi - \bar{X})^2}{n - 1} = \frac{(0.4258 - 0.5165)^2 + \dots \dots \dots (0.6011 - 0.5165)^2}{10 - 9}$$

$$S_1^2 = 0.0290 \qquad S_2^2 = 1.6847$$

4. Obtener el valor de  $t_{exp}$  y los grados de libertad

$$t_{exp} = \frac{(\bar{X}_1 + \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$t_{exp} = \frac{(0.5165 + 2.6476)}{\sqrt{\frac{0.0290}{10} + \frac{1.6847}{10}}} = \frac{3.1641}{\sqrt{0.0029 + 0.1684}}$$

$$t_{exp} = \frac{3.1641}{\sqrt{0.1713}} = \frac{3.1641}{0.4138}$$

$$t_{exp} = 7.6464$$

Grados de libertad corregidos:

$$GL = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\left(\frac{S_1^4}{n_1^2(n_1 - 1)} + \frac{S_2^4}{n_2^2(n_2 - 1)}\right)}$$

$$GL = \frac{\left(\frac{0.0290}{10} + \frac{1.6847}{10}\right)^2}{\left(\frac{0.0290^2}{10^2(10-1)} + \frac{1.6847^2}{10^2(10-1)}\right)} = \frac{(0.0029+0.1684)^2}{\left(\frac{0.0008}{100(9)} + \frac{2.8382}{100(9)}\right)}$$

$$GL = \frac{(0.1713)^2}{\left(\frac{0.0008}{900} + \frac{2.8382}{900}\right)} = \frac{0.0293}{(0.00315)}$$

$$GL = 9.3015 \approx 9$$

5. Buscar el valor de  $t$  en la tabla de valores críticos de  $t$ , al nivel de significancia de 0.05 y con los grados de libertad calculados. ( Ver Tabla N° 41)

$$t_{\text{tabla al } 95\%} = 2.26$$

6. El valor de  $t_{\text{exp}}$  obtenido debe compararse con el valor de tabla. La regla de decisión es:

Ho:  $t_{\text{exp}} < t_{\text{tab}}$  = No hay diferencia significativa en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable mediante la utilización de los dos métodos.

7. Resultado:

$t_{\text{exp}} = 7.64 > t_{\text{tabla al } 95\%} = 2.26$  = Hay diferencia significativa en la cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable mediante la utilización de los dos métodos al 95% de confianza.

### Contrate F para la comparación de dos varianzas

Prueba de una cola para determinar si el método de Placas es más preciso que el método de Bergerhoff en la cuantificación de PAS, época seca.

$$F_{exp} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Donde 1 y 2 se disponen en la ecuación de modo que F sea siempre  $\geq 1$ .

Varianzas de los dos métodos en época seca:

$$S_1^2 = 0.0290$$

$$S_2^2 = 1.6847$$

$$F_{exp} = \frac{1.6847}{0.0290}$$

$$F_{exp} = 58.0931$$

Grados de libertad:

$$\text{Numerador: } (n_1 - 1) = (10-1) = 9$$

$$\text{Denominador: } (n_2 - 1) = (10-1) = 9$$

F de tabla al 95% de confianza: (Ver Tabla N° 42)

$$F_{\text{tabla al 95\%}} = 3.179$$

Criterio de F de tabla al 95% de confianza para contraste de una cola:

$F_{exp} < F_{\text{tabla al 95\%}}$  = No existe diferencia de precisión entre ambos métodos.

Resultado:

$F_{\text{exp}} = 58.09 > F_{\text{tabla al } 95\%} = 3.179$  =Existe una diferencia de precisión entre ambos métodos, siendo más preciso el de referencia método de Bergerhoff

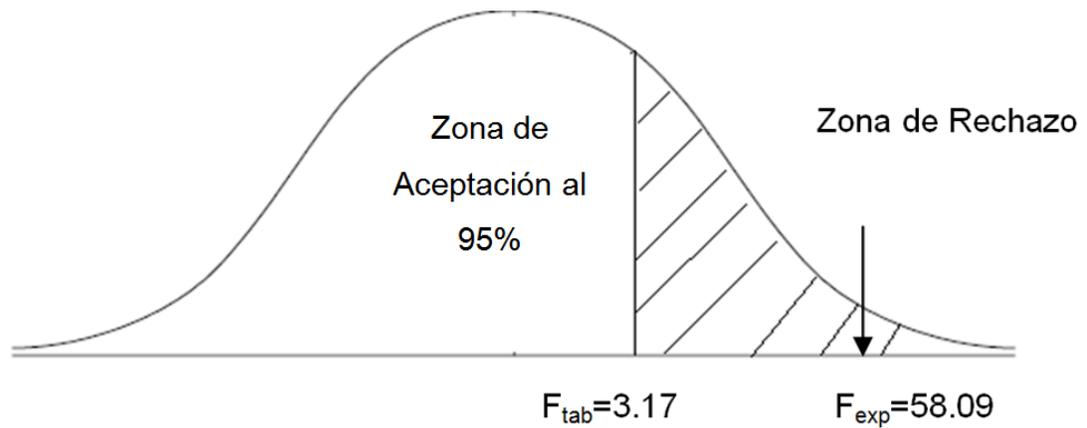


Figura N° 24. Prueba de una cola para determinar la precisión de los dos métodos.

**ANEXO N° 22**

**CÁLCULOS DEL ANALISIS ESTADISTICO, PRUEBA t –STUDENT Y  
CONTRASTE F PARA LA COMPARACION DE DOS VARIANZAS, EN  
EPOCA LLUVIOSA.**

## CÁLCULOS ESTADÍSTICOS PARA ÉPOCA LLUVIOSA

Tabla N° 40. Promedio de resultados en época lluviosa de la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable por los dos Métodos.

<i>FACULTADES</i>	<i>MES</i>	<i>METODO DE PLACAS RECEPTORAS</i> $\bar{X}_1$	<i>METODO DE BERGERHOFF</i> $\bar{X}_2$
Agronomía y Química y Farmacia (FAQF)	Julio	0.0013	11.4607
	Agosto	0.0008	17.6549
Odontología (FO)	Julio	0.0006	9.3243
	Agosto	0.0006	15.1560
Jurisprudencia (FJ)	Julio	0.0012	17.5846
	Agosto	0.0011	22.0735
Ingeniería Poniente (Polideportivo) (FIP)	Julio	0.0008	8.9036
	Agosto	0.0011	21.3233
Ingeniería Oriente (Tanqueta) (FIO)	Julio	0.0009	14.1663
	Agosto	0.0003	26.1048
	$\sum \bar{X}$	0.0087	163.7520
	<b>n</b>	10	10
	$\bar{X}$	0.0009	16.3752
	<b>S</b>	0.000313	5.6841
	<b>S<sup>2</sup></b>	$9.789 \times 10^{-8}$	32.3086

### t – Student para comparación de dos medias experimentales

Se determina igual que en época seca, la media aritmética, varianza de los métodos y grados de libertad

$$t_{\text{exp}} = \frac{(\bar{X}_1 + \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$t_{\text{exp}} = \frac{(0.0009 + 16.3752)}{\sqrt{\frac{9.789 \times 10^{-8}}{10} + \frac{32.3086}{10}}} = \frac{16.3761}{\sqrt{9.789 \times 10^{-9} + 3.23086}}$$

$$t_{\text{exp}} = \frac{16.3761}{\sqrt{3.2308}} = \frac{16.3761}{1.7974}$$

$$t_{\text{exp}} = 9.1109$$

t de tabla al 95% de confianza: (Ver Tabla N° 41)

$$t_{\text{tabla al 95\%}} = 2.26$$

*Resultado:*

$t_{\text{exp}} = 9.11 > t_{\text{tabla al 95\%}} = 2.26 =$  Hay diferencia significativa en la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable mediante la utilización de los dos métodos.

### **Contrate F para la comparación de dos varianzas**

Prueba de de una cola para determinar si el método de Placas es más preciso que el método de Bergerhoff en la cuantificación de PAS, época lluviosa.

$$F_{\text{exp}} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

$$S_1^2 = 9.789 \times 10^{-8}$$

$$S_2^2 = 32.086$$

$$F_{\text{exp}} = \frac{32.086}{9.789 \times 10^{-8}} = 330050056.2$$

Grados de libertad:

$$\text{Numerador: } (n_1 - 1) = (10-1) = 9$$

$$\text{Denominador: } (n_2 - 1) = (10-1) = 9$$

F de tabla al 95% de confianza: (Ver Tabla N° 42)

$$F_{\text{tabla al 95\%}} = 3.179$$

Criterio de F de tabla al 95% de confianza para contraste de una cola:

$$F_{\text{exp}} < F_{\text{tabla al 95\%}} = \text{No existe diferencia de precisión entre ambos métodos.}$$

Resultado:

$$F_{\text{exp}} = 330.05 \times 10^6 > F_{\text{tabla al 95\%}} = 3.179 = \text{Existe una diferencia de precisión entre ambos métodos, siendo más preciso el de referencia método de Bergerhoff}$$

**ANEXO N° 23**

**TABLA DE DISTRIBUCION T-STUDENT**

Tabla N° 41. Distribución t- Student para un intervalo de confianza del 95% y con 9 grados de libertad.

$\alpha$ \ gl	90%	95%	98%	99%
	0.10	0.05	0.02	0.01
1	6.31	12.71	31.82	63.66
2	2.92	4.30	6.96	9.92
3	2.35	3.18	4.54	5.84
4	2.13	2.78	3.75	4.60
5	2.02	2.57	3.36	4.03
6	1.94	2.45	3.14	3.71
7	1.89	2.36	3.00	3.50
8	1.86	2.31	2.90	3.36
<b>9</b>	1.83	<b>2.26</b>	2.82	3.25
10	1.81	2.23	2.76	3.17
12	1.78	2.18	2.68	3.05
14	1.76	2.14	2.62	2.98
16	1.75	2.12	2.58	2.92
18	1.73	2.10	2.55	2.88
20	1.72	2.09	2.53	2.85
30	1.70	2.04	2.46	2.75
50	1.68	2.01	2.40	2.68
$\infty$	1.64	1.96	2.33	2.58

**ANEXO N° 24**

**TABLA DE LA DISTRIBUCION F PARA CONTRASTE DE UNA COLA AL  
95% DE CONFIANZA**

Tabla N° 42. Valores críticos de la distribución F al 95% de confianza para 9 grados de libertad del numerador y 9 grados de libertad denominador.

$v_2$	$v_1$												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45
3	10.13	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.786	8.745	8.703	8.660
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.912	5.858	5.803
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.678	4.619	4.558
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.000	3.938	3.874
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.575	3.511	3.445
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.687	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.284	3.218	3.150
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.073	3.006	2.936
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.913	2.845	2.774
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.788	2.719	2.646
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.687	2.617	2.544
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.604	2.533	2.459
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.534	2.463	2.388
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.475	2.403	2.328
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.425	2.352	2.276
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.381	2.308	2.230
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	2.342	2.269	2.191
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	2.308	2.234	2.155
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.278	2.203	2.124

$v_1$  = número de grados de libertad del numerador y  $v_2$  = número de grados de libertad del denominador.