

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



**DETERMINACION DE LA CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE,
OCASIONADA POR POLVO SEDIMENTABLE, INDICE DE CORROSIVIDAD
Y LLUVIA ACIDA EN CINCO FACULTADES DE LA CIUDAD
UNIVERSITARIA.**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR

BRENDA BETSABE AYALA ALFARO

DILMA ESMERALDA OCHOA AYALA

PARA OPTAR AL GRADO DE

LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA

AGOSTO, 2011

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ

SECRETARIO GENERAL

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIA

MSc. MORENA LIZETTE MARTINEZ DE DIAZ

COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL

Lic. María Concepción Odette Rauda Acevedo

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

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez

ASESORA DE AREA DE ANALISIS DE ALIMENTOS: FISICOQUIMICO

Ing. Rina Lavinia Hidalgo de Medrano

DOCENTES DIRECTORAS

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

Lic. María Elsa Romero de Zelaya

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que laboran en la facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador que de alguna u otra manera nos brindaron su ayuda.

A nuestras asesoras MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez y Lic. María Elsa Romero de Zelaya por proporcionarnos su tiempo y ayuda, por su paciencia, que sirvió de guía para la realización de este trabajo.

A las autoridades y personal que labora en las cinco facultades en las cuales se llevó a cabo esta investigación por su tiempo y colaboración brindada para llevar a cabo los muestreos de este trabajo.

A todos nuestros familiares y amigos por brindarnos su apoyo y ánimo para seguir adelante.

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO: Por iluminarme y guiarme siempre al estar conmigo en todo momento en el camino durante toda la vida y permitirme seguir adelante dándome las fuerzas necesarias para culminar mis estudios y lograr mis metas.

A MIS PADRES: Mariano Roberto Alfaro Menchú y Transito Ayala Flores, por haberme dado una buena educación, comprensión, paciencia, apoyo en todo momento que lo necesito y sobre todo darme ánimos para seguir adelante.

A NUESTRAS ASESORAS: MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez y Lic. María Elsa Romero de Zelaya por proporcionarnos su tiempo y ayuda, por su paciencia, que sirvió de guía para la realización de este trabajo.

A MI ABUELA: María Florencia Menchú por compartir muchos momentos de mi vida conmigo, por su apoyo incondicional durante mis años de estudio.

MIS HERMANAS: Por haber compartido tantos momentos importantes en mi vida y por contar siempre con su apoyo.

A TODA MI FAMILIA Y AMIGOS: Gracias a todos por apoyarme y estar siempre a mi lado aquellos que de una manera u otra siempre que los necesito puedo contar con su apoyo y me han dado ánimo para lograr mi meta en todo momento y por brindarme siempre su amistad sincera.

Brenda Betsabé Ayala Alfaro.

DEDICATORIA

Primeramente a Dios Todopoderoso que me permitió superar todos los obstáculos a lo largo de mi carrera, fuente de inspiración en mis momentos de angustias, esmero, dedicación, aciertos y reveses, alegrías y tristezas, sin su apoyo no hubiese sido posible.

A mis padres Dilma Ayala Vásquez y José David Ochoa, a mis hermanos Wendy y David, por brindarme su amor, apoyo y comprensión, por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante y alcanzar esta anhelada meta. Dios los bendiga, les de salud y vida para poder retribuirles un poco de lo que me han dado. Los amo, para ustedes este logro y los que me faltan por alcanzar. Gracias por confiar en mí, el superarme hoy es el resultado de tener excelentes padres.

A mis abuelitos Virginia, Teresa y Aristides por ser unas personas maravillosas, por todo su amor, sus consejos, que me dieron fuerza espiritual para culminar esta meta.

A mis asesoras Licda. María Elsa Romero de Zelaya y MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez por brindarme su orientación y ayuda para poder llevar a cabo este trabajo y por estar siempre disponibles, Dios las bendiga.

A mis familiares y amigas por ofrecerme siempre esa mano amiga en momentos difíciles de mi vida, a ustedes gracias, Dios las bendiga.

Dilma Esmeralda Ochoa Ayala

INDICE

Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xv
Capítulo II	
2.0 Objetivos	18
Capítulo III	
3.0 Marco Teórico	20
3.1 Generalidades sobre contaminación ambiental	20
3.2 Polvo o partícula sedimentable	23
3.2.1 Fundamento de Polvo Sedimentable	23
3.2.2 Normativa para polvo sedimentable	24
3.2.3 Definición y generalidades de partícula	24
3.2.4 Clasificación de las partículas y su efecto en la salud humana	25
3.2.5 Efecto de las partículas en el medio ambiente y riesgos a la salud	27
3.2.5.1 Impacto en el ambiente de diversas formas	27
3.2.5.2 Riesgos a la salud	28
3.2.6 Medidas preventivas	28
3.3 Índice de Corrosividad	29
3.3.1 Fundamento	29
3.3.2 Normativa para índice de corrosividad	29
3.3.3 Definición y generalidades	29
3.3.4 Velocidad de corrosión	30
3.3.5 Oxidación y generalidades	31

3.3.6	Influencia de la composición del agua en los procesos de corrosión	32
3.4	Lluvia ácida	34
3.4.1	Definición y generalidades	34
3.4.2	Formación de la lluvia ácida	36
3.4.3	Normativa para Nitratos	38
3.4.4	Normativa para Sulfatos	38
3.4.5	Efectos de la lluvia ácida	38
3.4.6	Toxicidad del óxido de azufre	39
3.4.7	Toxicidad del óxido de nitrógeno	40
3.4.8	Medidas de reducción de los componentes de la lluvia ácida	40
Capítulo IV		
4.0	Diseño Metodológico	44
4.1	Tipo de estudio	44
4.2	Investigación bibliográfica	44
4.3	Investigación de Campo	44
4.3.1	Universo	45
4.3.2	Muestra	45
4.3.3	Muestreo	45
4.4	Parte experimental	47
4.4.1	Procedimiento para el muestreo	47
4.4.2	Identificación de las muestras	47
4.4.3	Determinación de Polvo Sedimentable. Método Gravimétrico	47
4.4.3.1	Preparación del frasco recolector de muestras	47
4.4.3.2	Toma de Muestras	47
4.4.3.3	Análisis	48
4.4.3.4	Cálculo para Polvo Sedimentable	49
4.4.4	Determinación del índice de corrosividad. Método Gravimétrico	49
4.4.4.1	Preparación previa de las monedas	49

4.4.4.2 Toma de muestras	50
4.4.4.3 Análisis	51
4.4.4.4 Cálculo para índice de corrosividad	51
4.4.5 Determinación de Lluvia Ácida. Método Potenciométrico	52
4.4.5.1 Procedimiento	52
4.4.6 Determinación de Nitrato	53
4.4.6.1 Procedimiento	53
4.4.6.2 Cálculo para Nitratos	53
4.4.7 Determinación de Sulfatos. Método Turbidimétrico	53
4.4.7.1 Procedimiento	53
4.4.7.2 Cálculo para Sulfatos	54
 Capítulo V	
5.0 Resultados y Discusión de Resultados	56
5.1 Resultados obtenidos de polvo sedimentable	56
5.2 Resultados obtenidos de índice de corrosividad	63
5.3 Resultados obtenidos en la determinación de lluvia ácida, método potenciométrico	70
5. 4 Resultados obtenidos en la determinación de nitratos en agua lluvia	76
5.5 Resultados obtenidos en la determinación de sulfatos en agua lluvia	83
 Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	91
 Capítulo VII	
7.0 Recomendaciones	94
Bibliografía	96
Glosario	102
Anexos	104

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

1. Escala de pH de la lluvia.
2. Ciclo del azufre.
3. Ciclo del nitrógeno.
4. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo, Universidad de El Salvador.
5. Modelo de la etiqueta para el muestreo de polvo sedimentable y lluvia ácida y tablas de codificación de muestras.
6. Modelo de la etiqueta para muestreo de índice de corrosividad y tabla de codificación de muestras.
7. Preparación del Frasco Recolector de Muestras.
8. Material y equipo para la Determinación de Polvo Sedimentable.
9. Reactivos, material y equipo para la Determinación del índice de corrosividad.
10. Monedas de acero normalizadas utilizadas para muestreo de índice de corrosividad.
11. Reactivos, material y equipo para la Determinación de Lluvia Ácida: Método Potenciométrico.
12. Preparación de estándares, reactivos, material y equipo para la Determinación de Nitratos.
13. Preparación de estándares, reactivos, material y equipo para la Determinación de Sulfatos.
14. Preparación de estándares para determinación de sulfatos.
15. Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de Polvo Sedimentable (PS).

16. Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de índice de Corrosividad (IC).
17. Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de Nitratos.
18. Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de Sulfatos.
19. Ejemplo de dispositivo colocado en el sitio de muestreo.
20. Deducción de fórmula para cálculo de índice de corrosividad
21. Ley de Medio Ambiente.
22. Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental.
23. Reglamento General de Tránsito y Seguridad Vial.
24. Información sobre enfermedades respiratorias proporcionada en Bienestar Universitario.
25. Población estudiantil en la Universidad de El Salvador en los ciclos I y II del año 2009.
26. Informe de resultados obtenidos en la determinación de la contaminación del medio ambiente, ocasionada por polvo sedimentable, índice de corrosividad y lluvia ácida en cinco facultades de la Ciudad Universitaria.

RESUMEN

La presente investigación consistió en determinar la contaminación del medio ambiente en cinco facultades de la Ciudad Universitaria: Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Odontología, Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, Facultad de Ciencias y Humanidades (departamento de Filosofía y departamento de Psicología y Educación) y la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, campus central; para ello se cuantificó el polvo sedimentable, índice de corrosividad y lluvia ácida (pH, nitratos y sulfatos), en el período de Agosto de 2010 a Noviembre de 2010.

Los sitios de muestreo se seleccionaron en base a especificaciones para la toma de muestras de contaminantes atmosféricos. Para cuantificar el polvo sedimentable se colocaron frascos plásticos con capacidad para 10 L con diámetro restringido y para índice de corrosividad se colocaron monedas de acero normalizadas en cada uno de los puntos de muestreo, los cuales se dejaron expuestos al ambiente durante un mes; para luego realizar el análisis respectivo por método gravimétrico, durante 4 meses.

Para determinación de lluvia ácida se colocaron frascos plásticos con capacidad para 10 L para recolectar agua lluvia para el análisis mensual, durante 3 meses; se empleó el método potenciométrico; también se determinó la presencia de nitratos y sulfatos por método espectrofotométrico.

Los resultados de polvo sedimentable oscilaron entre (0.06 – 32.48) $\text{mg}/\text{cm}^2 \times 30$ días de los cuales la mayoría sobrepasaron la normativa que es (0.5 $\text{mg}/\text{cm}^2 \times 30$ días). El índice de corrosividad osciló entre (0.03 – 20.01) $\text{mg}/\text{cm}^2 \times 30$ días y debido a que no existe normativa para índice de corrosividad, los valores obtenidos sirven como referencia de dicho contaminante.

Los valores de pH de las muestras de aguas lluvias oscilaron entre (pH 5.14 – 7.95), los cuales no indican presencia de lluvia ácida ya que únicamente pH menores a 5 en agua lluvia se consideran lluvia ácida. Los valores de nitratos oscilaron entre (0.021 – 2.944) mg/L encontrándose valores que sobrepasan los límites permitidos por la normativa para nitratos (0.4 – 2.0) mg/L. Los valores de sulfatos oscilaron en (3.125 – 17.427) mg/L encontrándose valores que sobrepasan el límite máximo permitido por la normativa (2-8) mg/L de sulfatos.

Debido a los resultados obtenidos se recomienda que la Universidad de El Salvador implemente un programa de monitoreo permanente del medio ambiente en la Ciudad Universitaria, donde la unidad competente se encargue de llevar a cabo los análisis de contaminantes atmosféricos.

Capítulo I
Introducción

1.0 INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación se analizan diferentes parámetros de contaminación atmosférica, la contaminación puede ser en forma de gases, líquidos o sólidos; muchos de ellos se liberan como resultado del comportamiento humano, y natural. En los últimos años en la Ciudad Universitaria ha incrementado la población estudiantil y trabajadores que utilizan vehículos y transporte colectivo, en los cuales se desplazan a su área de estudio y trabajo. La remodelación y construcción de edificios, talleres de reparación o mantenimiento y los laboratorios de las diferentes facultades, contribuyen al aumento de la contaminación del ambiente, lo que ocasiona en un determinado momento enfermedades respiratorias que afectan a la población en general, las cuales son: faringoamigdalitis, catarros comunes, faringitis y gripe, según información recopilada en Bienestar Universitario.

Las emanaciones de óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y sulfatos; provenientes de los automotores, la industria y las urbanizaciones, cercanas a la Ciudad Universitaria ocasionan deterioro del medio ambiente. Por lo que en esta investigación se cuantificó el polvo sedimentable, índice de corrosividad y lluvia ácida (pH, nitratos y sulfatos) en cinco facultades de la Ciudad Universitaria, las cuales son: Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Odontología, Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, Facultad de Ciencias y Humanidades (departamento de Filosofía y el departamento de Psicología y Educación) y la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador Central, el cual se realizó en el período de Agosto de 2010 a Noviembre de 2010.

Las partículas sedimentables principalmente provienen de las construcciones dentro y fuera de la Ciudad Universitaria, de la erosión de los suelos, contaminando la infraestructura lo que ocasiona un gasto económico en limpieza y mantenimiento. El tráfico vehicular emana gases contaminantes debido a la combustión de derivados del petróleo, aumentando los niveles de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, material particulado, entre otros.

La corrosión atmosférica es la causa más frecuente de la destrucción de los metales y aleaciones. Uno de los factores que determina primariamente la intensidad del fenómeno corrosivo en la atmósfera es la composición química de la misma. El SO_2 y el NaCl son los agentes corrosivos más comunes de la atmósfera. El NaCl se incorpora a la atmósfera desde el mar. La contaminación atmosférica proviene de industrias, tráfico vehicular y núcleos de población, siendo el contaminante principal por su frecuencia de incidencia sobre el proceso corrosivo el dióxido de azufre (SO_2), proveniente del empleo de combustibles fósiles.

Capítulo II

Objetivos

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Determinar la contaminación del medio ambiente ocasionada por polvo sedimentable, índice de corrosividad y lluvia ácida en cinco facultades de la Ciudad Universitaria.

2.2 Objetivos Específicos:

2.2.1 Seleccionar los sitios de muestreo y colocar los dispositivos de muestreo en cada una de las facultades.

2.2.2 Cuantificar por método gravimétrico la cantidad de polvo sedimentable en el agua recolectada.

2.2.3 Cuantificar el índice de corrosividad en las monedas de acero normalizadas por método gravimétrico.

2.2.4 Medir el nivel de acidez de las muestras de agua lluvia por método potenciométrico, nitratos y sulfatos por método espectrofotométrico.

2.2.5 Comparar cada uno de los resultados de los diferentes contaminantes con la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

2.2.6 Dar a conocer los resultados a las autoridades de la facultad de química y farmacia para que los remita a las autoridades correspondientes de las facultades seleccionadas.

Capítulo III

Marco Teórico

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 GENERALIDADES SOBRE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La zona metropolitana de San Salvador está pronta a convertirse en un grave problema de contaminación atmosférica debido al aumento en el tráfico vehicular, produciendo un incremento en la emisión de contaminantes atmosféricos que día a día disminuye la calidad del aire en nuestro medio; ya que, los contaminantes se dispersan en la atmósfera mediante dos procesos principales: transporte y difusión.

El transporte se refiere al movimiento a gran escala donde se mueve material de un lugar a otro. El transporte a gran escala puede determinarse, en mayor cantidad, partiendo de mediciones meteorológicas. La difusión se refiere a movimientos de pequeña escala donde se mueven partes de uno y otro material. La difusión depende de parámetros meteorológicos con los cuales las principales relaciones han sido determinadas experimentalmente, dichos parámetros son turbulencia y estabilidad. (7)

Por lo tanto, la evaluación de los problemas de contaminación del aire se ve seriamente dificultada por la variabilidad de la concentración de contaminantes en la atmósfera. Estas variaciones se producen en el tiempo y pueden ser anuales, mensuales, diarias y aún horarias. En igual forma hay variaciones especiales, que dependen de la ubicación de las fuentes de contaminantes y de las características meteorológicas de la ciudad. Es necesario, por esto, diseñar cuidadosamente los sistemas de muestreo si se quiere obtener resultados que sean realmente representativos de lo que ocurre en la realidad. (20)

El aumento continuo de la población, su concentración progresiva en grandes centros urbanos y el desarrollo industrial ocasionan, día a día, más problemas

al medio ambiente conocidos como contaminación ambiental, la cual consiste en la presencia de sustancias (combustión de combustible derivado del petróleo, emanación de sustancias tóxicas al ambiente como ácidos, y otros reactivos, basura, pesticidas, aguas sucias, etc.) originadas por el humano en el medio ambiente, ocasionando alteraciones en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas.

Los efectos de la contaminación se manifiestan en las alteraciones en los ecosistemas, en la generación y propagación de enfermedades en los seres vivos, muerte masiva y, en casos extremos, la desaparición de especies animales y vegetales; así como la inhibición de sistemas productivos y, en general, degradación de la calidad de vida (salud, aire puro, agua limpia, recreación, disfrute de la naturaleza, etc.).⁽⁵⁾

En la vida cotidiana muchas personas utilizan medios de transporte, por lo tanto, día a día se están llevando a cabo muchas reacciones debido a la combustión, que es un proceso que se produce habitualmente por todos los equipos que utilizan combustible, por ejemplo cuando utilizamos la cocina o cuando nos transportamos en vehículo o autobús. También, dicho proceso está presente en la producción de energía mediante el uso de calderas a nivel industrial o en el hogar. El nitrógeno lo encontramos en la atmósfera, en tanto que el azufre es un compuesto de los combustibles fósiles, como el petróleo, el gas natural y el carbón. ⁽¹⁴⁾

La lluvia ácida produce una sedimentación que contiene partículas, gases y aerosoles y llega al suelo en forma de rocío, llovizna, niebla, nieve y lluvia, modificando el equilibrio ecológico. Las consecuencias de este fenómeno ambiental lo podemos observar en los ecosistemas acuáticos, cultivos, bosques y materiales para la construcción, erosionando edificios y monumentos.

Asimismo, resulta factible que contribuya a la contaminación de las capas de aguas subterráneas; en la Universidad de El Salvador Central se puede observar cómo diferentes materiales metálicos han ido cambiando su estado inicial debido a la corrosión que producen dichos contaminantes atmosféricos, producto de la contaminación emanada y producida en la vida cotidiana tanto de alumnos de la Universidad como del personal que labora en dicha institución por el uso de automotores, equipos y sustancias químicas utilizadas para llevar a cabo las diferentes prácticas de laboratorio, necesarias para la correcta formación profesional en cada área; es necesario el uso de combustible derivado del petróleo para el correcto funcionamiento de los equipos, emanando diferentes gases y productos de desecho contaminantes generados por la combustión. Esto aumenta las proporciones de niveles de aluminio, CO_2 , SO_2 y otros metales emanados en el proceso de aprendizaje y que en dicha institución no son regulados y mucho menos recibe un tratamiento adecuado antes de ser liberados a la atmósfera.

Al mismo tiempo, se está incrementando la acidez de los suelos por la presencia de metales tóxicos, transformando su composición, alterando los nutrientes necesarios para las plantas que se encuentran dentro y en los alrededores del campus universitario. Las emanaciones de óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y sulfatos; provenientes de los automotores, talleres de mecánica, la industria y las urbanizaciones, cercanas a la Ciudad Universitaria provocan la formación de lluvia ácida. La presencia de sulfatos y nitratos en los suelos, provenientes de la contaminación ambiental, trae consigo la aparición de metales en la cadena alimenticia, cuya consecuencia para la salud humana se ve reflejada en la acumulación de plomo en los huesos, riñones e hígado. (1, 18)

Existen contaminantes atmosféricos los cuales pueden ser: químicos, físicos o biológicos.

- **Los contaminantes químicos** se refieren a compuestos provenientes de la industria química. Pueden ser de efectos perjudiciales muy marcados, como los productos tóxicos minerales (compuestos de hierro, cobre, zinc, mercurio, plomo, cadmio), ácidos (sulfúrico, nítrico, clorhídrico), los álcalis (potasa, soda cáustica), disolventes orgánicos (acetona), detergentes, plásticos, los derivados del petróleo (gasolina, aceites, colorantes, diesel), pesticidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas), detergentes y abonos sintéticos (nitratos, fosfatos), entre otros.(8)

Los contaminantes físicos se refieren a perturbaciones originadas por radioactividad, calor, ruido, efectos mecánicos, etc.

Los contaminantes biológicos son los desechos orgánicos, que al descomponerse fermentan y causan contaminación. A este grupo pertenecen los excrementos, la sangre, desechos de fábricas de cerveza, de papel, aserrín de la industria forestal, desagües, etc. (8). Las partículas finas se inhalan de manera fácil profundamente dentro de los pulmones donde se pueden absorber en el torrente sanguíneo o permanecer arraigadas por periodos prolongados de tiempo. (8)

3.2 POLVO O PARTICULA SEDIMENTABLE

3.2.1 Fundamento de Polvo Sedimentable

El método consiste en recoger y determinar gravimétricamente las partículas existentes en el aire, que son depositadas por gravedad o arrastradas por el agua lluvia. (19)

3.2.2 Normativa para polvo sedimentable

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 sedimentable: 0.5 mg/cm²/30 días. (24)

3.2.3 Definición y generalidades de partícula.

En contaminación atmosférica se reconoce como partícula a cualquier material sólido o líquido con un diámetro que oscila entre 0.0002 y 500 micrómetros (µm). En conjunto se designan como partículas suspendidas totales o PST. Las fuentes de emisión de partículas pueden ser naturales o antropogénicas. Entre las fuentes naturales se encuentran: erosión del suelo, material biológico fraccionado, erupciones volcánicas, incendios forestales, etc. Entre las fuentes antropogénicas se encuentran: combustión de productos derivados del petróleo, quemadas en campos agrícolas y diversos procesos industriales.

Elementos que constituyen partículas.

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.

Las partículas se clasifican de acuerdo con su efecto en la salud humana, como producto derivado de un proceso natural o antropogénico y por sus características físicas. (8)

3.2.4 Clasificación de las partículas y su efecto en la salud humana

Partículas sedimentables ($>10 \mu\text{m}$).- 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.

Partículas menores a 10 micrómetros – PM10 ($\leq 10 \mu\text{m}$).- Son partículas de diámetro aerodinámico equivalente o menor a $10 \mu\text{m}$. Se consideran perjudiciales para la salud debido a que no son retenidas por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio.

Partículas menores a 2.5 – PM2.5 ($\leq 2.5 \mu\text{m}$).- Son partículas de diámetro aerodinámico equivalente o menor a $2.5 \mu\text{m}$. Representan un mayor riesgo para salud humana, puede ser un factor de muerte prematura en la población. (23)

Producto derivado de un proceso natural o antropogénico:

- **Polvos.** Son partículas sólidas pequeñas (de 1 a $1,000 \mu\text{m}$), se forman por fragmentación en procesos de molienda, cribado, explosiones y erosión del suelo. Se mantienen en suspensión y se desplazan mediante corrientes de aire.
- **Humo.** Son partículas sólidas finas que resultan de la combustión incompleta de materiales orgánicos como carbón, madera y tabaco. Su diámetro oscila en el intervalo de 0.5 a $1 \mu\text{m}$.
- **Fumos.** Son partículas sólidas finas. Se forman por la condensación de los vapores originados en procesos de sublimación, destilación, calcinación y fundición. Miden entre 0.03 y $0.3 \mu\text{m}$.

- **Cenizas volantes.** Son partículas finas no combustibles que provienen de la combustión del carbón. Su tamaño oscila entre 1 y 1,000 μm . Entre sus componentes se encuentran sustancias inorgánicas de metales, óxidos de silicio, aluminio, hierro y calcio. Al depositarse en superficies actúan como abrasivos.

- **Niebla.** Son gotas pequeñas que se forman por condensación de un vapor, dispersión de un líquido o como producto de una reacción química. Miden entre 0.0002 y 10 μm .

- **Aerosoles.** Un aerosol ambiental es una suspensión en el aire de partículas finas líquidas o sólidas. Se dividen en aerosoles primarios y secundarios. Los primarios son partículas relativamente estables que se emite directamente a la atmósfera, mientras que los secundarios son partículas que se forman en procesos de conversión de gas a partícula. Miden entre 0.01 y 100 μm de diámetro. (8)

La mayor parte de los elementos que componen estas partículas en países industrializados son: sulfatos (SO_4), nitratos (NO_3), amoníaco (NH_3), carbón elemental y carbón orgánico. También contienen una variedad de elementos metálicos que provienen de procesos de combustión. Los aerosoles que contienen sulfatos y nitratos, reaccionan con las moléculas de agua (H_2O) dispersas en el ambiente, en forma de lluvia, niebla, nieve o rocío, para formar ácidos. Este fenómeno se reconoce como lluvia ácida, el cual afecta gravemente a los ecosistemas. (8)

- Características Físicas

Velocidad de sedimentación: De acuerdo con esta propiedad, las partículas se clasifican en suspendidas (su tamaño oscila entre 0.0002 μm y 10 μm) y sedimentables (tamaño superior a 10 μm). La velocidad de sedimentación de las partículas con tamaño menor o igual a 1 μm depende de sus propiedades

de adsorción, absorción y adhesión. Cuando se comportan como gases permanecen largos períodos de tiempo en suspensión. Las partículas con tamaño menor a $0.1 \mu\text{m}$ son propensas a chocar entre sí (efecto del movimiento browniano) y adherirse, lo que favorece su sedimentación. (24)

3.2.5 Efecto de las partículas en el medio ambiente y riesgos a la salud

3.2.5.1 Impacto en el ambiente de diversas formas:

- Visibilidad: La visibilidad es la distancia en la cual un objeto puede ser percibido contra el cielo como horizonte sin una distinción exacta de sus detalles. En regiones donde la concentración de partículas fluctúa alrededor de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la visibilidad media es de 50 a 60 Km. Por el contrario las áreas urbanas donde la concentración de partículas excede los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la visibilidad promedio se reduce a 8 ó 10 Km. Cuando se produce el smog fotoquímico, las partículas duplican su concentración y la visibilidad se reduce a 5 ó 7 Km.
- Clima: Las partículas reflejan y absorben parte de la energía solar, lo cual provoca un decremento de la temperatura en algunas regiones del planeta.
- Materiales: Las partículas actúan como catalizadores sobre superficies metálicas, favoreciendo su oxidación. Además pueden absorber gases como los óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, los cuales reaccionan con la humedad del entorno y forman partículas de ácido sulfúrico o nítrico. Estos ácidos corroen los materiales de construcción de edificios y monumentos, los cuales constituyen el patrimonio histórico de la humanidad (lluvia ácida).
- Ecosistema: Las partículas y otros contaminantes del aire son causantes de la alteración de los elementos típicos del suelo y propiedades fisicoquímicas del agua. Intervienen significativamente en la formación del fenómeno de lluvia ácida, su impacto en la biosfera es determinado por el grado de toxicidad y contenido orgánico de las mismas. (8)

3.2.5.2 Riesgos a la salud

El riesgo a la salud por partículas lo constituyen su concentración en el aire y el tiempo de exposición; sin embargo, el tamaño es la característica física más importante para determinar su toxicidad y efectos en la salud humana.

Las partículas mayores a 10 μm son retenidas básicamente en las vías respiratorias superiores y eliminadas en su mayor parte por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio, por lo que no son consideradas significativamente dañinas para la salud, sin embargo la exposición continua a altas concentraciones puede causar irritación de garganta y mucosas.

Los grupos de la población con mayor susceptibilidad a los efectos de las partículas incluyen: Niños, ancianos, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares previas, fumadores, personas que respiran por la boca. El riesgo asociado con las partículas que se depositan en los pulmones es mayor en comparación del depósito en la garganta. Los estudios recientes demuestran que las PM_{2.5} tienen la capacidad de ingresar al espacio alveolar o al torrente sanguíneo, incrementando el riesgo de padecer enfermedades crónicas cardiovasculares y muerte prematura.

3.2.6 Medidas preventivas

Entre las medidas que se pueden realizar para proteger la salud se consideran:

- Evitar exponerse al aire libre cuando la condición de calidad del aire sea no satisfactoria.
- Realizar ejercicio y otras actividades al aire libre durante el período de horas que este contaminante tiene concentraciones bajas.
- Ingerir alimentos que contienen antioxidantes (frutas y verduras) y agua en forma abundante.

- No realizar ejercicio y actividades que requieran de un esfuerzo físico considerable en suelos erosionados (canchas deportivas sin cobertura vegetal o pavimento), pues afecta y no beneficia a nuestra salud.
- Proteger las vías respiratorias con cubre-bocas o trapos húmedos en caso de tolveneras.
- Fomentar la reforestación y recuperación de suelos erosionados. (16, 18)

3.3 INDICE DE CORROSIVIDAD

3.3.1 Fundamento

El índice de corrosividad atmosférico es una cuantificación gravimétrica que se basa en el aumento de peso por unidad de superficie que sufre una moneda de acero normalizada, expuesta al aire libre por 30 días. Estas monedas de acero normalizadas están hechas de una combinación de varios elementos en diferentes porcentajes como son: Carbono (0.08 – 0.10%), Manganeso (0.25 – 0.50%), Fosforo (0.04%) y azufre (0.05%). El aumento se debe al oxígeno, óxidos metálicos, sales de hierro y otras sales metálicas que se depositan en la moneda. La cantidad de agentes corrosivos se expresa en miligramos por centímetros cuadrados por treinta días. (19)

3.3.2 Normativa para índice de corrosividad

No existe normativa nacional ni internacional para índice de corrosividad. La determinación de dicho contaminante expresa la corrosión en metales y los resultados pueden variar dependiendo de cada zona de estudio.

3.3.3 Definición y generalidades

El índice de corrosión atmosférica, también conocido como corrosión por niebla o índice de corrosividad atmosférica, se define como el establecimiento experimental de los potenciales o capacidades de corrosividad en el tiempo,

que ofrecen las diversas composiciones atmosféricas existentes en determinadas áreas geográficas de una región, país, etc. (15)

El proceso de corrosión es una reacción de oxidación- reducción que devuelve metal refinado o procesado a su estado más estable. Casi todos los metales se corroen hasta cierto punto; pero la rapidez y el grado de corrosión depende del grado de no similaridad de los metales y las características físicas y químicas del medio, metal y medio ambiente al cual se encuentra expuesta la muestra.

Con respecto a la capacidad de corrosión del agua, se debe a la presencia de metales tóxicos, tales como plomo, cobre, etc.; lo que provoca deterioro y daños a las tuberías de las casas y problemas estéticos tales como lavado manchado, sabor amargo y manchas azulejas-verdosas alrededor de los lavamanos , desagüe y por consiguiente problemas a la salud al consumir estas aguas contaminadas, tanto por las aguas contaminadas tanto por las aguas contaminadas por la corrosión como por la lluvia acida y las partículas sedimentables presentes en el ambiente. (5)

3.3.4 Velocidad de corrosión

La velocidad de corrosión depende de:

- las características del medio agresivo (acidez, potencial redox, conductividad, etc.)
- el tipo de productos resultantes de la corrosión (solubles o insolubles, continuos e impermeables o discontinuos y permeables)
- la velocidad de circulación del medio agresivo respecto al material agredido (a mayor velocidad mayor renovación del medio agresor, mayor eliminación de productos de la agresión y posibilidad de acciones mecánicas de erosión con eliminación de posibles películas protectoras)

- la formación de películas o depósitos protectores, de la presencia de fenómenos electrolíticos (circulación, corriente eléctrica, formación de pilas locales o generales)
- la temperatura (a mayor temperatura, mayor corrosión)

En muchos casos, la corrosión se reduce a un fenómeno electroquímico (12).

3.3.5 Oxidación y generalidades

La superficie de un metal expuesto al aire se transforma, por adición de oxígeno, en un óxido de características diferentes a las del metal. Si el óxido es adherente al metal y forma una superficie continua sin grietas, la continuación de la oxidación se dificulta, pues la difusión del oxígeno se ve frenada y puede incluso cesar, teniéndose entonces una autoprotección del metal. Pero no siempre se produce esta autoprotección, ya que para ello se precisa que el óxido sea adherente y para esto debe tener una estructura cristalina adecuada, siendo además necesario que la densidad del óxido sea mayor que la del metal, ya que de lo contrario quedaría en tensión y por su baja resistencia se rompería. Pero tampoco es conveniente que la densidad sea mucho mayor pues si la compresión es muy fuerte, se producen imbricaciones que en definitiva equivalen a un agrietamiento.

Todo lo expuesto es válido siempre y cuando el proceso sea simplemente una difusión del oxígeno, sin medio iónico (agua líquida) ya que entonces si se habla de oxidación, propiamente dicha. En general, los metales expuestos al aire seco se auto-protegen más o menos rápidamente. Cuando actúa el agua, el fenómeno de ataque se llama corrosión y es cuando pueden entrar en acción los fenómenos electroquímicos. (15)

3.3.6 Influencia de la composición del agua en los procesos de corrosión

En los procesos de corrosión la composición química del agua juega un papel determinante. Si se conoce la composición química del agua de un pozo se pueden interpretar algunos de los procesos de corrosión que pueden llevarse a cabo, bien para anularlos o para prevenirlos, por lo que es recomendable una analítica metódica y periódica del agua del pozo.

Frecuentemente, la composición de las aguas subterráneas muestra características incrustantes, también pueden ser agresivas (bajo pH, baja alcalinidad, poca dureza, alto contenido en anhídrido carbónico libre -más de 50 ppm-). La presencia de ácidos orgánicos y otros ácidos libres, también es causa de severas corrosiones. Aguas con $\text{pH} < 7$ suelen ser agresivas aunque también lo puede ser aguas que tengan un pH por encima de 7.

La conductividad (total de sólidos disueltos y residuo seco) del agua es importante, puesto que cuanto mayor es, más fácilmente se producen fenómenos electroquímicos. Con residuos secos mayores que 700 ppm, ya aparecen problemas de corrosión. Contenidos en ión cloruro por encima de 50 ppm también pueden originar problemas de corrosión electrolítica.

La simple corrosión química se produce preferentemente en aguas poco salinas y viene reforzada por la presencia de CO_2 , O_2 , SH_2 , ClH , Cl_2 , SO_4H , etc. La cantidad de oxígeno disuelto en el agua condiciona de manera determinante la corrosión ya que la puede frenar o acelerar, según los casos. El oxígeno se puede combinar con el hidrógeno que se desprende en el cátodo para dar agua, destruyendo la polarización y por lo tanto, permitiendo que la corrosión prosiga con toda su intensidad. La formación de películas protectoras está muy relacionada con el contenido de oxígeno en el agua.

La acción nociva del agua es mayor cuanto más salina es el agua y menor el pH. Si se tienen más de 2 ppm de O_2 , el agua suele ser corrosiva. Las aguas profundas no suelen tener cantidades apreciables de oxígeno disuelto, en cambio, si es frecuente que las aguas poco profundas presenten cantidades apreciables de oxígeno disuelto.

El gas SH_2 corroe al acero y al cobre, originando sulfuros no adherentes que pueden dar lugar a incrustaciones. Aguas con contenidos en $SH_2 < 1$ ppm ya se muestran corrosivas. Es difícil determinar correctamente los gases disueltos en una determinada agua, pero es importante hacerlo ya que son agentes corrosivos muy efectivos.

También es importante considerar la cantidad de hierro disuelto en el agua con respecto a la saturación, puesto que a mayor déficit de saturación, mayor disolución para tender a saturarse, evitando la formación de películas protectoras. Sin embargo, es difícil conocer este déficit de saturación. El sulfato de hierro da corrosividad. Las aguas duras y poco conductoras protegen por incrustación si dan un recubrimiento continuo, pero las aguas duras y muy conductoras pueden no dar ninguna protección.

Es preciso tener una idea de la calidad de las aguas que contienen, ya que pueden tener lugar corrosiones en las zonas más salinas. En la explotación de acuíferos costeros, con frecuencia se puede atravesar un acuífero más o menos salinizado, que puede perforar el tubo y degradar la calidad del agua bombeada.

La temperatura también es un factor importante, ya que la velocidad de corrosión crece al aumentar la temperatura (aproximadamente se dobla cada $20^\circ C$ de incremento de la temperatura), por lo que es especialmente importante en pozos de vertido de aguas de refrigeración o de aguas residuales. (12)

3.4 LLUVIA ÁCIDA

3.4.1 Definición y generalidades

La lluvia acida es una precipitación en forma de rocío, lluvia, llovizna, granizo, nieve, niebla o neblina; esta presenta un pH de menos de 5 y puede alcanzar el pH del vinagre (pH 3). Ver Anexo N°1 Escala de pH de la lluvia. (17)

Tipo de deposiciones de lluvia ácida

La lluvia ácida puede retornar a la superficie terrestre en dos tipos de deposiciones:

- **Deposiciones húmedas;** que pueden ser la lluvia, llovizna y rocío.
- **Deposiciones secas;** son deposiciones en forma de nieve, niebla o granizo, este tipo de deposición registran niveles más ácidos que la deposición húmeda, por tener elevadas concentraciones de Sulfatos y Nitratos, que se encuentran suspendidas en el aire.

Ambos tipos de deposición pueden ser acarreados por el viento, agua u otro vector a distancias sumamente grandes.

El término lluvia ácida, se refiere a uno de los fenómenos relacionados con el cambio global de la atmósfera, el cual se ha generado a partir de la interacción entre la emisión y formación de gases contaminantes, y la dinámica atmosférica. La lluvia ácida se caracteriza principalmente por la formación de precipitaciones con un carácter de acidez (que incluyen la lluvia, la nieve y la depositación de partículas), las cuales causan efectos importantes sobre el medio.

La lluvia se vuelve ácida debido al descenso del pH, cuando la humedad en el aire se combina con los óxidos de azufre y nitrógeno y el dióxido de azufre emitidos por fábricas, centrales eléctricas y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo en grandes cantidades para utilizarlos como fuente de energía. En interacción con el vapor de agua, estos gases forman ácido sulfúrico y ácidos nítricos. Finalmente, estas sustancias químicas suben a

la atmósfera, forman una nube y después caen a la tierra acompañando a las precipitaciones, constituyendo la lluvia ácida.

Las actividades industriales, comerciales y domésticas generan varios tipos de residuos y subproductos que suponen una carga para el medio ambiente, donde afectan básicamente a través de las aguas y la atmósfera. Uno de los problemas más claramente identificados es el de la lluvia ácida, producido por las emisiones de azufre y nitrógeno a la atmósfera. Los llamados ciclos del azufre y ciclo del nitrógeno exponen el recorrido químico que las emisiones contaminantes de industrias, centrales eléctricas y automóviles experimentan en el medio ambiente, hasta convertirse en gotas de ácido sulfúrico o ácido nítrico que caen con la lluvia natural, causando efectos nocivos en árboles, plantas y animales.

Los contaminantes atmosféricos primarios que dan origen a la lluvia ácida pueden recorrer grandes distancias, los vientos los trasladan a cientos o miles de kilómetros antes de precipitar. Cuando la precipitación se produce, puede provocar importantes deterioros en el ambiente. La lluvia normalmente presenta un pH de aproximadamente 5.65 (ligeramente ácido), debido a la presencia del CO_2 atmosférico, que forma ácido carbónico, H_2CO_3 . Estos valores de pH se alcanzan por la presencia de ácidos como el ácido sulfúrico, H_2SO_4 , y el ácido nítrico, HNO_3 . Estos ácidos se forman a partir del dióxido de azufre, SO_2 , y el monóxido de nitrógeno que se convierten en ácidos. (22)

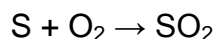
La presencia de nitratos y sulfatos en el agua lluvia, da un indicio de la intensidad del uso de combustibles por parte del transporte automotor y de las actividades industriales, destacándose las relacionadas con el sector agroindustrial, como son la quema de biomasa, y otras como la quema de sabanas para cultivos. En condiciones normales, la concentración de nitratos en aguas lluvias debe tender a cero. (26)

3.4.2 Formación de la lluvia ácida

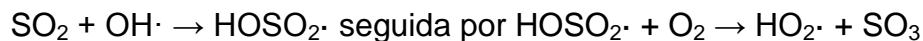
Los contaminantes atmosféricos como el SO_2 y el NO_x se oxidan hasta sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$) y nitratos (NO_3^-) que combinados con el vapor de agua retornan al suelo como ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido nítrico (HNO_3) en forma de lluvia, llovizna, rocío, nieve, niebla o granizo.

Óxidos de Azufre (SO_x)

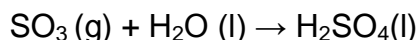
Una gran parte del SO_2 (dióxido de azufre) emitido a la atmósfera procede de la emisión natural que se produce por las erupciones volcánicas, que son fenómenos irregulares. Sin embargo, una de las fuentes de SO_2 es la industria metalúrgica. El SO_2 puede proceder también de otras fuentes, por ejemplo como el sulfuro de dimetilo, $(\text{CH}_3)_2\text{S}$, y otros derivados, o como sulfuro de hidrógeno, H_2S . Estos compuestos se oxidan con el oxígeno atmosférico dando SO_2 . Finalmente el SO_2 se oxida a SO_3 (interviniendo en la reacción radicales hidroxilo y oxígeno) y este SO_3 puede quedar disuelto en las gotas de lluvia, es el de las emisiones de SO_2 en procesos de obtención de energía: el carbón, el petróleo y otros combustibles fósiles contienen azufre en unas cantidades variables (generalmente más del 1%), y, debido a la combustión, el azufre se oxida a dióxido de azufre. (Ver Anexo N°2 Ciclo del Azufre).



Los procesos industriales en los que se genera SO_2 , por ejemplo, son los de la industria metalúrgica. En la fase gaseosa el dióxido de azufre se oxida por reacción con el radical hidroxilo por una reacción intermolecular.



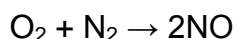
En presencia del agua atmosférica o sobre superficies húmedas, el trióxido de azufre (SO_3) se convierte rápidamente en ácido sulfúrico (H_2SO_4) que es uno de los dos ácidos principales en la lluvia ácida. (27)



Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Los óxidos de nitrógeno están conformados por un grupo de compuestos químicos gaseosos muy reactivos que son generados por las siguientes actividades antropogénicas: producción eléctrica, otros procesos industriales, transporte (combustible fósil) y otras actividades residenciales. (Ver Anexo N°3 Ciclo del Nitrógeno).

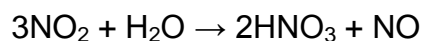
El NO se forma por reacción entre el oxígeno y el nitrógeno a alta temperatura.



Una de las fuentes más importantes es a partir de las reacciones producidas en los motores térmicos de los automóviles y aviones, donde se alcanzan temperaturas muy altas. Este NO se oxida con el oxígeno atmosférico,



Y reacciona con el agua dando ácido nítrico (HNO_3), que se disuelve en el agua.



Los óxidos de nitrógeno participan en la formación de contaminantes secundarios del aire, lo que tiende a eliminar una pequeña porción de la atmósfera. La mayoría de los NOx se convierten finalmente en ácido nítrico, (HNO_3) y nitratos (NO_3^-).

En esta forma se depositan sobre la tierra o en el mar, como consecuencia de las lluvias o se sedimentan como macropartículas. Por tanto la tierra y el mar son el depósito final de los óxidos de nitrógeno, una vez que éstos se han convertido en nitratos. (29)

3.4.3 Normativa para Nitratos

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece como límite permitido valores de 0.4 mg/L a 2.0 mg/L en nitratos. (11)

3.4.4 Normativa para Sulfatos

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece como límite permitido valores de 2.0 mg/L a 8.0 mg/L en sulfatos. (11)

3.4.5 Efectos de la lluvia ácida

El cambio más importante generado por este fenómeno, es la disminución del pH natural de la lluvia, la cual, después de que es depositada, genera la acidificación relacionada con los efectos negativos que ocasiona sobre ecosistemas acuáticos y terrestres, afectando árboles, plantas y cultivos, acidificando lagos y ríos y deteriorando edificaciones y demás infraestructura física.

La acidificación de las aguas de lagos, ríos y mares dificulta el desarrollo de vida acuática en estas aguas, lo que aumenta en gran medida la mortalidad de peces. Igualmente, afecta directamente a la vegetación, por lo que produce daños importantes en las zonas forestales, y acaba con los microorganismos fijadores de N.

El término lluvia ácida abarca la sedimentación tanto húmeda como seca de contaminantes ácidos que pueden producir el deterioro de las superficies de los materiales. Estos contaminantes que escapan a la atmósfera al quemarse carbón y otros componentes fósiles reaccionan con el agua y los oxidantes de la atmósfera y se transforman químicamente en ácido sulfúrico y nítrico. Los compuestos ácidos se precipitan entonces a la tierra en forma de lluvia, nieve o

niebla, o pueden unirse a partículas secas y caer en forma de sedimentación seca.

La lluvia ácida por su carácter corrosivo, corroe las construcciones y las infraestructuras. Puede disolver, por ejemplo, el carbonato de calcio, CaCO_3 , y afectar de esta forma a los monumentos y edificaciones construidas con mármol o caliza. Un efecto indirecto muy importante es que los protones, H^+ , procedentes de la lluvia ácida arrastran ciertos iones del suelo. Por ejemplo, cationes de hierro, calcio, aluminio, plomo o zinc. Como consecuencia, se produce un empobrecimiento en ciertos nutrientes esenciales y el denominado estrés en las plantas, que las hace más vulnerables a las plagas. Los nitratos y sulfatos, sumados a los cationes lixiviados de los suelos, de ríos y lagos, embalses y regiones costeras, lo que deteriora sus condiciones ambientales naturales y afectan negativamente a su aprovechamiento. (7, 22)

3.4.6 Toxicidad del óxido de azufre.

Agrava las enfermedades respiratorias: afecta la respiración en especial a los ancianos con enfermedades pulmonares crónicas; provoca episodios de tos y asfixia; crecientes índices de asma crónico y agudo, bronquitis y enfisema; cambios en el sistema de defensa de los pulmones que se agudiza con personas con desórdenes cardiovasculares y pulmonares; irrita los ojos y los conductos respiratorios; aumenta la mortalidad.

Concentración de SO_2 y efectos tóxicos para el ser humano

1 – 6 mg/L: Broncoconstricción.

3 – 5 mg/L: Concentración mínima detectable por el olfato.

8 – 12 mg/L: Irritación de la garganta.

20mg/L: Irritación en los ojos y tos.

50 – 100 mg/L: Concentración máxima para una exposición corta (30 minutos).

400 – 500 mg/L: Puede ser mortal, incluso en una exposición breve. (7)

3.4.7 Toxicidad del óxido de nitrógeno.

Agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares; irrita los pulmones; reduce la visibilidad en la atmósfera; causa daño al sistema respiratorio; afecta y reduce la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, a las células y al corazón; dolor de cabeza, pérdida de visión, disminución de la coordinación muscular, náuseas, dolores abdominales (es crítico en personas con enfermedades cardíacas y pulmonares); eleva los índices de mortalidad por cáncer, por neumonías, cáncer del pulmón.

Concentración de NO₂ y efectos tóxicos para el ser humano

1 – 3 mg/L: Concentración mínima que se detecta por el olfato.

3mg/L: Irritación de nariz, garganta y ojos

25 mg/L: Congestión y enfermedades pulmonares

100 – 1000 mg/L: Puede ser mortal, incluso tras una exposición breve. (7,23)

3.4.8 Medidas de reducción de los componentes de la lluvia ácida

Los científicos han encontrado diversas maneras de reducir el volumen de SO₂ y NO_x basadas en las siguientes consideraciones estratégicas:

a) Uso de convertidores catalíticos

Son dispositivos que fueron desarrollados para la eliminación del dióxido de azufre SO₂ y el NO₂ dióxido de nitrógeno que son gases rutinariamente presentes en los escapes de los automóviles, a continuación se detalla una lista de estos componentes:

- Monóxido de carbono (CO), de la combustión incompleta del combustible,
- Dióxido de carbono (CO₂), de la combustión completa del combustible,
- Vapor de agua (H₂O)
- Óxidos de nitrógeno (NO, N₂, N₂O, NO₂, etc.)

- Óxidos de azufre (SO, SO₂, etc.)

- Hidrocarburos varios (HX – CY, etc.) cíclicos y cadenas de todo tipo.

Todo lo que el convertidor hace es “convertir” una sustancia en otra, y lo hace mediante la ionización de los diferentes gases que pasan a través suyo.

De manera breve, cuando el dióxido de carbono pasa por un convertidor, hace contacto con el platino que está en su interior, y es descompuesto en iones de carbono y oxígeno. Cuando el agua es descompuesta, forma iones de hidrógeno y oxígeno. Lo mismo sucede con cualquier otro gas que ingresa al convertidor catalítico.

b) Tecnología Plasma para desagregación de gases tóxicos.

Cuando el plasma se forma, se tendrá una descarga luminosa compuesta de electrones, (partículas ligeras), iones, moléculas y átomos (partículas pesadas). Si en un plasma hay un gran intercambio de energía, entre las diversas especies de partículas, las temperaturas de los iones, moléculas, átomos y electrones será aproximadamente la misma, por lo que se dice entonces que el plasma está en equilibrio térmico.

En cambio, cuando no hay suficiente intercambio de energía, las partículas pesadas tendrán temperaturas mucho menores que las de los electrones y se dice entonces que el plasma está fuera de equilibrio o que es plasma frío. Para la desagregación de gases tóxicos se utilizara este tipo de plasma, más específicamente una combinación de descargas, estas se forman al aplicar una descarga eléctrica a un gas que pasa entre dos electrodos pueden tener forma de placa o de cilindro concéntrico. Este tipo de descargas ha sido utilizado para degradar compuestos como NO_x, SO_x, CO, CO₂, vapor de mercurio y compuestos orgánicos volátiles.

d) Otras medidas

Entre otras medidas que puedan reducir los niveles de SO_2 y NO_x están:

- Lavar el carbón para quitarle parte del azufre.
- La central eléctrica también puede instalar equipos llamados torres de lavado de gases, los cuales eliminan el dióxido de azufre de los gases que salen por la chimenea; debido a que los óxidos de nitrógeno son creados durante el proceso de combustión de carbón y otros combustibles fósiles.(17)

Capítulo IV
Diseño Metodológico

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de estudio: Experimental, Transversal y Exploratorio.

Experimental: debido a que el estudio implica realizar prácticas en el laboratorio para el análisis de las muestras.

Transversal: porque el estudio a realizar hace referencia a un periodo de tiempo determinado para llevarlo a cabo.

Exploratorio: ya que la investigación permite conocer la contaminación del ambiente que pueda existir en la Ciudad Universitaria.

4.2 Investigación bibliográfica.

Las consultas se realizaron en:

- Biblioteca “Dr. Benjamín Orozco”. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador.
- Biblioteca de la Facultad de Medicina. Universidad de El Salvador.
- Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de El Salvador.
- Biblioteca “P. Florentino Idoate, S. J.” Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”.
- Biblioteca “Hugo Lindo”. Universidad Dr. José Matías Delgado.
- Biblioteca de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer.
- Biblioteca “Dr. Alfonso Rochac”. Fundación Salvadoreña para El Desarrollo Económico y Social (FUSADES).
- Biblioteca Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- Internet.

4.3 Investigación de Campo.

La Universidad de El Salvador (UES) es el centro de estudios superiores más grande y antiguo de la República de El Salvador y la única universidad estatal

del país. Su campus central, la Ciudad Universitaria, está ubicado en San Salvador, pero la Universidad de El Salvador consta también con sedes en las ciudades de Santa Ana, San Miguel y San Vicente. La investigación de campo se llevó a cabo en el campus central que está ubicado en autopista norte y final de 25ª avenida norte, Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador. Cuenta con una población aproximada de 46,000 (cuarenta y seis mil) estudiantes distribuidos en las diferentes facultades, en las cuales hay aproximadamente 3,000 empleados distribuidos en diferentes áreas de desempeño laboral. Ver anexo N°24 Población estudiantil.

4.3.1 Universo: Doce facultades de la Universidad de El Salvador (Ciudad Universitaria).

4.3.2 Muestra:

Cinco facultades seleccionadas en base a la ubicación geográfica. (Los números que aparecen en el mapa para identificar los puntos de muestreo están ubicados en base a numeración que fue proporcionada por la Universidad de El Salvador central, según mapa universitario.) Ver anexo N° 4 Mapa de ubicación de los sitios de muestreo.

4.3.3 Muestreo

Dirigido Puntual, ya que todas las facultades que se seleccionaron cumplen las especificaciones para la toma de muestras de contaminantes atmosféricos.

Para la selección de los puntos de colocación de los dispositivos de muestreo para polvo sedimentable, índice de corrosividad y lluvia ácida se consideraron las siguientes especificaciones: Nivel del suelo no menor de 1.5 metros y no mayor de 3 metros; lugar libre de personas extrañas y obstáculos como árboles, zona representativa que facilite la determinación y comportamiento de los contaminantes en la atmósfera durante los periodos de muestreo; en lo que

respecta al índice de corrosividad los dispositivos de muestreo se dejaron expuestos al aire libre evitando el contacto de cualquier fuente de contaminación.

La ubicación de cada facultad está en función de los objetivos que se pretendían alcanzar y del área que se pretendía cubrir. La selección de los puntos de muestreo se hizo en base a una cuadrícula del área a muestrear, colocando cada sitio en las aristas de la cuadrícula, por ser representativas del área ya que cubre las zonas estudiantiles; además de tener la facilidad de poder ubicar el equipo de muestreo en las mismas.

Se seleccionaron 6 puntos de muestreo en total, los cuales están ubicados en las 5 facultades seleccionadas y en cada punto de muestreo se realizaron 3 determinaciones por mes: polvo sedimentable, índice de corrosividad y lluvia ácida (pH, nitratos y sulfatos); durante los 4 meses que comprenden de agosto a noviembre 2010, en época lluviosa y época seca:

- Para polvo sedimentable se realizaron 6 determinaciones, una por cada punto de muestreo en cada facultad, durante los 4 meses de muestreo, haciendo un total de 24 muestras.
- Para índice de corrosividad se realizaron 6 determinaciones, una por cada punto de muestreo en las diferentes facultades, durante los 4 meses de muestreo, haciendo un total de 24 muestras.
- Para lluvia ácida, se realizaron 3 determinaciones: pH, nitratos y sulfatos para cada uno de los 6 puntos de muestreo en las diferentes facultades, durante el periodo de época lluviosa que fue de 3 meses. Haciendo un total de 18 muestras para pH, 18 muestras para nitratos y 18 muestras para sulfatos.

Nota: Los análisis para polvo sedimentable y lluvia ácida se hicieron por duplicado.

El análisis de índice de corrosividad no se realizó por duplicado debido a que no se dispone de otra moneda de acero normalizada.

4.4 Parte experimental

4.4.1 Procedimiento para el muestreo.

El estudio se llevó a cabo en Ciudad Universitaria de la Universidad de El Salvador, en los edificios de las siguientes facultades:

- Facultad de Química y Farmacia.
- Facultad de Odontología.
- Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
- Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.
- Facultad de Ciencias y Humanidades:
 - Edificio de Filosofía.
 - Edificio de Psicología y Educación.

Mapa de ubicación de los sitios de muestreo: ver anexo N°4. (Los números que aparecen en el mapa para identificar los puntos de muestreo están ubicados en base a numeración que fue proporcionada por la Universidad de El Salvador central, según mapa universitario.)

4.4.2 Identificación de las muestras.

Cada uno de los dispositivos de muestreo (frascos plásticos y soportes para monedas de acero normalizadas) que se utilizaron, se identificó con una etiqueta y código para cada muestra (ver anexo N°5 y N°6).

4.4.3 Determinación de Polvo Sedimentable. Método Gravimétrico.

4.4.3.1 Preparación del frasco recolector de muestras (ver anexo N°7).

4.4.3.2 Toma de Muestras

1. Colocar un frasco plástico de 10 Litros en cada uno de los 6 puntos de muestreo.
2. Dejar al aire libre durante un mes, un frasco de plástico de 10 L en el lugar seleccionado de cada facultad.
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 de plástico de 10 L después del mes de exposición y trasladarlo al laboratorio para realizar el análisis respectivo. Colocar en el mismo lugar el frasco correspondiente para el siguiente mes de muestreo y así sucesivamente hasta completar los muestreos. (19)

(Ver material y equipo en anexo N°8).

Nota: En época seca para recoger la muestra de polvo sedimentable se procede a agregar agua destilada al frasco recolector.

4.4.3.3 Análisis

1. Preparar una cápsula de porcelana, lavándola cuidadosamente con detergente, enjuagándola con agua destilada, dejándola durante 1 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 una muestra filtrada y eliminar cualquier trozo grueso, que no se considera en el análisis.
3. Después de filtrar el líquido, con la 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 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. Se traspasan 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 capsula del desecador con una pinza metálica y proceder a pesar la cápsula + residuo en la misma balanza donde antes se pesó la cápsula vacía. (19)

4.4.3.4 Cálculo para Polvo Sedimentable

Realizar los cálculos utilizando la siguiente fórmula: (19)

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

Unidades: (mg/cm²/30días)

Donde:

PS = Polvo Sedimentable

Días de Recolección = 30 días

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

Superficie útil de la boca del frasco = área = $\pi \cdot r^2$ = centímetros cuadrados (cm²)

π = valor constante = 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

4.4.4 Determinación del índice de corrosividad. Método Gravimétrico.

4.4.4.1 Preparación previa de las monedas.

1. Preparar papel aluminio cortado en tamaño 20 x 20 cm y pesar cada uno;

se utilizan para proteger las monedas antes de utilizarlas para el análisis.

2. Identificar las monedas de acero normalizadas según su ranura.
3. Se miden 2 diámetros perpendiculares y se saca promedio.
4. Se mide la altura de la moneda.
5. Luego se sumerge la moneda de acero normalizada durante 10 minutos en ácido sulfúrico al 10%.
6. Enjuagarlas con suficiente agua corriente, se lavan bien con agua, cepillo y un detergente abrasivo en polvo. Después de este punto, ya no deben tocarse las monedas para evitar manchas de grasa y transpiración.
7. Después de lavarlas bien con agua corriente, lavar con suficiente agua destilada, secarlas con papel absorbente y envolver cada moneda en el papel aluminio previamente preparado.
8. Colocarlas en una estufa por una hora y media (1-1½ hora) a 103-105°C.
9. Sacar las monedas de la estufa utilizando pinzas, colocar en el desecador por 30 minutos para que se enfríen.
10. Pesar las monedas en una balanza analítica y anotar los resultados. Ese es el valor del peso inicial de cada moneda (Anotar el peso del papel y moneda para posteriores análisis). (19)

(Ver material, equipo y reactivos en anexo N° 9 y ver figura N°8 y 9 en anexo N° 10).

4.4.4.2 Toma de muestras

- El primer día del muestreo, se colocan las monedas de acero normalizadas previamente preparadas en soportes de madera, tomándolas con pinzas para evitar manchas de grasa, transpiración o cualquier contaminante que puedan afectar los resultados.
- Se dejan al aire libre durante un mes (30 días).
- El primer día del mes siguiente se retiran las monedas con una pinza, se envuelven en papel aluminio y se colocan dentro de un desecador. (19)

4.4.4.3 Análisis

1. Se abre el papel aluminio y sin sacar las monedas se colocan sobre un vidrio de reloj y se procede a colocarlas en la estufa y proceder al proceso de secado a 103-105°C durante 1½ - 2 horas.
2. Se enfría en el desecador con todo y el papel de aluminio, por 30 minutos.
3. Luego, se pesa el conjunto de papel y moneda en una balanza analítica.
4. Se saca la moneda, se limpia el papel aluminio con un pincel para eliminar el polvo y escamas que pudieran haberse desprendido y se vuelve a pesar el papel solo en la misma balanza.

El procedimiento es igual para las cinco muestras, luego realizar los cálculos necesarios para su posterior análisis. (19)

4.4.4.4 Cálculo para índice de corrosividad

Realizar los cálculos utilizando la siguiente fórmula: (19)

$$\text{índice de corrosividad} = \frac{19 \times \text{aumento de peso}}{D (D + 2h) \times \text{días de exposición}}$$

Unidades: mg/cm² x 30 días

Donde:

IC = índice de corrosividad

19 = Valor constante. Ver deducción del cálculo en Anexo N°20

Peso inicial= peso de moneda normalizada limpia y seca

Peso final (mg) = peso del conjunto (papel de aluminio más moneda) – peso del papel aluminio

Aumento de peso (mg) = peso final – peso inicial

Aumento de peso = mg

D = diámetro de la moneda (cm)

h = altura de la moneda (cm)

Tiempo de exposición = 30 días. (21)

4.4.5 Determinación de Lluvia Ácida. Método Potenciométrico.

4.4.5.1 Procedimiento

1. Filtrar la muestra de agua lluvia con papel filtro.
 2. Lavar el electrodo del pHmetro con agua destilada y secarlo con papel absorbente.
 3. Colocar una cantidad de buffer fosfato en un beaker de 50 mL y llevarlo a temperatura de 25°C.
 4. Encender el pHmetro y calibrarlo con solución buffer fosfato pH 4 y pH 7 a temperatura de 25°C, introduciendo el electrodo del pHmetro en dicha solución. Dejar estandarizar por 10 minutos.
 5. Lavar el electrodo con agua destilada y secarlo con papel absorbente.
 6. Colocar 30mL de la muestra de agua lluvia filtrada en un beaker de 100 mL y llevarlo a 25 °C.
 7. Introducir el electrodo en el beaker que contiene la muestra de agua lluvia, verificando que el electrodo quede adecuadamente cubierto con la muestra.
 8. Hacer lectura del valor de pH medido en el equipo, este corresponde al nivel de acidez de dicha muestra; cuando el equipo proporcione una lectura estable, es decir que el valor leído no sea variable.
 9. Efectuar 3 lecturas de cada muestra.
 10. Retirar el electrodo del beaker, lavarlo con agua destilada y secarlo con papel absorbente.
 11. Apagar el equipo.
- (Ver reactivos, material, equipo en anexo N°11).
- Repetir el procedimiento anterior para cada muestra.

4.4.6 Determinación de Nitrato.

4.4.6.1 Procedimiento

1. Tratamiento de la muestra: tomar 50 mL de muestra de agua lluvia transparente (filtrada), añadir 1 mL de solución de HCl y mezclar bien.
2. Preparación de la curva patrón: pesar 0.1269 g de KNO_3 y diluir a 1000 mL en balón volumétrico (solución madre de Nitrato 100 ppm). Luego preparar estándares de calibrado de NO_3^- . Tratar los patrones de NO_3^- del mismo modo que las muestras.
3. Medida espectrofotométrica: Leer la absorbancia o transmitancia frente a agua destilada, ajustada a absorbancia cero o transmitancia 100 por 100. Utilizando la longitud de onda de 220 nm para obtener la lectura de NO_3^- y 275 nm para determinar la interferencia debida a materia orgánica disuelta.
(4)

(Ver preparación de estándares, reactivos, material y equipo en anexo N° 12).

4.4.6.2 Cálculo para Nitratos

Para patrones leer a 220nm y para muestras leer a 220nm y 275nm, para obtener la absorbancia debida a NO_3^- . La absorbancia de la muestra se calcula restando la absorbancia a 275nm de la absorbancia a 220nm. Trazar la curva patrón de nitratos e interpolar la absorbancia obtenida de la muestra analizada con dicha grafica para obtener la concentración de la muestra directamente a partir de la curva patrón. (4)

4.4.7 Determinación de Sulfatos. Método Turbidimétrico.

4.4.7.1 Procedimiento

1. Formación de turbidez con sulfato de bario: Medir 100 mL de la muestra de agua lluvia ya filtrada, en un erlenmeyer de 250 mL. Añadir 20 mL de solución tampón y mezclar con un agitador. Mientras se agita, añadir 0.5 gramos de cristales de BaCl_2 , empezando a contar el tiempo inmediatamente. Agitar durante 60 +/- 2 segundos a velocidad constante.

2. Realizar lecturas de absorbancia en espectrofotómetro a longitud de onda de 420 nanómetros. Al finalizar el periodo de agitación, verter la solución en una cubeta del espectrofotómetro y medir la turbidez a los 5 +/- 0.5 minutos; debido a que la turbiedad máxima se presenta dentro de los 2 minutos y que de aquí en adelante las lecturas permanecen constantes, durante 3 – 10 minutos.

3. Preparación de la curva de calibración:

Preparación de la curva patrón: pesar 0.1479 g de Na_2SO_4 (sulfato de sodio anhidro) y diluir a 1000 mL en balón volumétrico (esta es la solución madre de Sulfato 100 ppm). Luego preparar estándares de sulfato, tratar los patrones de sulfatos del mismo modo que las muestras.

Calcular la concentración de sulfato en la muestra comparando la lectura de la turbidez con la curva de calibración preparada anteriormente sometiendo los patrones de sulfato al método completo. (4)

(Ver preparación de estándares, reactivos, material y equipo en anexo N° 13 y N° 14).

4.4.7.2 Cálculo para Sulfatos

$$\text{mg de sulfato/L} = \text{mg SO}_4^{2-} \times 1000 / \text{mL muestra}$$

Como se ha utilizado solución tampón determinar la concentración de sulfato directamente a partir de la curva de calibrado, tras sustraer la absorbancia de la muestra. (4)

Capítulo V

Resultados y Discusión de Resultados

5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 RESULTADOS OBTENIDOS DE POLVO SEDIMENTABLE

Cuadro N°1. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por facultad, mes Agosto.

Facultad	Polvo sedimentable Agosto (mg/cm ² x 30 días)
Química y Farmacia (FQF)	12,80
Odontología (FO)	9,10
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	26,39
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	18,27
Humanidades: Filosofía (FHF)	19,00
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	8,00

Nota: Ver cálculos para determinación de Polvo Sedimentable y tablas de resultados N° 6 y N° 7 en Anexo N° 15.

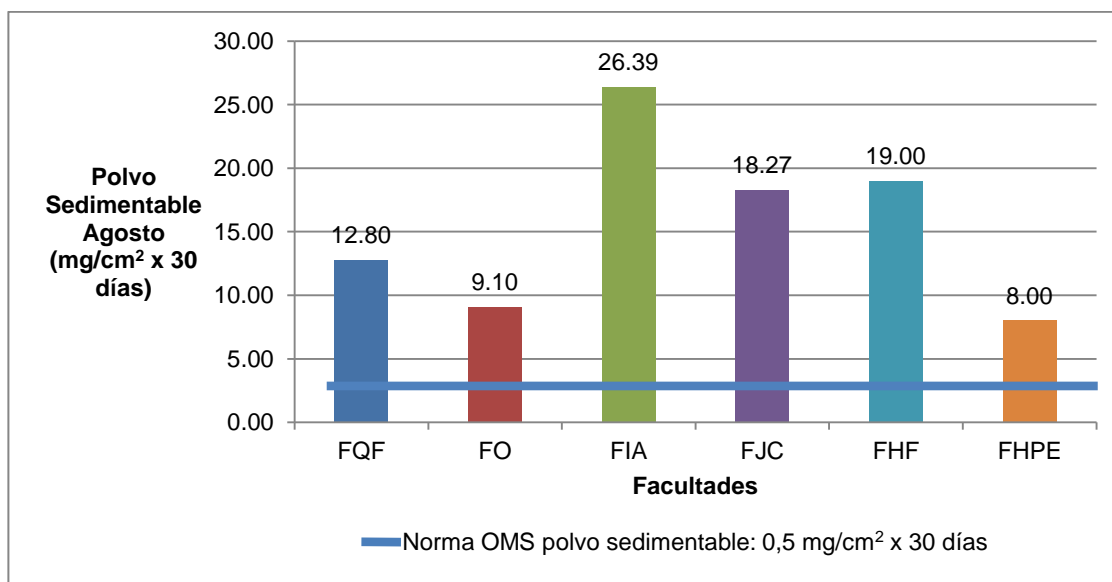


Figura N° 1. Gráfico de determinación de polvo sedimentable por facultad, mes de agosto.

En la figura 1 se puede observar que:

- Ninguna facultad cumple con la normativa de la OMS para polvo sedimentable ($0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) ya que todos los valores sobrepasan el límite permitido.
- El valor más alto ($26,39 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) de polvo sedimentable corresponde a la facultad de Ingeniería y Arquitectura y el valor más bajo de polvo sedimentable ($8,00 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) en la facultad de humanidades (edificio psicología).
- Los valores obtenidos son debidos al arrastre de partículas por las lluvias, al levantamiento de partículas en el ambiente, calles no pavimentadas; además, el movimiento de personas que transitan en vehículos y los talleres de reparación que existen emiten partículas ya que utilizan equipo de soldadura y madera.

Cuadro N°2. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por facultad, mes Septiembre.

Facultad	Polvo sedimentable septiembre ($\text{mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$)
Química y Farmacia (FQF)	30,45
Odontología (FO)	19,20
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	32,48
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	4,80
Humanidades: Filosofía (FHF)	14,21
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	8,80

Nota: Ver cálculos para determinación de Polvo Sedimentable y tablas de resultados N° 8 y N° 9 en Anexo N° 15.

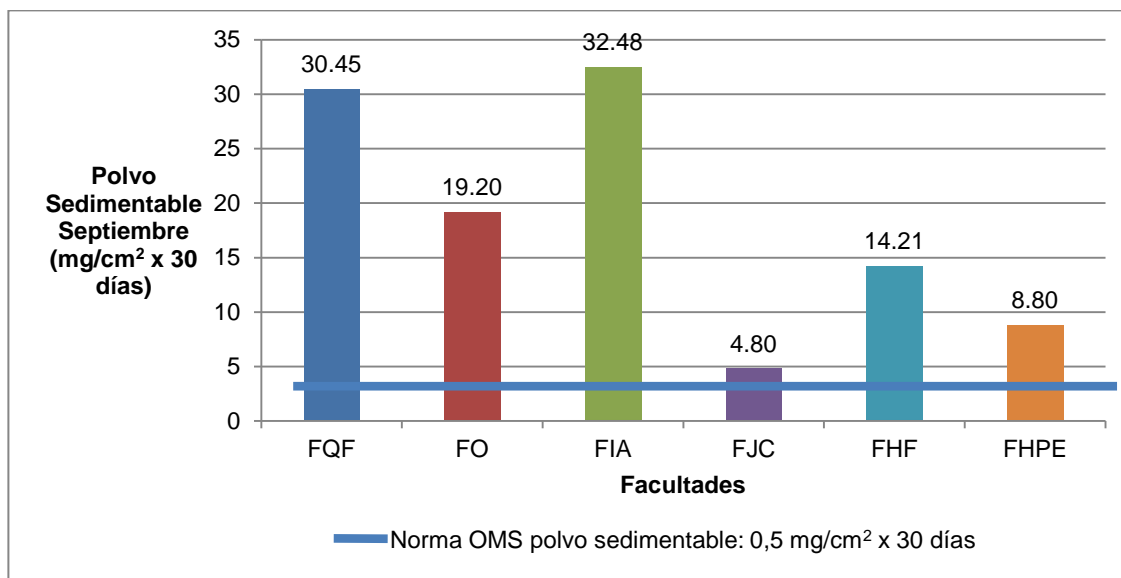


Figura N° 2. Gráfico de determinación de polvo sedimentable por facultad, mes de Septiembre.

En la figura 2 se puede observar que:

- Ninguna facultad cumple con la normativa de la OMS para polvo sedimentable (0,5 mg/cm² x 30 días) ya que todos los valores sobrepasan el límite permitido.

- En la facultad de Química y Farmacia e Ingeniería se encontraron los valores altos de polvo sedimentable (30,45 mg/cm² x 30 días y 32,48 mg/cm² x 30 días respectivamente). En Ingeniería se obtuvo el valor más alto de polvo debido a que en dicha facultad hay más calles, se encuentra el polideportivo, además el parqueo se satura, lo cual genera mayor cantidad de partículas.

- Los resultados obtenidos se deben al arrastre de partículas por la lluvia, al levantamiento de partículas en el ambiente, calles no pavimentadas; además, el movimiento de personas que transitan en vehículos y los talleres de reparación que existen emiten partículas ya que utilizan equipo de soldadura y madera. Ya sea que aumente o disminuya la concentración de polvo en un área determinada, depende no solo de los aportes en el sitio de muestreo, sino

también de los provenientes de otros lugares y que son dispersados por el viento, que es el mayor agente dispersor.

Cuadro N°3. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por facultad, mes Octubre.

Facultad	Polvo sedimentable Octubre (mg/cm ² x 30 días)
Química y Farmacia (FQF)	3,60
Odontología (FO)	1,26
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	1,60
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	1,20
Humanidades: Filosofía (FHF)	1,50
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	2,80

Nota: Ver cálculos para determinación de Polvo Sedimentable y tablas de resultados N° 10 y N° 11 en Anexo N° 15.

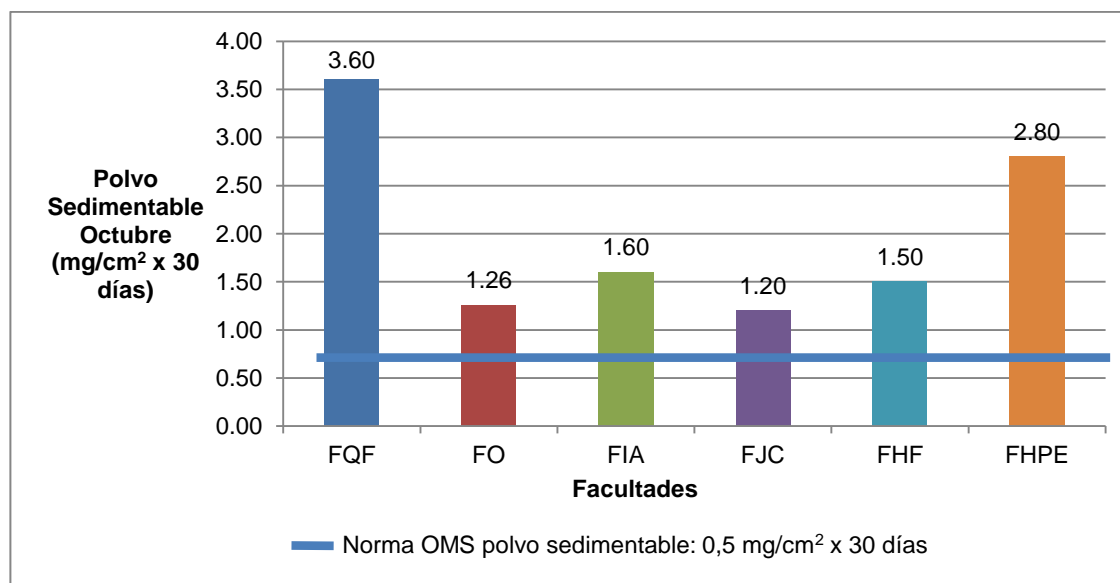


Figura N° 3. Gráfico de determinación de polvo sedimentable por facultad, mes de Octubre.

En la figura 3 se puede observar que:

- Ninguna facultad cumple con la normativa de la OMS para polvo sedimentable ($0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) ya que todos los valores sobrepasan el límite permitido.
- Los valores obtenidos sobrepasan la normativa para polvo sedimentable debido al arrastre de partículas por la lluvia, al levantamiento de partículas en el ambiente, calles no pavimentadas; además, el movimiento de personas que transitan en vehículos y los talleres de reparación que existen emiten partículas.
- El valor más alto en el mes de octubre se encontró en la facultad de química y farmacia ($3,60 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) y el valor más bajo en Jurisprudencia y Ciencias Sociales pues resultó ser $1,20 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$.
- En Octubre los valores de polvo sedimentable son menores que los obtenidos en Septiembre, debido a que en Octubre la humedad del ambiente disminuyó, hubo poca lluvia, por lo que el arrastre de las partículas fue menor; el clima fue inestable.

Cuadro N° 4. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por facultad, mes Noviembre.

Facultad	Polvo sedimentable Noviembre ($\text{mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$)
Química y Farmacia (FQF)	0,16
Odontología (FO)	0,06
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	0,16
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	0,28
Humanidades: Filosofía (FHF)	0,12
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	0,13

Nota: Ver cálculos para determinación de Polvo Sedimentable y tablas de resultados N° 12 y N° 13 en Anexo N° 15.

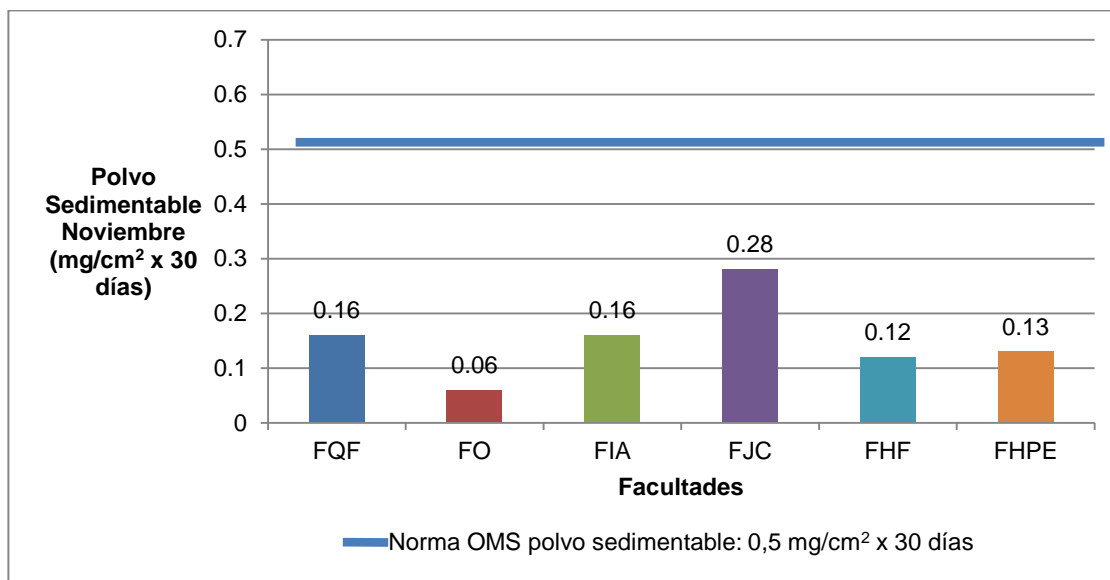


Figura N° 4. Gráfico de determinación de polvo sedimentable por facultad, mes de Noviembre.

En la figura 4 se puede observar que:

- Todos los valores obtenidos de polvo sedimentable se encuentran dentro del límite establecido por la OMS (0,5 mg/cm² x 30 días) debido a la época seca, las partículas disminuyeron porque no hay arrastre de partículas, hubo poca lluvia pues el clima fue inestable. En el mes de noviembre, los valores de polvo sedimentable son bajos probablemente porque el número de estudiantes disminuye por la finalización de clases; la cantidad de personas que transitan en la zona de muestreo es poca, por lo tanto hay disminución de levantamiento de partículas.

Cuadro N° 5. Valores promedios de la determinación de Polvo Sedimentable para cada facultad en ($\text{mg}/\text{cm}^2 \times 30 \text{días}$).

Facultad	Mes de agosto	Mes de septiembre	Mes de octubre	Mes de noviembre	Promedio polvo sedimentable ($\text{mg}/\text{cm}^2 \times 30 \text{días}$)
Química y Farmacia	12,80	30,45	3,60	0,16	11,75
Odontología	9,10	19,20	1,26	0,06	7,40
Ingeniería y Arquitectura	26,39	32,48	1,60	0,16	15,16
Jurisprudencia y Ciencias Sociales	18,27	4,8	1,20	0,28	6,14
Humanidades: Filosofía	19,00	14,21	1,50	0,12	8,71
Humanidades: Psicología Y Educación	8,00	8,80	2,80	0,13	4,93

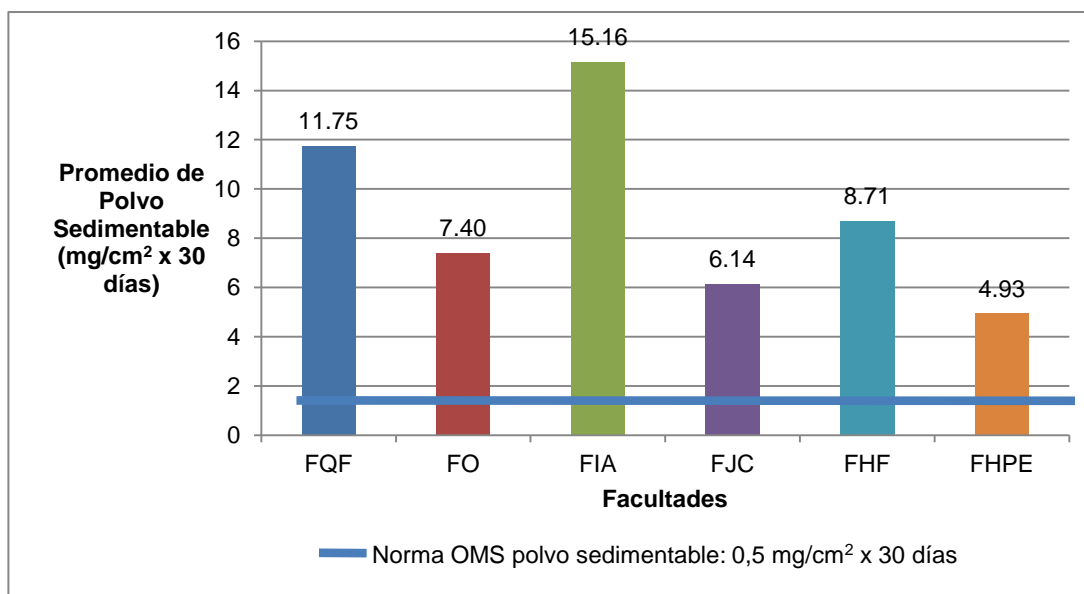


Figura N° 5. Gráfico de promedios de Polvo Sedimentable por facultad.

En la figura 5 se puede observar que:

- Todos los valores promedios de polvo sedimentable sobrepasan la normativa OMS ($0,5 \text{ mg}/\text{cm}^2 \times 30 \text{ días}$), con el valor más bajo en la facultad de Humanidades; Psicología y Educación de $4,93 \text{ mg}/\text{cm}^2 \times 30 \text{ días}$ y el más alto en la facultad de Ingeniería y Arquitectura de $15,16 \text{ mg}/\text{cm}^2 \times 30 \text{ días}$. Esto se

debe al arrastre de las partículas debido a las lluvias, las calles no pavimentadas y el levantamiento de partículas.

5.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE ÍNDICE DE CORROSIVIDAD

Cuadro N° 6. Resultados obtenidos de índice de corrosividad por facultad. Mes Agosto.

Facultad	índice corrosividad Agosto (mg/cm ² x30días)
Química y Farmacia (FQF)	4,20
Odontología (FO)	4,76
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	8,21
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	0,33
Humanidades: Filosofía (FHF)	14,14
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	20,01

Nota: Ver cálculos para determinación de índice de corrosividad, tablas de resultados N° 14 y N° 15 y Cuadro N° 23 en Anexo N° 16.

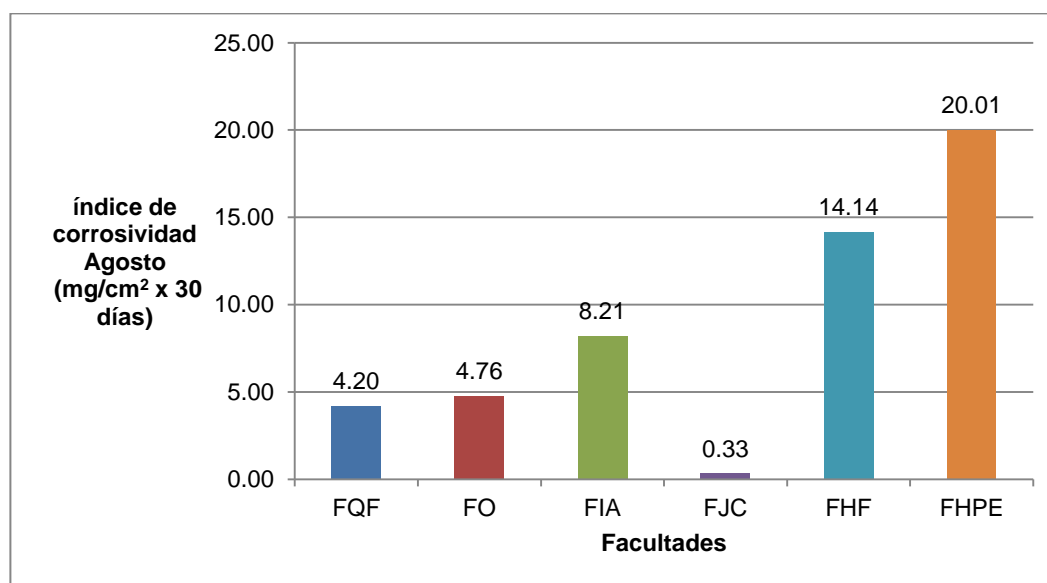


Figura N° 6. Gráfico de resultados obtenidos de índice de corrosividad por facultad. Mes Agosto.

En la figura 6 se puede observar que:

- En todas las facultades muestreadas las monedas de acero normalizadas (dispositivos de muestreo) colocadas presentaron corrosión, lo que se debe a la humedad del ambiente que contribuye a la corrosión de los metales ya que hubo lluvias en todo el mes y a la presencia de zonas verdes que generan mayor humedad y que se encuentran cercanas a los sitios de muestreo.

- El valor más alto de índice de corrosividad se encontró en la facultad de Humanidades: edificio de Psicología y Educación ($20,01 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$), debido a la humedad del ambiente, por las zonas boscosas cercanas a la facultad, además de que cerca del punto de muestreo se encuentra un taller de reparación y mantenimiento donde se utilizan solventes, pegamentos, reparaciones con soldadura autógena, que pueden contribuir a la corrosión de metales. Y el menor valor de índice de corrosividad en la facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales ($0,33 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) ya que el punto de muestreo estaba ubicado en un área protegida pues no estaba en contacto con la naturaleza, había poca humedad en el ambiente. Este parámetro expresa el índice de corrosión de los metales pero no existe normativa con la que se pueda comparar.

Cuadro N° 7. Resultados obtenidos de índice de corrosividad por facultad. Mes Septiembre.

Facultad	índice de corrosividad septiembre ($\text{mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$)
Química y Farmacia (FQF)	3,30
Odontología (FO)	2,13
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	1,13
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	0,14
Humanidades: Filosofía (FHF)	3,17
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	3,11

Nota: Ver cálculos para determinación de índice de corrosividad, tablas de resultados N° 16 y N° 17 y Cuadro N° 24 en Anexo N° 16.

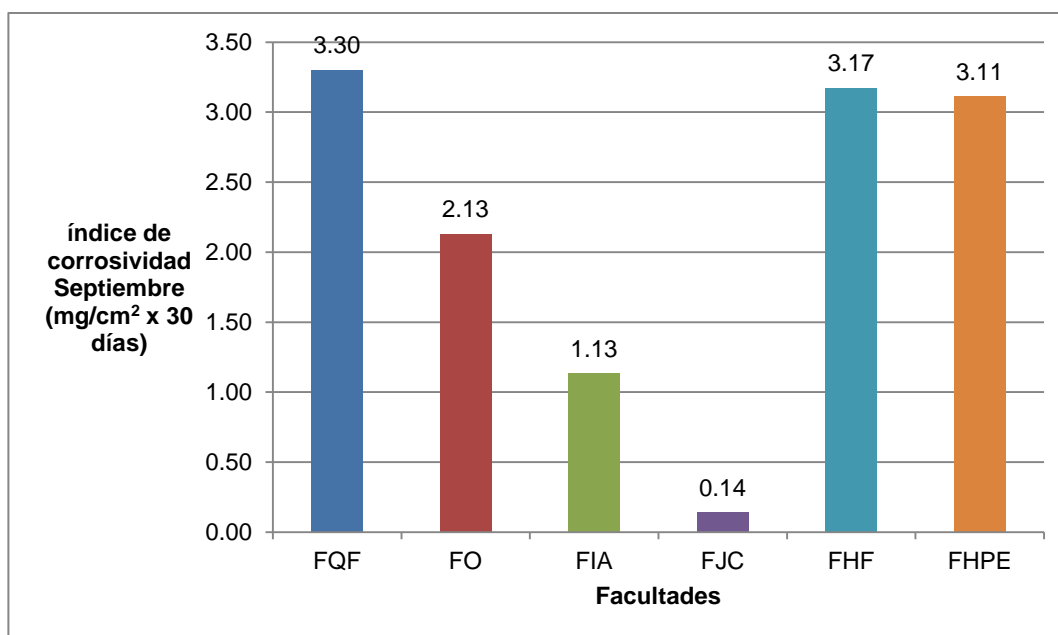


Figura N° 7. Gráfico de resultados obtenidos de índice de corrosividad por facultad. Mes Septiembre.

En la figura 7 se puede observar que:

- En todas las facultades las monedas de acero normalizadas (dispositivos de muestreo) colocadas presentaron corrosión, debido a la humedad del ambiente por las lluvias que contribuye a la corrosión de los metales y también se debe a la presencia de zonas verdes que generan mayor humedad y que se encuentran cercanas a los sitios de muestreo.

- El índice de corrosividad obtenido a través de las monedas de acero normalizado, en la facultad de Química y Farmacia presentó el valor más alto (3,30 mg/cm² x 30 días), lo que se debe a la contaminación que se genera en el ambiente durante la realización de las prácticas de laboratorio por todas las

sustancias químicas (ácidos y bases) que se utilizan; además de la humedad del ambiente que en conjunto producen corrosión en los metales.

- En la facultad de Odontología e Ingeniería hay presencia de zonas verdes las cuales generan humedad además de las lluvias de la época, lo que contribuye a la corrosión de las monedas de acero normalizadas.

- La facultad que presenta menor índice de corrosividad es Jurisprudencia (0,14 mg/cm² x 30 días) esto se debe a que el punto de muestreo estaba ubicado en un área protegida pues no estaba en contacto con la naturaleza, había poca humedad en el ambiente.

- En la facultad de humanidades: edificio Filosofía se determinó índice de corrosividad de 3,17 mg/cm² x 30 días y en Psicología y Educación 3,11 mg/cm² x 30 días; esto puede ser el resultado de la contaminación ambiental y la que es generada en el sitio de muestreo ya que, en el lugar se observó que está ubicado un taller de reparación y mantenimiento en donde se utilizan solventes y debido a la humedad ambiental por la época lluviosa.

Cuadro N° 8. Resultados obtenidos de índice de corrosividad por facultad. Mes Octubre.

Facultad	índice corrosividad Octubre (mg/cm² x 30 días)
Química y Farmacia (FQF)	0,08
Odontología (FO)	0,03
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	0,04
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	0,05
Humanidades: Filosofía (FHF)	0,10
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	0,11

Nota: Ver cálculos para determinación de índice de corrosividad, tablas de resultados N° 18 y N° 19 y Cuadro N° 25 en Anexo N° 16.

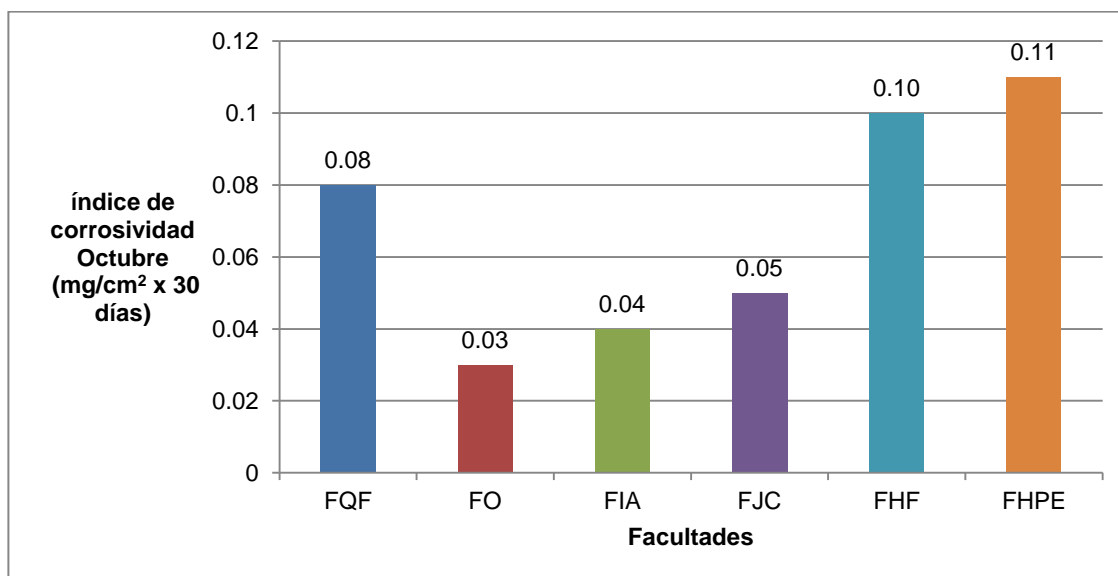


Figura N° 8. Gráfico de resultados obtenidos de índice de corrosividad por facultad. Mes Octubre.

En la figura 8 se puede observar que:

- En todas las facultades los valores de índice de corrosividad para este mes son menores que en el mes de septiembre, debido a que en octubre las lluvias disminuyeron, por lo que la presencia de humedad en el ambiente fue poca y se debió sobre todo a las zonas verdes.

- Las monedas de acero normalizado de la facultad de Humanidades presentaron los valores de índice de corrosividad más altos, en Psicología 0,11 mg/cm² x 30 días y en Filosofía 0,10 mg/cm² x 30 días debido a la humedad en el ambiente pues en el sitio de muestreo las monedas estaban en contacto con la naturaleza pues hay zonas boscosas alrededor de dicho lugar y la humedad debido a la lluvia. Además del taller de reparación donde utilizan solventes y pegamentos, que pueden producir corrosión en los metales.

Cuadro N° 9. Resultados obtenidos de índice de corrosividad por facultad. Mes Noviembre.

Facultad	índice de corrosividad Noviembre (mg/cm ² x 30 días)
Química y Farmacia (FQF)	0,05
Odontología (FO)	0,04
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	0,04
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	0,03
Humanidades: Filosofía (FHF)	0,04
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	0,03

Nota: Ver cálculos para determinación de índice de corrosividad, tablas de resultados N° 20 y N° 21 y Cuadro N° 26 en Anexo N° 16.

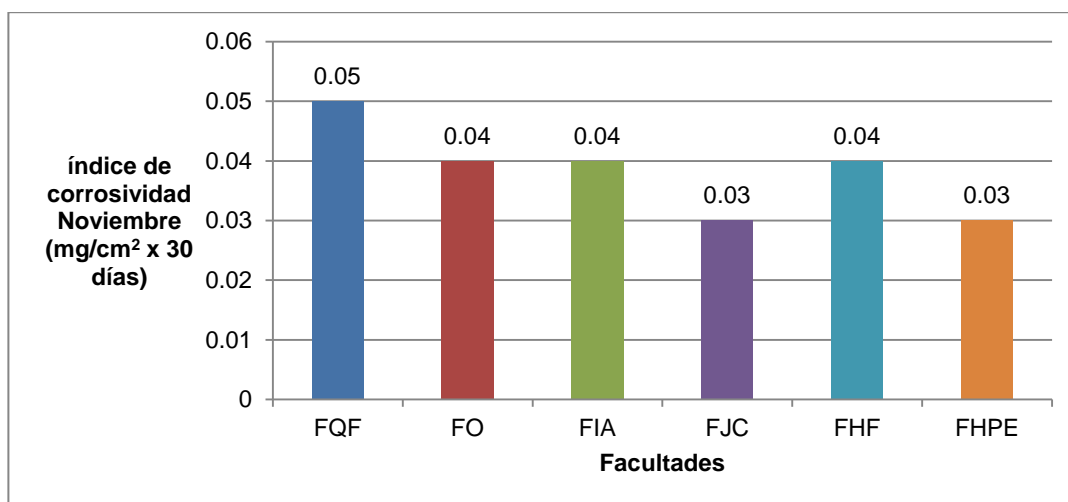


Figura N° 9. Gráfico de resultados obtenidos de índice de corrosividad por facultad. Mes Noviembre.

En la figura 9 se puede observar que:

- Todos los valores de índice de corrosividad son bajos si los comparamos a los meses anteriores, lo cual puede deberse a la época seca ya que, en este mes

ya no hubo lluvias y por ende, no había tanta humedad en el ambiente, por lo que hubo poca corrosión en las monedas de acero normalizado; presentándose el valor más alto de índice de corrosividad en la facultad de Química y Farmacia ($0,05 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$). Las actividades realizadas en los talleres de reparación ubicados en la facultad de Humanidades disminuyeron.

Cuadro N°10. Valores promedios de la determinación de índice de corrosividad para cada facultad ($\text{mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$).

Facultad	Mes de agosto	Mes de septiembre	Mes de octubre	Mes de noviembre	Promedio índice corrosividad ($\text{mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$)
Química y Farmacia	4,20	3,30	0,08	0,05	1,91
Odontología	4,76	2,13	0,03	0,04	1,74
Ingeniería y Arquitectura	8,21	1,13	0,04	0,04	2,36
Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,33	0,14	0,05	0,03	0,14
Humanidades: Filosofía	14,14	3,17	0,10	0,04	4,36
Humanidades: Psicología y Educación	20,01	3,11	0,11	0,03	5,82

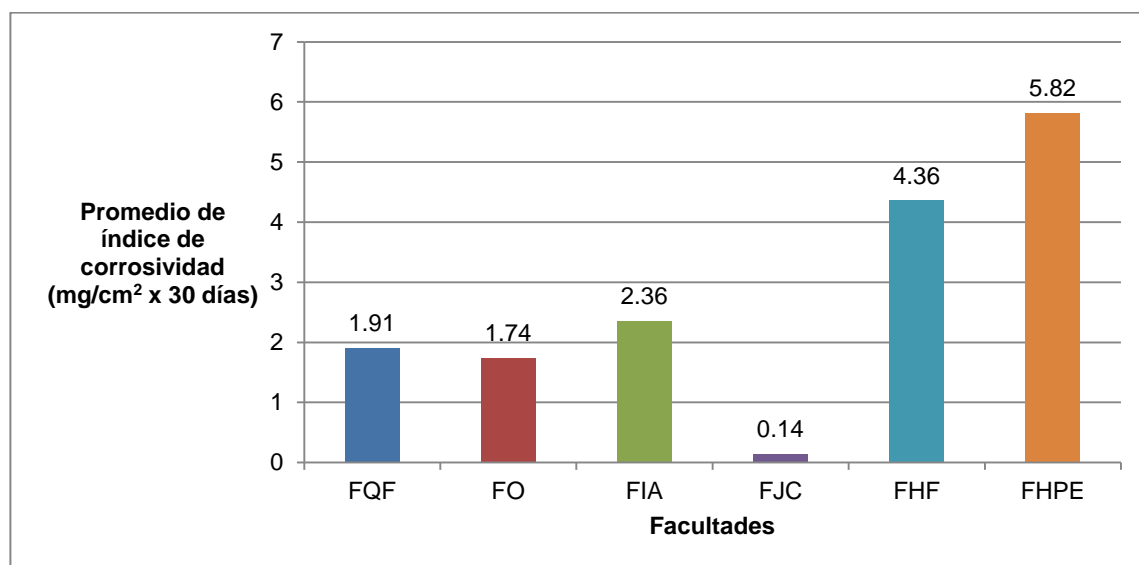


Figura N° 10. Gráfico de promedios de índice de corrosividad por facultad.

En la figura 10 se puede observar que:

- En los valores promedios de índice de corrosividad la facultad que presentó el valor más bajo es Jurisprudencia y Ciencias Sociales $0,14 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ lo que se debe a que el dispositivo de muestreo estaba colocado en un área protegida, había poca humedad en el ambiente, no hubo contacto con la naturaleza. Y el valor más alto en la facultad de Humanidades; Psicología y Educación de $5,82 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$, debido a la presencia de humedad en los alrededores del punto de muestreo por las zonas boscosas presentes y el dispositivo de muestreo estuvo expuesto a dicha humedad y también a la generada por las lluvias durante época lluviosa. Además del taller de reparación en el cual utilizan sustancias como solventes y pegamentos que contribuyen a la corrosión de los metales.

- En todas las facultades se observó corrosión en las monedas de acero normalizadas (dispositivo de muestreo) presentándose los valores más altos de índice de corrosividad en época lluviosa, sin embargo no existe normativa con la que se pueda comparar dicho parámetro.

5.3 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACIÓN DE LLUVIA ÁCIDA, MÉTODO POTENCIOMÉTRICO

Cuadro N° 11. Resultados de pH obtenidos de muestras de agua lluvia recolectadas por facultad. Mes Agosto.

Facultad	pH Agosto
Química y Farmacia (FQF)	5,91
Odontología (FO)	6,61
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	5,22
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	6,23
Humanidades: Filosofía (FHF)	5,14
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	5,27

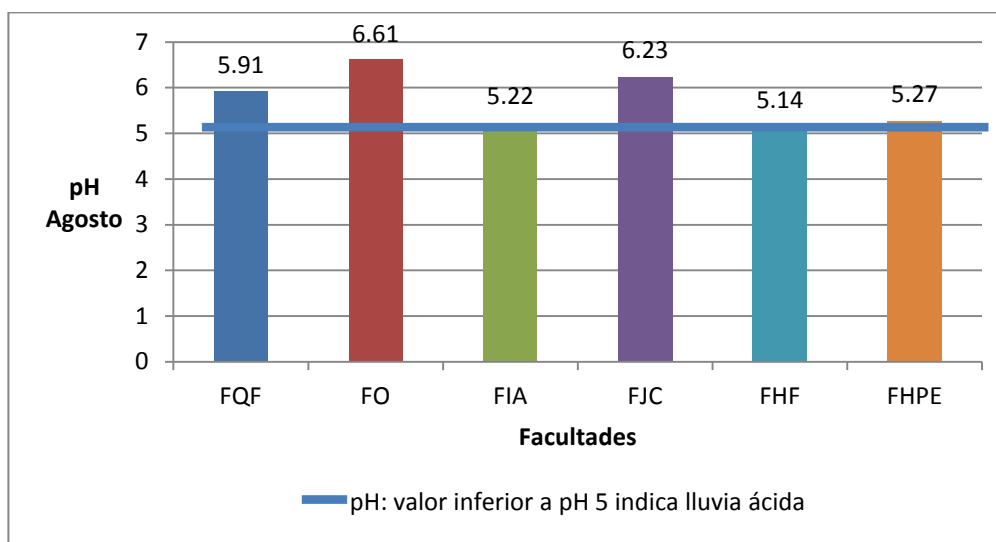


Figura N°11. Gráfico de resultados de pH obtenidos de muestras de agua lluvia recolectadas por facultad. Mes Agosto.

En la figura 11 se puede observar que:

- Las muestras de agua lluvia con pH más bajo son las de la facultad de Humanidades: Filosofía (pH 5,14) e Ingeniería (pH 5,22). Lo que se debe a la presencia de sustancias ácidas que pueden disminuir el pH ya que las áreas están ubicadas donde hay tráfico vehicular que provoca la quema de combustible fósil emitiendo a la atmósfera gases como óxidos de nitrógeno y azufre los cuales sufren transformaciones cuando entran en contacto con el vapor de agua, la luz y el oxígeno de la atmósfera formándose ácido sulfúrico y ácido nítrico que precipitan en forma de lluvia y producen descenso del pH. Cuando cae el agua disuelve una porción del dióxido de carbono presente en la atmósfera, por lo que la lluvia normal es ligeramente ácida (pH 5-5.6).

- En todas las facultades los valores de pH son mayores a pH 5, por lo que se concluye que no se determinó presencia de lluvia ácida, porque sólo la lluvia que presenta pH inferior a 5 se considera lluvia ácida.

- En la facultad de Odontología se obtuvo un pH de 6,61 y en la Facultad de Jurisprudencia un valor de pH de 6,23 a diferencia de las demás muestras que presentan pH más bajo; lo cual se debe a que en la facultad de odontología utilizan sustancias básicas en los laboratorios que pueden causar el aumento del pH en el agua lluvia y en la facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales se puede deber a que está ubicado en una zona de tráfico vehicular.

Cuadro N° 12. Resultados de pH obtenidos de muestras de agua lluvia recolectadas por facultad. Mes Septiembre.

Facultad	pH Septiembre
Química y Farmacia (FQF)	5,82
Odontología (FO)	6,85
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	7,01
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	6,68
Humanidades: Filosofía (FHF)	6,60
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	6,81

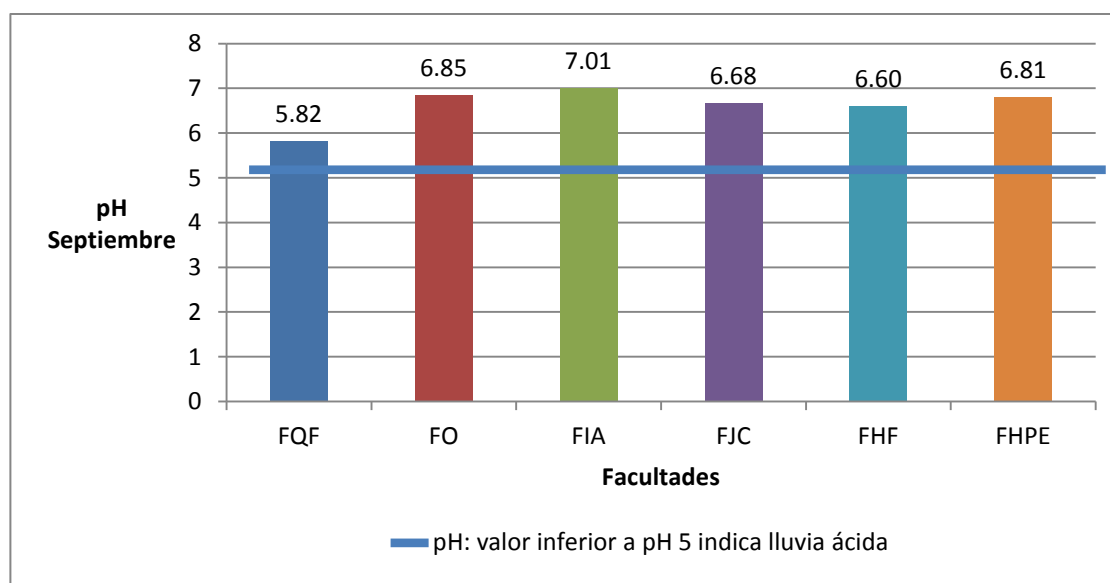


Figura N°12. Gráfico de resultados de pH obtenidos de muestras de agua lluvia recolectadas por facultad. Mes Septiembre.

En la figura 12 se puede observar que:

- En todas las facultades los valores de pH son mayores a pH 5, por lo que se concluye que no se determinó presencia de lluvia ácida, porque sólo la lluvia que presenta pH inferior a 5 se considera lluvia ácida.

- La muestra de agua lluvia que presenta pH más bajo es la facultad de Química y Farmacia (pH 5,82), esto se debe a que en los laboratorios de dicha facultad hay liberación de gases provenientes de ácidos orgánicos y sustancias básicas que se utilizan en las prácticas habituales de la facultad; éstos son liberados a la atmósfera y luego regresan a la superficie terrestre en forma de lluvia.

Cuadro N° 13. Resultados de pH obtenidos de muestras de agua lluvia recolectadas por facultad. Mes Octubre.

Facultad	pH Octubre
Química y Farmacia (FQF)	7,46
Odontología (FO)	7,95
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	7,26
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	7,18
Humanidades: Filosofía (FHF)	6,85
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	7,30

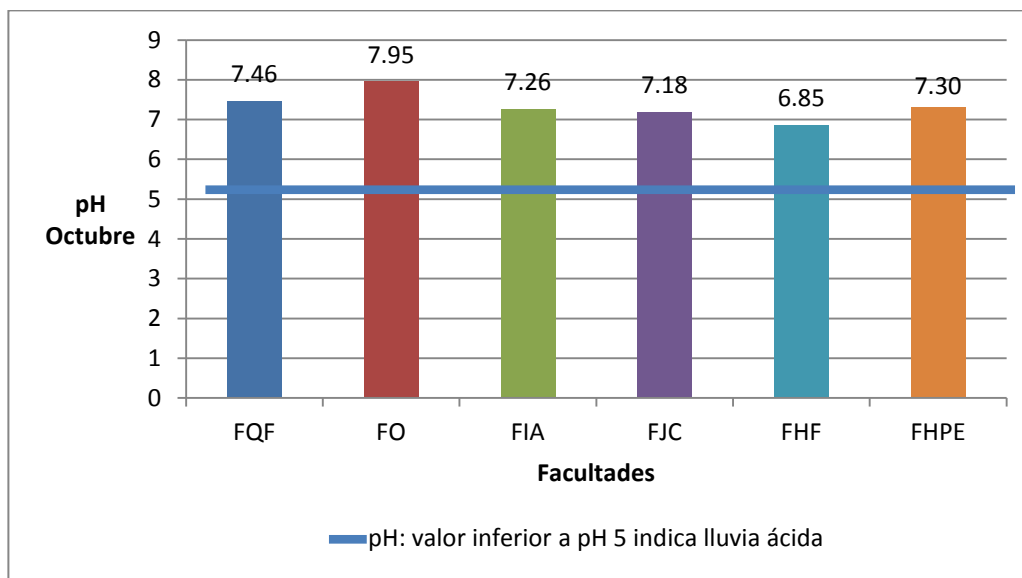


Figura Nº13. Gráfico de resultados de pH obtenidos de muestras de agua lluvia recolectadas por facultad. Mes Octubre.

En la figura 13 se puede observar que:

- En todas las facultades los valores de pH son mayores a pH 5, por lo que se concluye que no se determinó presencia de lluvia ácida, porque sólo la lluvia que presenta pH inferior a 5 se considera lluvia ácida.
- La muestra de agua lluvia que presenta pH más bajo es la facultad de Humanidades: Filosofía (6,85). En este mes se colocó agua destilada a los dispositivos de muestreo ya que las lluvias disminuyeron por el cambio de época lluviosa a época seca; se estuvieron monitoreando periódicamente y debido a los fuertes vientos de la época se decidió agregarles agua destilada, la cual presentaba un pH de 6,93. Después de haber agregado agua destilada hubo lluvias en dicho mes, la muestra recolectada contenía agua lluvia + agua destilada; por esa razón los valores de pH son altos.

Cuadro N°14. Valores promedios de la determinación de pH en las muestras de agua lluvia para cada facultad.

Facultad	Mes de agosto	Mes de septiembre	Mes de octubre	Promedio de pH
Química y Farmacia	5,91	5,82	7,46	6,39
Odontología	6,61	6,85	7,95	7,14
Ingeniería y Arquitectura	5,22	7,01	7,26	6,49
Jurisprudencia y Ciencias Sociales	6,23	6,68	7,18	6,69
Humanidades: Filosofía	5,14	6,60	6,85	6,19
Humanidades: Psicología y Educación	5,27	6,81	7,30	6,46

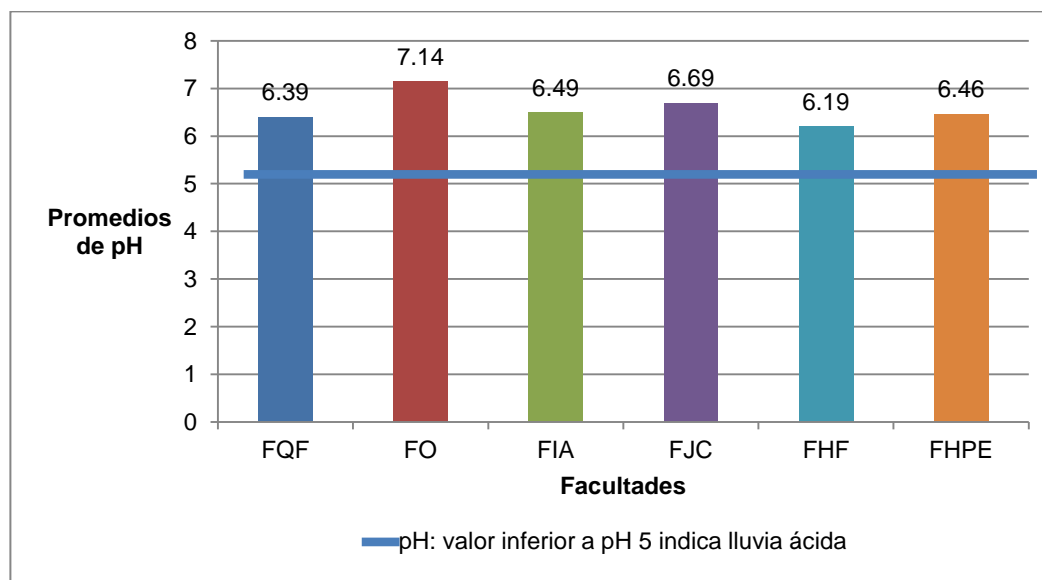


Figura N° 14. Gráfico de promedios de pH por facultad.

En la figura 14 se puede observar que:

- En los valores promedios de pH la facultad de Humanidades: Filosofía presentó el valor más bajo de pH 6,19 lo que puede deberse a que hay tráfico vehicular en la zona. El valor más alto en la facultad de Odontología pH 7,14. debido a que los estudiantes en las prácticas odontológicas emplean

sustancias de carácter básico y además de que cerca del lugar está ubicado un local donde emplean yeso y pinturas para decorar objetos como mesas, sillas, entre otros; lo cual puede provocar variaciones del pH.

- En todas las facultades los valores promedios de pH son mayores a pH 5, por lo que se concluye que no se determinó presencia de lluvia ácida, porque sólo la lluvia que presenta pH inferior a 5 se considera lluvia ácida.

5. 4 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACIÓN DE NITRATOS EN AGUA LLUVIA

Cuadro N°15. Resultados de la determinación de Nitratos en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Agosto.

Facultad	Concentración Nitratos (mg/L) Agosto
Química y Farmacia (FQF)	0,090
Odontología (FO)	0,958
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	0,043
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	0,554
Humanidades: Filosofía (FHF)	0,031
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	0,491

Nota: Ver cálculos para determinación de Nitratos y cuadro de resultados N° 27, 28 y 29 en Anexo N° 17.

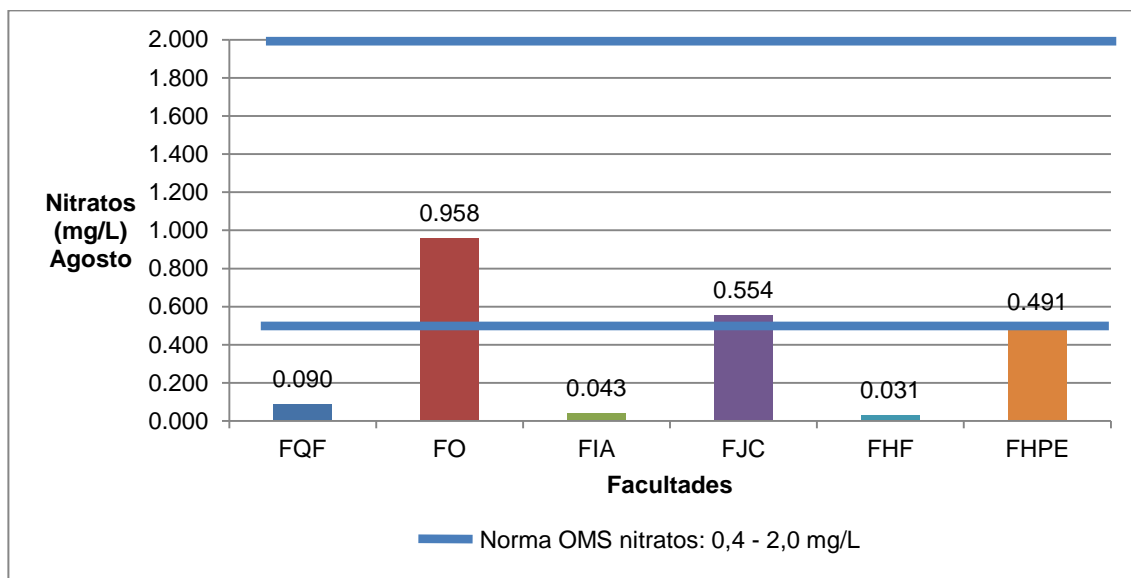


Figura N° 15. Gráfico de concentración de nitratos determinada en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Agosto.

En la figura 15 se puede observar que:

- Todos los valores de nitratos en todas las facultades cumplen con la normativa para dicho contaminante ya que todos los resultados están dentro de los límites permitidos por la Organización Mundial de la Salud (0.4 – 2.0 mg/L nitratos).
- La presencia de nitratos en agua lluvia puede deberse al tráfico vehicular que hay en las zonas de muestreo; ya que en base al ciclo del nitrógeno, el uso de combustibles por parte del transporte automotor que emite gases a la atmósfera (óxidos de nitrógeno y azufre) y las actividades industriales contribuyen a la formación de nitratos debido al proceso de nitrificación, los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

Cuadro N°16. Resultados de la determinación de Nitratos en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Septiembre.

Facultad	Concentración Nitratos (mg/L) Septiembre
Química y Farmacia (FQF)	0,029
Odontología (FO)	1,196
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	0,139
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	0,801
Humanidades: Filosofía (FHF)	0,021
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	0,061

Nota: Ver cálculos para determinación de Nitratos y cuadro de resultados N° 27, 30 y 31 en Anexo N° 17.

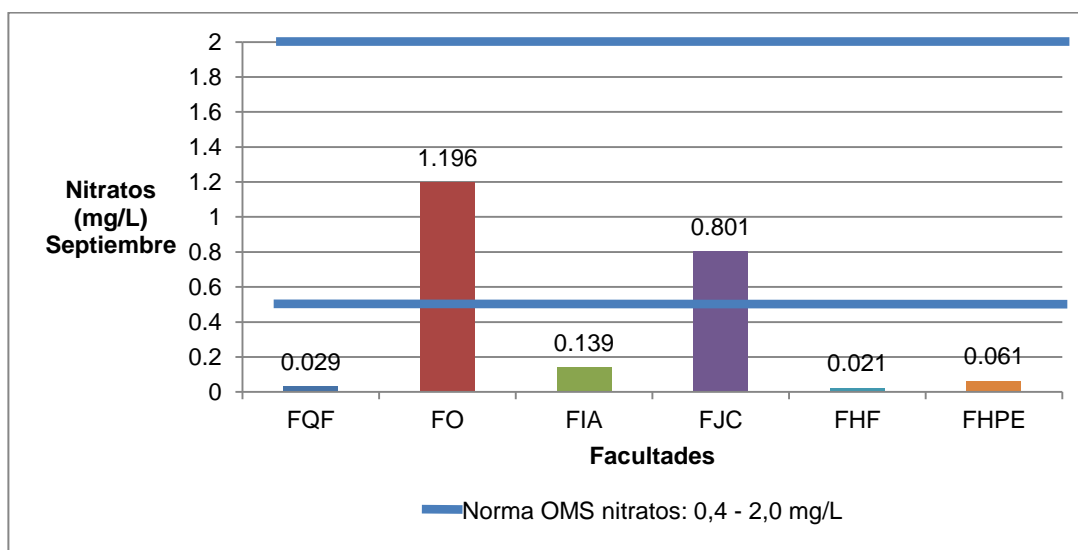


Figura N° 16. Gráfico de concentración de nitratos determinada en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Septiembre.

En la figura 16 se puede observar que:

- Todos los valores de nitratos en todas las facultades cumplen con la normativa para dicho contaminante ya que todos los resultados están dentro de los límites permitidos por la Organización Mundial de la Salud (0.4 – 2.0 mg/L nitratos).

- La presencia de nitratos en agua lluvia puede deberse al tráfico vehicular que hay en las zonas de muestreo; ya que en base al ciclo del nitrógeno, el uso de combustibles por parte del transporte automotor que emite gases a la atmósfera (óxidos de nitrógeno y azufre) y las actividades industriales contribuyen a la formación de nitratos debido al proceso de nitrificación, los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

Cuadro N°17. Resultados de la determinación de Nitratos en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Octubre.

Facultad	Concentración Nitratos (mg/L) Octubre
Química y Farmacia (FQF)	0,376
Odontología (FO)	2,944
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	0,669
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	2,895
Humanidades: Filosofía (FHF)	0,735
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	0,684

Nota: Ver cálculos para determinación de Nitratos y cuadro de resultados N° 27, 32 y 33 en Anexo N° 17.

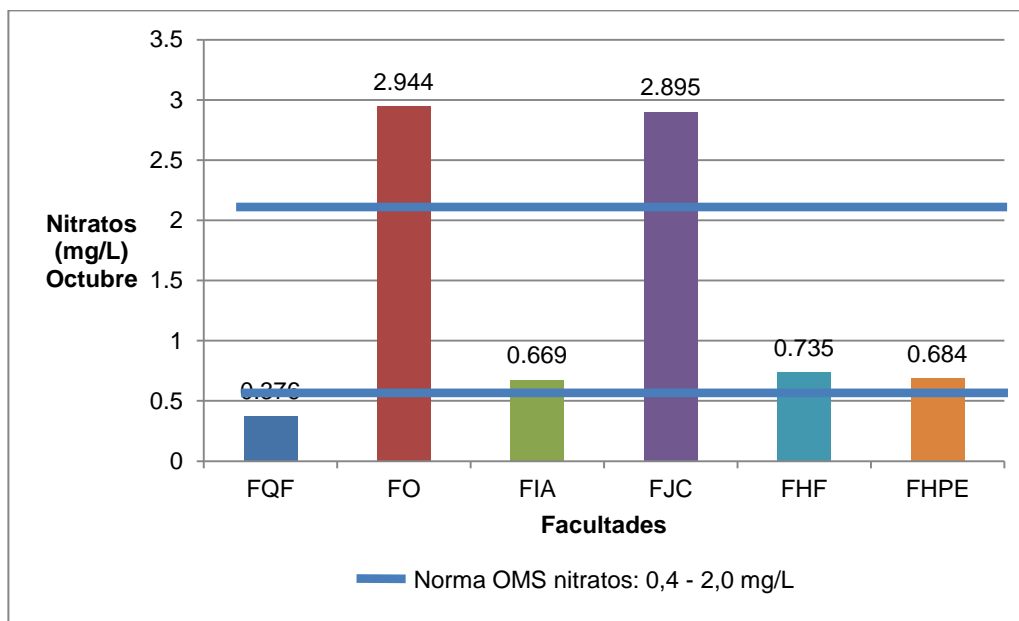


Figura N° 17. Gráfico de concentración de nitratos determinada en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Octubre.

En la figura 17 se puede observar que:

- La facultad de Odontología presenta un valor de 2,944 mg/L de nitratos y la facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales 2,895 mg/L, los cuales sobrepasan el límite máximo permitido por la OMS (0.4 – 2.0 mg/L de nitratos); esto se debe a que en ambas facultades hay alto tráfico vehicular. La quema de combustibles emite gases a la atmósfera (óxidos de nitrógeno y azufre), los cuales reaccionan químicamente con el vapor de agua y otras sustancias de la atmósfera formando ácidos sulfúrico y nítrico que caen en forma de lluvia.

- La presencia de nitratos en agua lluvia puede deberse al tráfico vehicular que hay en las zonas de muestreo; ya que en base al ciclo del nitrógeno, el uso de combustibles por parte del transporte automotor que emite gases a la atmósfera (óxidos de nitrógeno y azufre) y las actividades industriales contribuyen a la formación de nitratos debido al proceso de nitrificación, los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- Para las demás facultades los valores de nitratos cumplen con la normativa para dicho contaminante ya que los resultados están dentro de los límites permitidos (0.4 – 2.0 mg/L).

- En octubre las lluvias disminuyeron por el cambio de época lluviosa a época seca; por esa razón hubo mayor concentración de nitratos en todas las muestras de agua lluvia ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

Cuadro N° 18. Valores promedios de la determinación de Nitratos de las muestras de agua lluvia para cada facultad.

Facultad	Nitratos agosto (mg/L)	Nitratos septiembre (mg/L)	Nitratos octubre (mg/L)	Promedio Nitratos (mg/L)
Química y Farmacia	0,090	0,029	0,376	0,165
Odontología	0,958	1,196	2,944	1,699
Ingeniería y Arquitectura	0,043	0,139	0,669	0,283
Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,554	0,801	2,895	1,416
Humanidades: Filosofía	0,031	0,021	0,735	0,262
Humanidades: Psicología y Educación	0,491	0,061	0,684	0,412

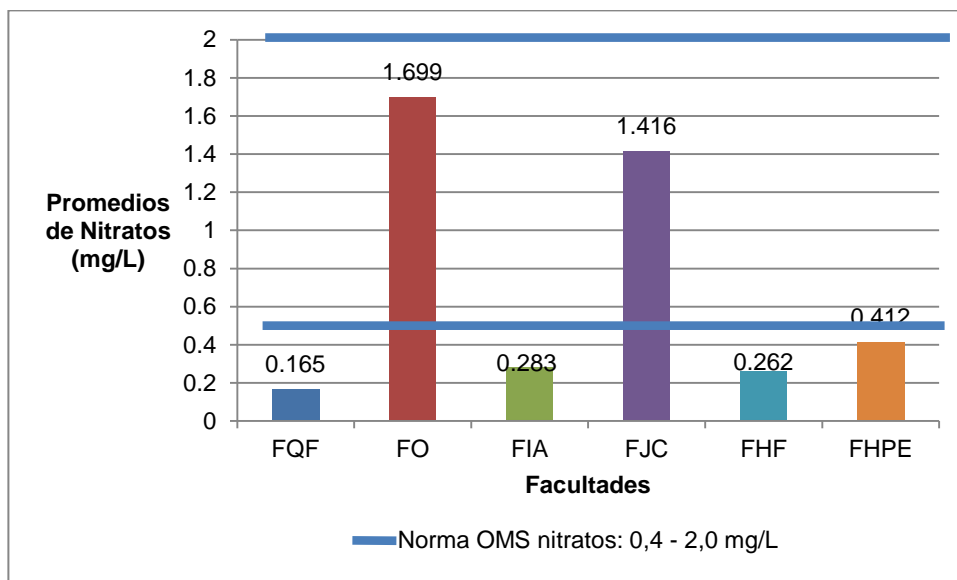


Figura N° 18. Gráfico de promedios de nitratos para cada facultad.

En la figura 18 se puede observar que:

- En los valores promedios de Nitratos el valor más bajo lo presentó la facultad de Química y Farmacia con 0,165 mg/L nitratos y los valores más altos en la facultad de Odontología 1,699 mg/L y en Jurisprudencia 1,416 mg/L.
- En la facultad de Química y Farmacia hubo menor presencia de tráfico vehicular, por lo que en los 3 meses de análisis los valores de nitratos son los más bajos.
- En todas las zonas de muestreo hay presencia de tráfico vehicular, pero en la facultad de Odontología y Jurisprudencia hay mayor presencia de tráfico vehicular y debido a eso los valores promedios de nitratos en dichas facultades son los más altos.
- En época seca hay mayor concentración de nitratos en el agua ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la

deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

5.5 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACIÓN DE SULFATOS EN AGUA LLUVIA

Cuadro N° 19. Resultados de la determinación de Sulfatos en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Agosto.

Facultad	Concentración Sulfatos (mg/L) Agosto
Química y Farmacia (FQF)	4,792
Odontología (FO)	5,417
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	3,542
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	9,655
Humanidades: Filosofía (FHF)	5,208
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	5,104

Nota: Ver cálculos para determinación de Sulfatos y cuadro de resultados N° 34 y 35 en Anexo N° 18.

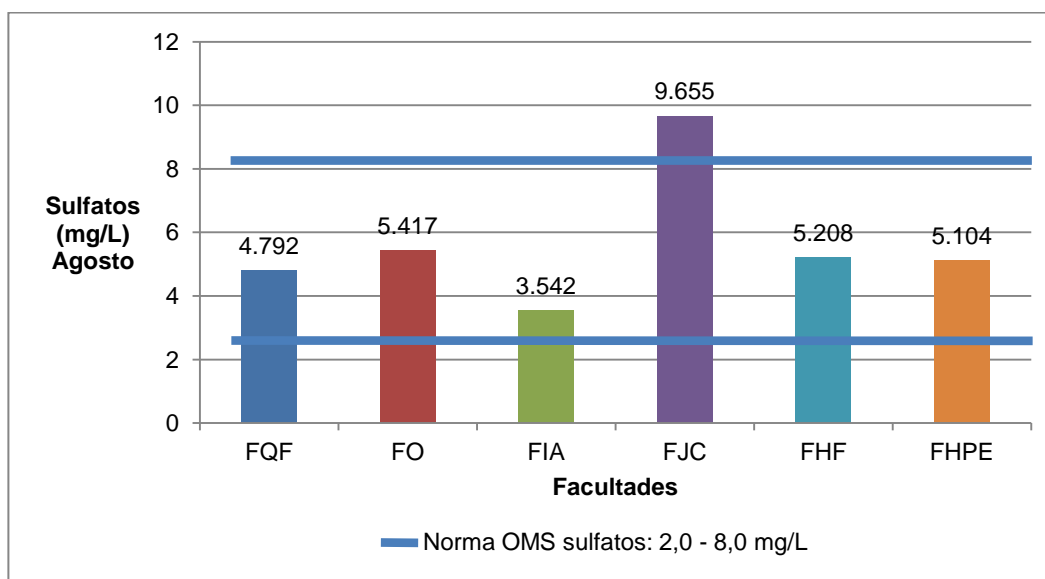


Figura N° 19. Gráfico de concentración de sulfatos determinada en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Agosto.

En la figura 19 se puede observar que:

- De todas las facultades la única que no cumple con la normativa para sulfatos es la facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales ya que se obtuvo un valor de 9,655 mg/L que sobrepasa del límite máxima permitido por la OMS (2-8 mg/L); esto se debe a la presencia de alto tráfico vehicular en la zona de muestreo, que genera gases contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) debido a la quema de combustibles fósiles, los óxidos de azufre sufren transformaciones en la atmósfera, por acción de microorganismos como bacterias que descomponen la materia orgánica y los oxidan, contribuyendo a la formación de sulfatos los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones. El número de estudiantes permanece en la facultad alrededor de 15 horas.

- En todas las facultades hay tráfico vehicular, pero en Jurisprudencia es mayor, razón por la cual los valores de sulfatos son más altos en dicha facultad.

Cuadro N° 20. Resultados de la determinación de Sulfatos en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Septiembre.

Facultad	Concentración Sulfatos (mg/L) Septiembre
Química y Farmacia (FQF)	3,438
Odontología (FO)	3,125
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	5,417
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	9,310
Humanidades: Filosofía (FHF)	4,688
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	4,896

Nota: Ver cálculos para determinación de Sulfatos y cuadro de resultados N° 34 y 36 en Anexo N° 18.

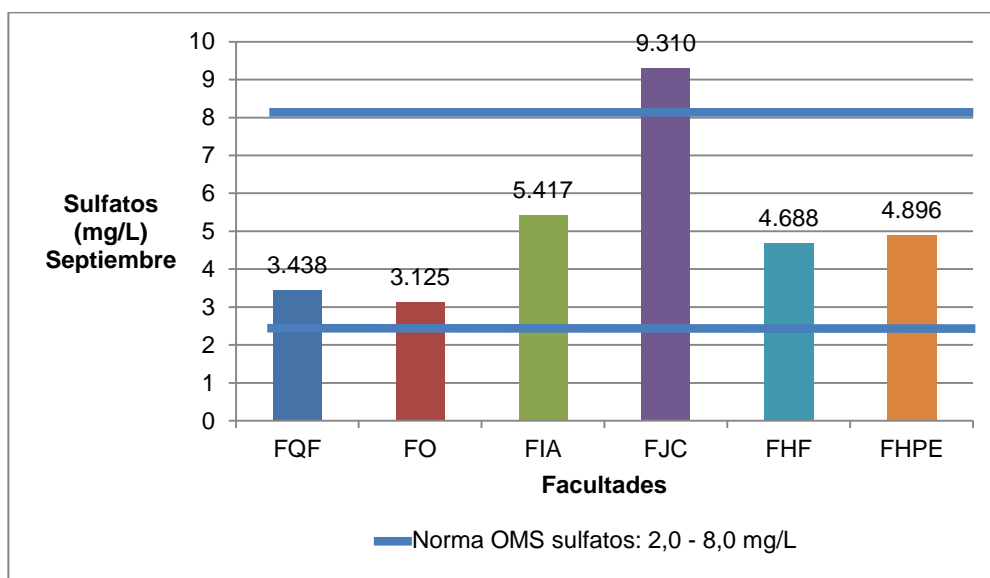


Figura N° 20. Gráfico de concentración de sulfatos determinada en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Septiembre.

En la figura 20 se puede observar que:

- De todas las facultades la única que no cumple con la normativa es la facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales ya que se obtuvo un valor de 9,310mg/L de sulfatos que sobrepasa del límite máximo permitido por la OMS (2-8 mg/L); esto se debe a la presencia de alto tráfico vehicular en la zona de muestreo, que genera gases contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) debido a la quema de combustibles fósiles, los óxidos de azufre sufren transformaciones en la atmósfera, por acción de microorganismos como bacterias que descomponen la materia orgánica y los oxidan, contribuyendo a la formación de sulfatos los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones. El número de estudiantes permanece en la facultad alrededor de 15 horas.
- En todas las facultades hay tráfico vehicular, pero es mayor en Jurisprudencia, razón por la cual los valores de sulfatos son más altos en dicha facultad.

Cuadro N° 21. Resultados de la determinación de Sulfatos en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Octubre.

Facultad	Concentración Sulfatos (mg/L) Octubre
Química y Farmacia (FQF)	11,281
Odontología (FO)	13,276
Ingeniería y Arquitectura (FIA)	11,033
Jurisprudencia y Ciencias Sociales (FJC)	17,427
Humanidades: Filosofía (FHF)	13,621
Humanidades: Psicología y Educación (FHPE)	12,025

Nota: Ver cálculos para determinación de Sulfatos y cuadro de resultados N° 34 y 37 en Anexo N° 18.

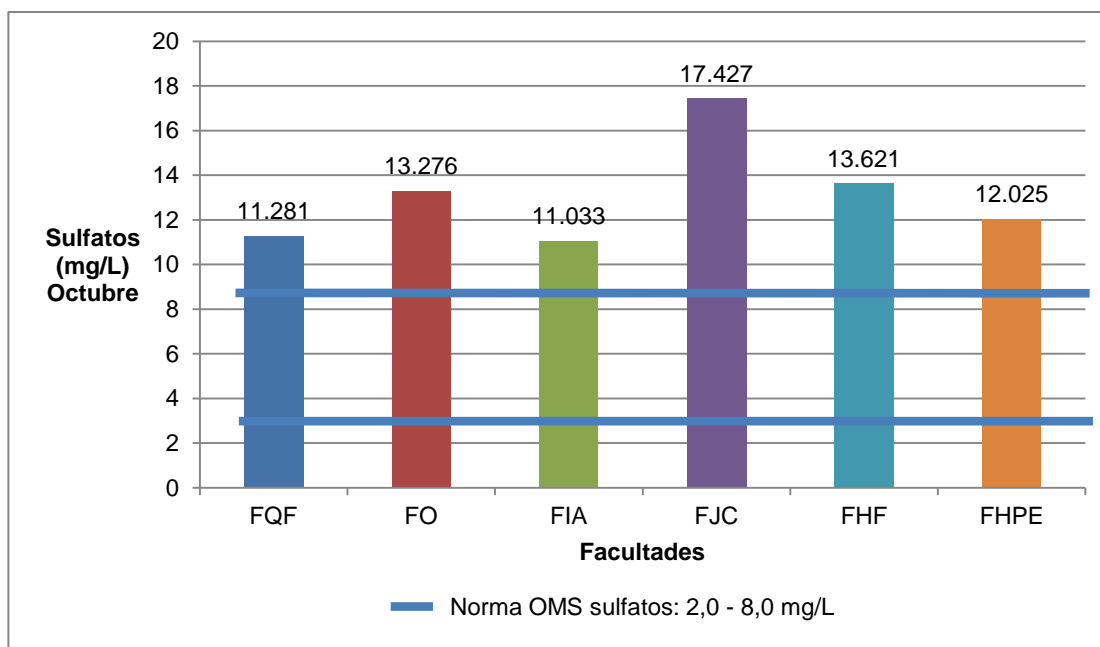


Figura N° 21. Gráfico de concentración de sulfatos determinada en muestras de agua lluvia por facultad. Mes Octubre.

En la figura 21 se puede observar que:

- En todas las facultades los valores de sulfatos no cumplen con la normativa para dicho contaminante ya que los resultados sobrepasan los límites permitidos (2-8 mg/L), debido al cambio de época lluviosa a época seca; encontrándose mayor concentración de sulfatos en las aguas ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera.

- La facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales presenta el valor más alto de sulfatos 9,655 mg/L debido al tráfico vehicular en la zona de muestreo, que genera gases contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) debido a la quema de combustibles fósiles, los óxidos de azufre sufren transformaciones en la atmósfera, por acción de microorganismos como bacterias que descomponen la materia orgánica y los oxidan, contribuyendo a la formación de sulfatos.

- En época seca hay mayor concentración de sulfatos en el agua, hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

Cuadro N° 22. Valores promedios de la determinación de Sulfatos de las muestras de agua lluvia para cada facultad.

Facultad	Sulfatos agosto (mg/L)	Sulfatos septiembre (mg/L)	Sulfatos octubre (mg/L)	Promedio Sulfatos (mg/L)
Química y Farmacia	4,792	3,438	11,281	6,504
Odontología	5,417	3,125	13,276	7,273
Ingeniería y Arquitectura	3,542	5,417	11,033	6,664
Jurisprudencia y Ciencias Sociales	9,655	9,310	17,427	12,131
Humanidades: Filosofía	5,208	4,688	13,621	7,839
Humanidades: Psicología y Educación	5,104	4,896	12,025	7,342

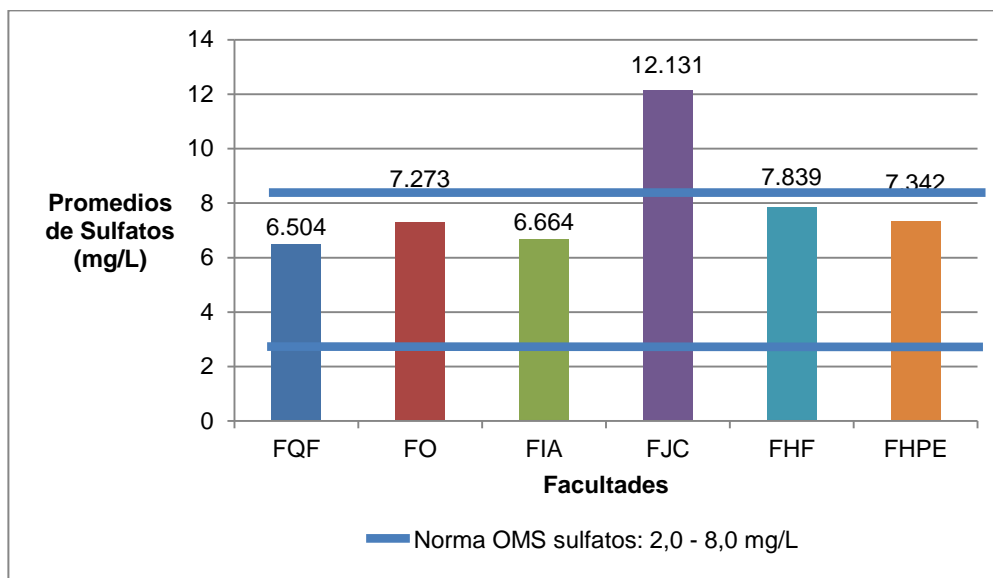


Figura N° 22. Gráfico de promedios de sulfatos para cada facultad.

En la figura 22 se puede observar que:

- En los valores promedios de sulfatos la facultad que presentó el valor más bajo es la facultad de Química y Farmacia con 6,504 mg/L de sulfatos y el más alto en la facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales 12,131 mg/L sulfatos.

- En la facultad de Química y Farmacia hay menor presencia de tráfico vehicular, por lo que en los 3 meses de análisis los valores de sulfatos son los más bajos.

- En todas las zonas de muestreo hay presencia de tráfico vehicular, pero en la facultad de Jurisprudencia hay mayor presencia de tráfico vehicular y debido a eso el valor promedio de sulfatos en dicha facultad sobrepasa la normativa.

El tráfico vehicular en la zona de muestreo genera gases contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) debido a la quema de combustibles fósiles, los óxidos de azufre sufren transformaciones en la atmósfera, por acción de microorganismos como bacterias que descomponen la materia orgánica y los oxidan,

contribuyendo a la formación de sulfatos los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

Capítulo VI

Conclusiones

6. CONCLUSIONES

1. Los valores obtenidos de polvo sedimentable en cada una de las facultades se encuentran entre (4,80 - 32,48 mg/cm² x 30 días) en época lluviosa sobrepasando la normativa OMS para polvo sedimentable que es (0,5 mg/cm² x 30 días), debido a la cantidad de partículas que son arrastradas por la lluvia. En época seca los valores obtenidos (0,06 - 3,60 mg/cm² x 30 días) también sobrepasan el límite permitido aunque son valores más bajos ya que no hay arrastre de partículas.
2. Los resultados de índice de corrosividad oscilan entre (0,03 - 20,01 mg/cm² x 30 días) presentándose los valores más altos en los meses de agosto y septiembre, debido a la presencia de humedad de la época lluviosa que favorece la corrosión de los metales; y los valores más bajos de corrosividad en la época seca (octubre y noviembre). Debido a que no existe normativa para índice de corrosividad no se hace la respectiva referencia.
3. Los valores de pH del agua lluvia oscilaron entre (pH 5,14 – 7,95) en las muestras analizadas, los cuales no indican presencia de lluvia ácida ya que únicamente pH menores a 5 en agua lluvia se consideran lluvia ácida.
4. Los valores de nitratos cuantificados en las muestras de agua lluvia oscilaron en un rango de (0,021 – 1,196 mg/L) en época lluviosa cuyos resultados se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa OMS para nitratos (0.4 – 2.0 mg/L). En época seca oscilaron entre (0,376 - 2,944 mg/L nitratos) dentro del cual el valor 2,944 mg/L no cumple con la norma OMS ya que sobrepasa el límite máximo permitido; su presencia se debe al tráfico vehicular y a la descomposición de materia orgánica por los

microorganismos.

5. Los valores de sulfatos oscilaron en (3,125 – 9,655 mg/L de sulfatos) en época lluviosa y en (11,033 - 17,427 mg/L) en época seca. Tanto en época lluviosa como en época seca se encontraron valores que sobrepasan el límite permitido por la norma OMS para sulfatos (2-8 mg/L sulfatos); debido al tráfico vehicular, por la quema de combustibles fósiles y bacterias descomponedoras de materia orgánica que contribuyen a su formación.

Capítulo VII
Recomendaciones

7. RECOMENDACIONES

1. Que las autoridades de la Universidad de El Salvador velen por el establecimiento del ordenamiento físico en cada facultad, la ubicación de los talleres de reparación y mantenimiento que se encuentran dentro de la Ciudad Universitaria para que disminuya la contaminación.
2. Que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), ViceMinisterio de Transporte (VMT), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y demás autoridades correspondientes velen por el cumplimiento de la ley del medio ambiente y establezcan programas de vigilancia de las emanaciones a la atmósfera de los diferentes contaminantes.
3. Que cada facultad vele por la seguridad e higiene ocupacional de los estudiantes y trabajadores de las mismas, con relación a las actividades que se realizan en los laboratorios.
4. Dar mantenimiento, reforestar y conservar las áreas verdes que existen en la Ciudad Universitaria ya que favorecen la disminución del efecto invernadero y regulación del clima.
5. Se debe incentivar la formación de equipos multidisciplinarios que contribuyan a conservar un medio ambiente que asegure la existencia y desarrollo de las futuras generaciones.
6. Crear la unidad del medio ambiente en la Universidad de El Salvador que vele por la calidad ambiental de la Universidad de El Salvador.

7. Que se realicen más estudios para determinar la contaminación del medio ambiente en la Ciudad Universitaria no solo con los parámetros investigados en este trabajo sino también incluir parámetros meteorológicos.
8. Que exista personal competente encargado de monitorear de forma permanente la contaminación ambiental en la Universidad de El Salvador Central, por lo menos dos veces al año y que se le provea del equipamiento necesario para dichas investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Alvarado M. Diagnóstico de la situación medio ambiental de El Salvador [Internet]. EcoPortal.net El Directorio Ecológico y Natural. 2006. Disponible en: <<http://www.ecoport.net/content/view/full/63546>>. [Consultado en febrero 2010]
- 2- Álvarez Ruano, Jenny Esther. González Canjura, María Emma. Identificación de algunos contaminantes atmosféricos de la Zona Metropolitana de San Salvador en época seca. Trabajo de Graduación. Facultad de Química y Farmacia-Biología, Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer. San Salvador. Abril de 1997. p. 1 -105
- 3- Aparicio Echegoyen, Blanca Eloisa. Martell Majano, Johanna Lissette. Identificación de algunos contaminantes atmosféricos emanados por el transporte en la ciudad de San Salvador. Trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia-Biología, Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer. San Salvador. Marzo 1996. p. 1-37
- 4- APHA (American Public Health Association). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17 ed. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos. 1992. 10-221 p.
- 5- Centro de Documentación e Información en Salud OPS/OMS (Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud). Salud ambiental, de lo global a lo local. Washington, D. C. Editor Howard Frumkin. 2010. 1267 p.

- 6- Centro Nacional del Medio Ambiente de la Universidad de Chile para la Comisión Nacional del Medio Ambiente. Estudio de la calidad de aire en regiones urbano industriales de Chile [Internet]. 2002. Disponible en: <<http://www.sinia.cl/1292/fo-article28198.pdf>>. [Consultado el 09 de junio 2010]
- 7- Cortez, R. "Informe anual de la calidad del aire en El Salvador". Laboratorio de Calidad Integral, FUSADES. Antiguo Cuscatlán, El Salvador. 1997.
- 8- Enciclopedia Virtual. La contaminación ambiental, ecología del Perú. [Internet]. Capítulo 22, tema 4. 2009. Disponible en: <http://www.peruecologico.com.pe/lib_c22_t04.htm> [Consultado en mayo de 2010]
- 9- García Romero, Margarita Elizabeth. Alfaro Monge, Ana Fabiola. Larios Gómez, Wilman Antonio. Estudio del grado de acidez de las aguas lluvias e índice de corrosividad atmosférico en el Boulevard del Ejército Nacional de San Salvador. Trabajo de graduación. San Salvador. El Salvador. Universidad de El Salvador. Junio 1999.
- 10- Hernández, C. Polvo sedimentable, asma bronquial y enfermedades respiratorias agudas: San Antonio de los Baños, 1994 – 2003 [Revista en internet] V. 8, n1, pp 0 – 0. ISSN 1729 – 519X. La Habana, Cuba. Revista Habanera de Ciencias Médicas. 2009. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1729-19X2009000100017&script=sci_arttext> [Consultado 16 de junio 2010]

- 11-IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). Parámetros empleados para caracterizar la lluvia ácida [Internet]. Colombia. 2010. Disponible en:
<<http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=101>>
[Consultado 18 julio de 2010]
- 12-Influencia de la composición del agua en los procesos de corrosión [Internet]. 2004. Disponible en:
<http://www.miliarium.com/Proyectos/EstudiosHidrogeologicos/Anejos/Corrosion_Incrustaciones/Corrosiones.htm> [Consultado en junio de 2010]
- 13-Manual de Laboratorio de Química Analítica III. 2011. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. Manual de manejo de Equipo: Espectrofotómetro UV-1800.
- 14-Miranda G. Deforestación [Internet]. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos14/deforestacion/deforestacion.shtml>
[Consultado en marzo de 2010]
- 15-Padilla, E. 1999. Estudio de la corrosión de materiales en atmósfera de Lima - Método Alcan [revista en internet]. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geología, Minera, Metalúrgica y Geográfica. V2, n4. Lima dic. Disponible en:
<http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-08881999000200007> [Consultado en abril de 2010]
- 16-Rivero O. Contaminación atmosférica y enfermedad respiratoria. GOES México. 1993. p. 136-177

17-Rodríguez, A. Química del Agua: lluvia ácida y sus efectos [Internet].

Disponible en:

<<http://www.fcyt.umss.edu.bo/docentes/29/documentos/lluviaAcidaSusEfectos.pdf>> [Consultado en julio de 2010]

18-Schäfer, A. Lluvia ácida: Efectos de la acidificación [Internet]. Mundo, ecología y medio ambiente. Disponible en:

<<http://mundoecologia.portalmundos.com/lluvia-acida-efectos-de-la-acidificacion/>> [Consultado en mayo de 2010]

19-Selección de procedimientos para medir la calidad del aire. Publicación en offset. 2010. [Consultado 2010]

20-Simposio. 1971. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centroamérica. Simposio: Problemas de Contaminación del Ambiente Urbano. 1ª ed. p. 93, 96-97, 101.

21-Swisscontact. Dispersión de la contaminación atmosférica causada por el tráfico vehicular, aplicación de un modelo matemático para Ciudad de Guatemala y San Salvador. 2000. p. 1-9.

22- Toledo J. "Control de la contaminación del aire". Guatemala. 1996. p. 12-19.

23-Wikipedia, la enciclopedia libre. Lluvia ácida [internet]. 2010. Disponible en:<http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_atmosf%C3%A9rica> [Consultado en febrero de 2010]

24-Determinación de niveles de inmisión de partículas sedimentables. [Internet]

Disponible en:

<http://personal.us.es/jmorillo/medicion5/particulas_sedimentables.pdf>

[Consultado en abril de 2010]

25-Ley de Medio Ambiente [Internet]. 04 Mayo 1998. San Salvador, El Salvador.

35 p. Disponible en:

<http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/el_salvador/el_salvador_233

.pdf> [Consultado en Octubre 2010]

26-Lluvia ácida. [Internet]. Disponible en:

<http://platea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/3_eso_materiales/prof/bloque

_vi/lluvia_acida_1.pdf> [Consultado en julio 2010]

27-Óxidos de azufre. [Internet] Disponible en:

<[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_azufre_\(IV\)](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_azufre_(IV))> [Consultado en

julio 2010]

28-Óxidos de Carbono. [Internet]. Disponible en:

<[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_carbono_\(II\)](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_carbono_(II))> [Consultado en

julio 2010]

29-Óxidos de Nitrógeno. [Internet]. Consultado en julio 2010. Disponible en:

<http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xidos_de_nitr%C3%B3geno>

[Consultado en julio 2010]

30-Reglamento especial de normas técnicas de calidad ambiental [Internet].

Mayo 2000. Casa Presidencial, San Salvador. El Salvador. 10 p. Disponible

en:<<http://www.ccad.ws/documentos/legislacion/ES/D-40.pdf>> [Consultado en Octubre 2010]

31- Reglamento General de Transito y Seguridad Vial [Internet]. 26 Febrero 2007. Casa Presidencial, San Salvador. El Salvador. 62 p. Disponible en:<http://www.mop.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&catid=104:leyes-de-transporte&id=307:reglamento-general-de-transito-y-seguridad-vial&Itemid=60> [Consultado en Octubre 2010]

32-<<http://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/combustible-fosil.htm>>
Combustibles Fósiles. [Consultado en julio 2010]

33- <<http://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/ciclo-del-nitrogeno>>Ciclo del nitrógeno [internet]. Química en la guía 2000. [Consultado en marzo 2011].

34-<<http://cerebros10.blogspot.com/>>. Los Ciclos Biogeoquímicos [internet]. Publicado en Junio de 2009. [Consultado en marzo 2011].

GLOSARIO

Combustibles fósiles: Depósitos geológicos de materiales orgánicos combustibles que se encuentran enterrados y que se formaron por la descomposición de plantas y animales que fueron posteriormente convertidos en petróleo crudo, carbón, gas natural o aceites pesados al estar sometidos al calor y presión de la corteza terrestre durante cientos de millones de años. (32)

Dióxido de azufre (SO₂): Gas incoloro, irritante y tóxico, con un característico olor asfixiante; afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones provocando ataques de tos. (27)

Lluvia ácida: Es una precipitación en forma de rocío, lluvia, llovizna, granizo, nieve, niebla o neblina; esta presenta un pH de menos de 5 y puede alcanzar el pH del vinagre (pH 3). (26)

Monóxido de carbono (CO): Es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico; puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. Se produce por la combustión incompleta de sustancias como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera. (28)

Normas técnicas de calidad ambiental:

Aquellas que establecen los valores límite de concentración y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, derivados químicos o biológicos, radiaciones, vibraciones, ruidos, olores o combinaciones de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueden constituir un riesgo para la salud o el bienestar humano, la vida y conservación de la naturaleza. (30)

Óxidos de nitrógeno (NO_x): Compuestos químicos binarios gaseosos formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno. (27)

Partículas sedimentables: Son partículas de tamaño superior a 10 micrómetros (μm) que por su peso tienden a precipitarse con facilidad. (23)

pH: El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H₃O⁺] presentes en determinadas sustancias. La sigla significa potencial de hidrógeno (22)

ANEXOS

ANEXO N° 1

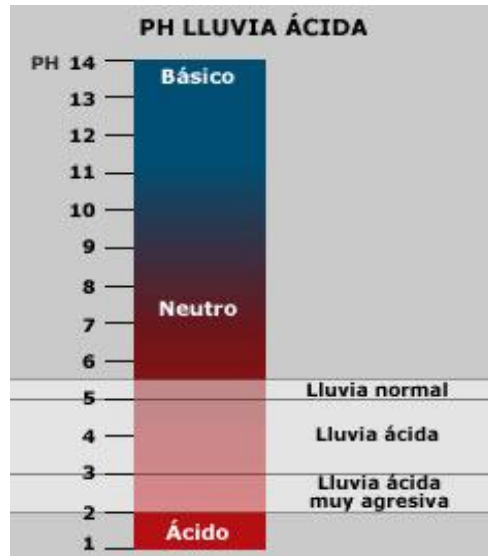


Figura N°23. Escala de pH de la lluvia (17)

ANEXO Nº 2
CICLO DEL AZUFRE

ANEXO Nº 2

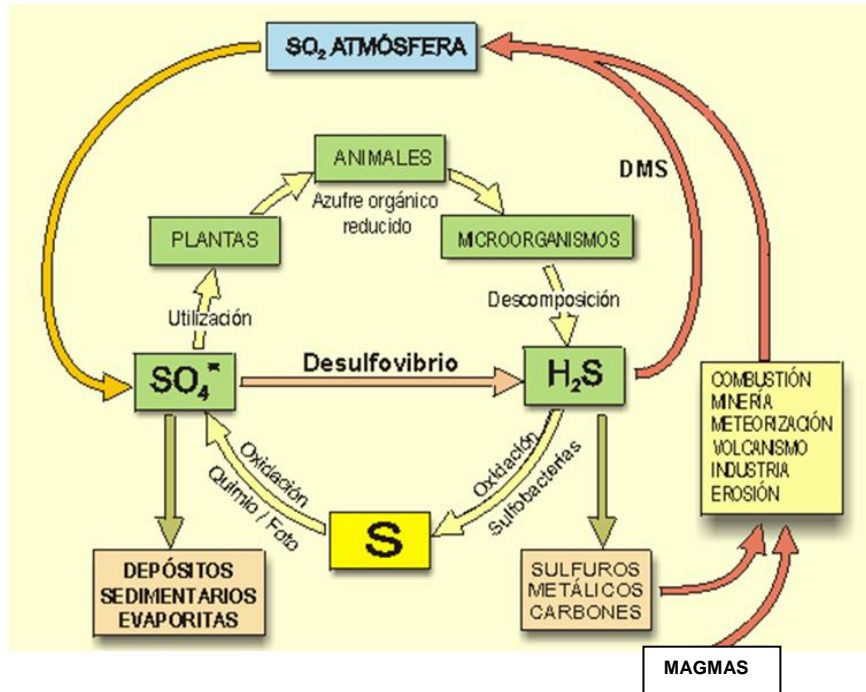


Figura Nº24. Ciclo del Azufre (34)

El azufre está incorporado prácticamente en todas las proteínas y de esta manera es un elemento absolutamente esencial para todos los seres vivos. Se desplaza a través de la biosfera en dos ciclos, uno interior y otro exterior.

El ciclo interior comprende el paso desde el suelo (o desde el agua en los ambientes acuáticos) a las plantas, a los animales, y de regreso nuevamente al suelo o al agua. Sin embargo, existen vacíos en este ciclo interno. Algunos de los compuestos sulfúricos presentes en la tierra (por ejemplo, el suelo) son llevados al mar por los ríos. Este azufre se perdería y escaparía del ciclo terrestre si no fuera por un mecanismo que lo devuelve a la tierra. Tal mecanismo consiste en convertirlo en compuestos gaseosos tales como el ácido sulfhídrico (H_2S) y el dióxido de azufre (SO_2). Estos penetran en la atmósfera y son llevados a tierra firme. Generalmente son lavados por las lluvias, aunque parte del dióxido de azufre puede ser directamente absorbido por las plantas desde la atmósfera.

Las bacterias desempeñan un papel crucial en el ciclo del azufre. Cuando está presente en el aire, la descomposición de los compuestos del azufre

(incluyendo la descomposición de las proteínas) produce sulfato ($\text{SO}_4^{=}$). Bajo condiciones anaeróbicas, el ácido sulfhídrico (gas de olor a huevos podridos) y el sulfuro de dimetilo (CH_3SCH_3) son los productos principales. Cuando estos dos últimos gases llegan a la atmósfera, son oxidados y se convierten en dióxido de azufre. La oxidación ulterior del dióxido de azufre y su disolución en el agua lluvia produce ácido sulfhídrico y sulfatos, formas principales bajo las cuales regresa el azufre a los ecosistemas terrestres. El carbón mineral y el petróleo contienen también azufre y su combustión libera dióxido de azufre en la atmósfera. (34)

ANEXO Nº 3
CICLO DEL NITRÓGENO

ANEXO Nº 3

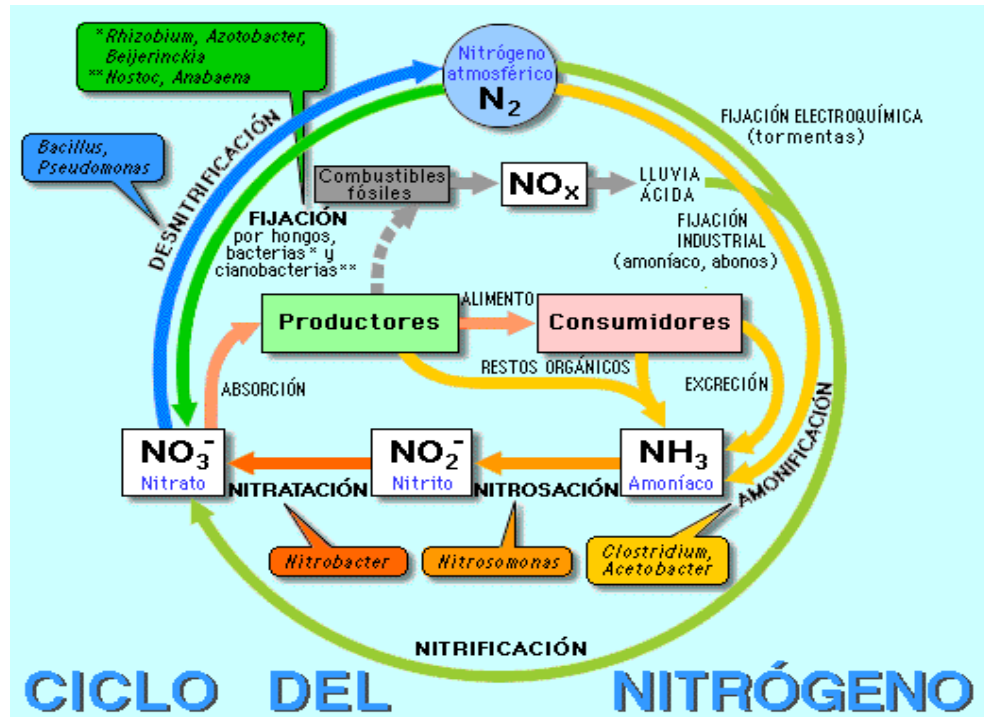


Figura Nº25. Ciclo del Nitrógeno (33)

El nitrógeno proveniente de las células de los seres vivos es descompuesto en el suelo o en los ríos pasando de orgánico a inorgánico, bajo la acción de las bacterias descompositoras o a través del sistema de excreción de los propios seres superiores.

El nitrato es más utilizable como nutriente por las plantas verdes, aunque las otras formas de nitrógeno puedan ser usadas por diferentes organismos completando el ciclo. El aire está constantemente recibiendo nitrógeno debido a la acción de las bacterias desnitrificantes siendo de allí continuamente retirado por la acción de las bacterias fijadoras de nitrógeno, además de algas cianofíceas y reacciones provocadas por las descargas eléctricas atmosféricas. En el aire debido a la actividad industrial, las descargas de vehículos automotores produciendo óxidos de nitrógeno, el ciclo ha sido alterado. Esos gases en realidad constituyen fases transitorias del ciclo, en general deben ser encontradas en pequeñas concentraciones en el ambiente.

En términos de energía necesaria al funcionamiento del ciclo, se puede decir que dos procesos son fundamentales. En el primero, en que, partiendo de las proteínas existe formación de nitratos y proporcional la energía a los organismos por el propio proceso de descomposición. En los procesos contrarios o de regresión, es necesaria la energía de la luz solar o de otras fuentes, por ejemplo, la descomposición de materia orgánica

Las bacterias quimo sintetizantes son las nitrosomas, que convierten amoníaco en nitritos y las Nitrobacter los nitritos en nitratos. La energía es obtenida de la oxidación. Las bacterias que fijan el nitrógeno del aire, incorporándolo a compuestos orgánicos, entre tanto, necesitan de otras fuentes de energía para realizar sus respectivas transformaciones.

Se sabe que los hidratos de carbono y el elemento químico molibdeno, son necesarios como parte del sistema enzimático fijador de nitrógeno, pudiendo este último, en muchos casos, funcionar como factor limitante del proceso. En resumen se puede decir que la fijación biológica del nitrógeno es realizada por seres vivos autótrofos o heterótrofos que viven libres o en simbiosis. Esta fijación se da tanto en aerobiosis como en anaerobiosis sea en el suelo o en el agua.

En el mar, la cantidad de nitrógeno fijado es grande y muy importante para todo el ciclo. Debe ser considerado, todavía, que en los océanos la fijación de nitrógeno por metro cuadrado es bastante menor que en la tierra debido al hecho de que la productividad marina sea en general más baja.

En las aguas interiores, la polución es responsable por la gran acumulación de nitrógeno que por veces genera graves consecuencias, como la floración de algas en lagos y ríos.

Existe una parte de nitrógeno que desaparece en los sedimentos profundos, saliendo por millones de años de la circulación. Esa pérdida es compensada por las erupciones volcánicas. Si fuese posible, pues, evitar la actividad volcánica, tal vez esto originase nuevos problemas debido a la falta de proteínas para la alimentación humana. (33)

ANEXO N°4

**Mapa de ubicación de los sitios de muestreo,
Universidad de El Salvador**

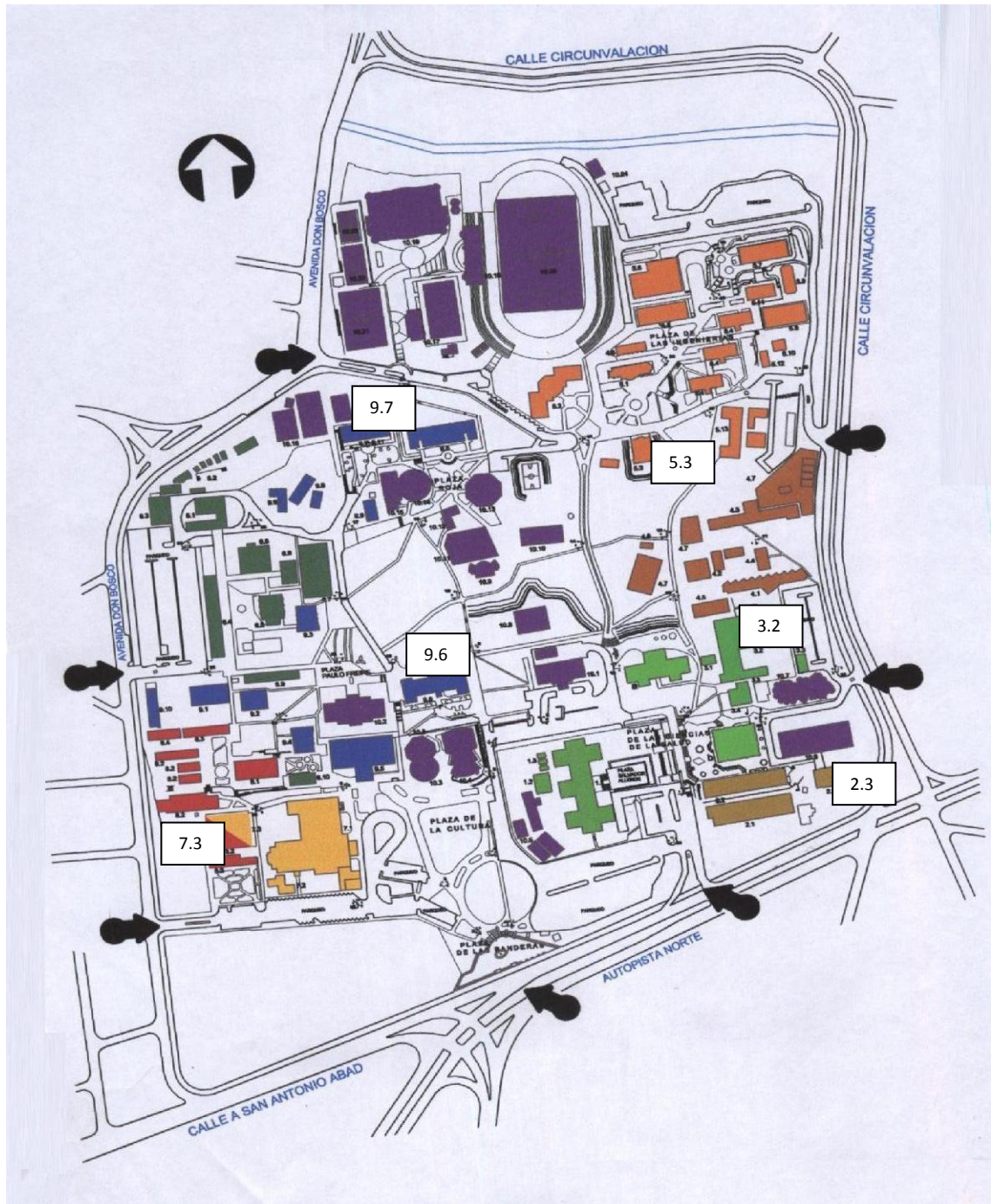


Figura N°26. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo, Universidad de El Salvador (Ciudad Universitaria) con numeración según mapa universitario.

2. Facultad de Odontología

2.3 Auditorium de Odontología (Punto de Muestreo)

3. Facultad de Química y Farmacia

3.2 Laboratorios (Punto de Muestreo)

5. Facultad de Ingeniería y Arquitectura

5.3 Auditorium Miguel Mármol (Punto de Muestreo)

7. Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales

7.3 Aulas de Derecho (Punto de Muestreo)

9. Facultad de Ciencias y Humanidades

9.6 Edificio de Psicología y Educación (Punto de Muestreo)

9.7 Edificio de Filosofía (Punto de Muestreo)

ANEXO N°5

**Modelo de la etiqueta para el muestreo de polvo
sedimentable y lluvia ácida y tablas de codificación de muestras**

ANEXO N°5

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

Analistas: Brenda Betsabé Ayala Alfaro
Dilma Esmeralda Ochoa Ayala

Muestra: _____

Nombre de la Facultad: _____

Punto de Recolección de la Muestra: _____

Fecha de Inicio de Toma de la Muestra: _____

Código de la muestra: _____

Fecha de Finalización: _____

Docentes Directoras: Msc. Cecilia Gallardo de Velásquez
Lic. María Elsa Romero de Zelaya

Figura N°27. Modelo de la etiqueta para el muestreo de polvo sedimentable y lluvia ácida.

Tabla N° 1. Códigos de las muestras para polvo sedimentable por mes.

Facultad	Código Agosto	Código Septiembre	Código Octubre	Código Noviembre
Química y Farmacia	MoradoAPSQF	VerdeSPSQF	AzulOPSQF	RojoNPSQF
Odontología	MoradoAPSO	VerdeSPSO	AzulOPSO	RojoNPSO
Ingeniería y Arquitectura	MoradoAPSIA	VerdeSPSIA	AzulOPSIA	RojoNPSIA
Jurisprudencia y Ciencias Sociales	MoradoAPSJC	VerdeSPSJC	AzulOPSJC	RojoNPSJC
Humanidades: Filosofía	MoradoAPSF	VerdeSPSF	AzulOPSF	RojoNPSF
Humanidades: Psicología y Educación	MoradoAPSPE	VerdeSPSOPE	AzulOPSPE	RojoNPSPE

Tabla N° 2. Códigos de las muestras de agua lluvia para determinación de pH por mes.

Facultad	Código Agosto	Código Septiembre	Código Octubre
Química y Farmacia	MoradoALLAQF	VerdeSLLAQF	AzulIOLLAQF
Odontología	MoradoALLAO	VerdeSLLAO	AzulIOLLAO
Ingeniería y Arquitectura	MoradoAPLLAIA	VerdeSLLAIA	AzulIOLLAIA
Jurisprudencia y Ciencias Sociales	MoradoAPLLAJC	VerdeSLLAJC	AzulIOLLAJC
Humanidades: Filosofía	MoradoALLAF	VerdeSLLAF	AzulIOLLAF
Humanidades: Psicología y Educación	MoradoALLAPE	VerdeSPLLAPE	AzulIOLLAPE

Tabla N° 3. Códigos de las muestras de agua lluvia para determinación de Nitratos por mes.

Facultad	Código Agosto	Código Septiembre	Código Octubre
Química y Farmacia	MoradoANQF	VerdeSNQF	AzulONQF
Odontología	MoradoANO	VerdeSNO	AzulONO
Ingeniería y Arquitectura	MoradoANIA	VerdeSNIA	AzulONIA
Jurisprudencia y Ciencias Sociales	MoradoANJA	VerdeSNJC	AzulONJC
Humanidades: Filosofía	MoradoANF	VerdeSNF	AzulONF
Humanidades: Psicología y Educación	MoradoANPE	VerdeSNPE	AzulONPE

Tabla N° 4. Códigos de las muestras de agua lluvia para determinación de Sulfatos por mes.

Facultad	Código Agosto	Código Septiembre	Código Octubre
Química y Farmacia	MoradoASQF	VerdeSSQF	AzulOSQF
Odontología	MoradoASO	VerdeSSO	AzulOSO
Ingeniería y Arquitectura	MoradoASIA	VerdeSSIA	AzulOSIA
Jurisprudencia y Ciencias Sociales	MoradoASJA	VerdeSSJC	AzulOSJC
Humanidades: Filosofía	MoradoASF	VerdeSSF	AzulOSF
Humanidades: Psicología y Educación	MoradoASPE	VerdeSSPE	AzulOSPE

ANEXO N°6

**Modelo de la etiqueta para muestreo de índice
de corrosividad y tabla de codificación de muestras**

ANEXO N°6

<p>TRABAJO DE GRADUACION PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA</p> <p>Analistas: Brenda Betsabé Ayala Alfaro Dilma Esmeralda Ochoa Ayala</p> <p>Muestra: _____</p> <p>Nombre de la Facultad: _____</p> <p>Punto de Recolección de la Muestra: _____</p> <p>Fecha de Inicio de Toma de la Muestra: _____</p> <p>Código de la muestra: _____</p>

Figura N°28. Modelo de la etiqueta para muestreo de índice de corrosividad.

Tabla N° 5. Códigos de las monedas de acero normalizado utilizadas para determinar el índice de corrosividad, por mes.

Facultad	Código Agosto	Código Septiembre	Código Octubre	Código Noviembre
Química y Farmacia	AICQF	SICQF	OICQF	NICQF
Odontología	AICO	SICO	OICO	NICO
Ingeniería y Arquitectura	AICIA	SICIA	OICIA	NICIA
Jurisprudencia y Ciencias Sociales	AICJC	SICJC	OICJC	NICJC
Humanidades: Filosofía	AICF	SICF	OICPF	NICF
Humanidades: Psicología y Educación	AICPE	SICPE	OICPE	NICPE

ANEXO N°7

Preparación del Frasco Recolector de Muestras ⁽¹⁹⁾

Al frasco recolector de la muestra (depósito plástico de 10L de capacidad) se le restringió el diámetro superior a 11,10 cm. (Figura N° 4)

El diámetro superior del frasco de recolección se restringió de la siguiente manera:

1. Se debe disponer de un cilindro de polietileno (tubo PVC de 4 pulgadas de diámetro), se corta para dejar un cilindro abierto por ambos extremos, de 10cm de altura.
2. Se corta en la parte central de la tapadera del frasco plástico un círculo de igual diámetro al del exterior del cilindro PVC recortado.
3. Se une herméticamente el cilindro recortado a la tapa del frasco recolector, teniendo cuidado que dicho tubo quede en posición perpendicular; para lo cual se utilizará un pegamento especial.

NOTA: Colocar a cada uno de los frascos recolectores de muestra su respectiva etiqueta para identificarlos.



Figura N°29. Frasco recolector de muestras de agua lluvia para polvo sedimentable y lluvia ácida.

ANEXO N°8

Material y equipo para la Determinación de Polvo Sedimentable.

Material y equipo de laboratorio:

Frascos plásticos de 10L 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 plástico

Beaker de 800mL

Beaker de 150 mL

Baño maría

Cápsula de porcelana

Estufa

Desecador

Balanza analítica

ANEXO N°9

Reactivos, material y equipo para la Determinación del índice de corrosividad.

Reactivos:

Ácido sulfúrico 10%

Agua destilada

Material y equipo de laboratorio:

Monedas de acero normalizado (6)

Balanza analítica

Estufa

Desecador

Termómetro

Pinzas

Papel aluminio

Soporte de madera para colocar las monedas

ANEXO N° 10

Monedas de Acero Normalizadas utilizadas para muestreo de índice de corrosividad



Figura N°30. Moneda de acero normalizada utilizada para muestreo de índice de corrosividad.



Figura N°31. Monedas de acero normalizadas después del período de exposición.

ANEXO N°11

Reactivos, material y equipo para la Determinación de Lluvia Ácida: Método Potenciométrico.

Reactivos:

Solución buffer fosfato titrisol Merck pH 4 y pH 7

Agua destilada

Material y equipo de laboratorio:

pHmetro Metrohm 632

Termómetro con rango de temperatura 0.1°C

Embudo de vidrio

Papel filtro whatman

Beaker de 50mL

Baño maría

Papel toalla

ANEXO N°12

**Preparación de estándares, reactivos, material y equipo para la
Determinación de Nitratos**

ANEXO N°12

Preparación de estándares, Reactivos, material y equipo para la Determinación de Nitratos

Instrumental:

- Espectrofotómetro UV-1800, para uso a 220 nm y 275 nm con celdas de cuarzo iguales, de 1 cm de recorrido de luz.

Material y equipo de laboratorio:

Espectrofotómetro Shimadzu UV-1800

Celdas para espectrofotómetro

Balanza analítica

Espátula

Gotero

Balón Volumétrico de 1000 mL

Balones Volumétricos de 100 mL

Pipetas de 10 mL

Beaker de 200 mL

Tubos de Ensayo

Bureta de 25 mL

Vidrio Reloj

PREPARACION DE REACTIVOS

-Solución madre de nitratos (100 ppm NO_3^-)

Secar el nitrato potásico (KNO_3) en una estufa a 105 °C durante 24 hrs.

Disolver 0.1269 gramos de nitrato de potasio anhidro en agua destilada y llevar a volumen de 1000 mL en balón volumétrico de 1000 mL. 1mL = 100 ug NO_3^- .

Conservar con 2 mL de CHCl_3/L . esta solución es estable durante un mínimo de 6 meses.

- Solución intermedia de nitrato: Diluir 100 mL de solución madre de nitrato a 1000 mL con agua; 1,00 mL = 10,0 ug NO_3^- . Consérvese con 2 mL de CHCl_3/L . Esta solución es estable durante 6 meses.

- Solución de ácido clorhídrico (HCl 1 N)

Cálculo para preparar las soluciones estándares de iones nitratos

$$V = \frac{\text{Cf} \times \text{Volumen final}}{\text{Co}}$$

Donde:

V = volumen a tomar de la solución madre de nitrato de potasio de 100 ppm

Co = concentración inicial

Cf = concentración final

Volumen final = volumen del balón volumétrico en el que se preparó la solución.

Solución estándar 2.5 ppm Nitratos

Cf = 2.5ppm; Co = 100 ppm; V = 100 mL

$$V = \frac{2,50 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

V = 2,5 mL alícuota de solución madre de nitratos

La solución 2,5 ppm de Nitratos se utiliza para preparar los demás estándares, de la siguiente forma:

$$V = \frac{C_f \times \text{Volumen final}}{C_o}$$

Donde:

V = volumen a tomar de la solución de nitrato de potasio de 2,5 ppm (esta es la nueva solución madre de nitratos).

C_o = concentración inicial

C_f = concentración final

Volumen final = volumen del balón volumétrico de 50 mL en el que se preparó la solución estándar de nitratos.

$$C_o = 2,5 \text{ ppm}$$

$$V = 25 \text{ mL}$$

$$V_f = 50 \text{ mL}$$

$$C_f = \frac{V \times C_o}{\text{Volumen final}}$$

Solución estándar 1,25 ppm Nitratos

$$C_f = \frac{25 \text{ mL} \times 2,5 \text{ ppm}}{50 \text{ mL}}$$

$$C_f = 1,25 \text{ ppm}$$

Solución estándar 0,625 ppm Nitratos

$$C_f = \frac{25 \text{ mL} \times 1,25 \text{ ppm}}{50 \text{ mL}}$$

$$C_f = 0,625 \text{ ppm}$$

Solución estándar 0,3125 ppm Nitratos

$$Cf = \frac{25 \text{ mL} \times 0,625 \text{ ppm}}{50 \text{ mL}}$$

$$Cf = 0,3125 \text{ ppm}$$

Solución estándar 0,1563 ppm Nitratos

$$Cf = \frac{25 \text{ mL} \times 0,3125 \text{ ppm}}{50 \text{ mL}}$$

$$Cf = 0,1563 \text{ ppm}$$

Solución estándar 0,0781 ppm Nitratos

$$Cf = \frac{25 \text{ mL} \times 0,1563 \text{ ppm}}{50 \text{ mL}}$$

$$Cf = 0,0781 \text{ ppm}$$

Solución estándar 0,0391 ppm Nitratos

$$Cf = \frac{25 \text{ mL} \times 0,0781 \text{ ppm}}{50 \text{ mL}}$$

$$Cf = 0,0391 \text{ ppm}$$

Preparación de las Soluciones Estándar de Nitrato de Potasio (KNO_3)

Se toma la alícuota de la solución madre de nitratos (100 ppm) correspondiente a la concentración de estándar que se va a preparar y se coloca en balón volumétrico de 100 mL debidamente rotulado, se afora con agua destilada, se tapa y se agita para homogenizar la solución.

Luego a partir de la solución de 2,5 ppm se preparan los demás estándares de nitratos, tomando las alícuotas de la nueva solución madre de nitratos (2,5 ppm) correspondientes a cada concentración de estándar y cada una se coloca por

separado en balones volumétricos de 50 mL debidamente rotulados, se afora con agua destilada, se tapa cada balón y se agitan para homogenizar la solución.

Procedimiento para utilizar el Espectrofotómetro Shimadzu UV-1800

1. Encender el equipo y esperar que se estabilice.
2. Seleccionar la longitud de onda a utilizar en las lecturas que se realizarán, en este caso 220 nm y 275nm.
3. Calibrar el equipo a cero con el blanco: llenar las 2 celdas del espectrofotómetro (celdas de cuarzo) con el blanco y calibrar a cero de Absorbancia.
4. Retirar una celda, lavar con cuidado la celda utilizando agua destilada.
5. Ambientar la celda con la sustancia que está analizando y luego llenar la celda, limpiar la parte externa de la celda con papel absorbente y luego colocar la celda en el portamuestra. Nota: es recomendable realizar primero la lectura de absorbancias para estándares y después leer las muestras.
6. Realizar la lectura de Absorbancia en el momento en que se observa un valor constante.
7. Retirar la celda portamuestra, lavar nuevamente la celda y secarla con papel absorbente. Esto se hace siempre al finalizar cada lectura en el equipo y en especial si se utiliza la misma celda para realizar diferentes lecturas en el equipo.
8. Si se realizan lecturas de Absorbancia a diferentes longitudes de onda, se debe seleccionar la longitud que se ha de utilizar y se debe calibrar con el blanco antes de proceder a realizar las lecturas.
9. Al finalizar el análisis se debe apagar el equipo y se deben lavar las celdas y secarlas con papel absorbente. Se debe apagar el equipo.

Equipo utilizado:

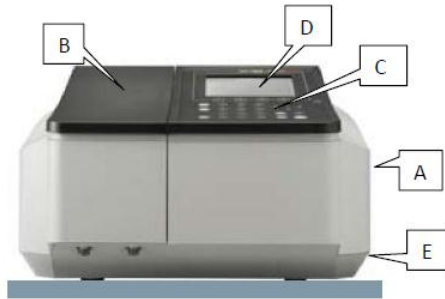


Figura N°32. Espectrofotómetro Shimadzu UV-1800

Partes del Equipo:

- A. Control de encendido/apagado
- B. Compartimiento de la muestra
- C. Panel de control
- D. Pantalla
- E. Compartimiento de lámparas

Manejo del Equipo ⁽¹³⁾

1. Verificar que el regulador de voltaje esté conectado a un toma-corriente de 110 V.
2. Accionar interruptor **on/off** del regulador de voltaje
3. Accionar interruptor **on/off** del equipo
4. Al encender el equipo, se observará el proceso de revisión e inicialización del sistema electrónico del equipo
5. Pantalla de Ingreso del analista (Login): con clave para el aseguramiento de calidad, ingresar el usuario y clave para el uso del equipo:
 - a. Presionar **Enter**
 - b. Aparece la Pantalla de Menú de método de análisis o el enlace directo a una

PC utilizando el programa UV Probe

c. Presionar **Numero** según el modo de análisis o medición requerida

6. Elección del modo de medición

Posee varios modos de medición electivos desde el menú principal del equipo o utilizando la interconexión directa al PC por medio del software UV Probe.

F3. Modo cuantificación (Quantitation Mode)

Genera curvas de calibración a partir del análisis de soluciones estándares y las utiliza para calcular la concentración en muestras incógnitas. Es posible generar diferentes curvas de calibración (facto K y basadas en regresión de 1er a 3er orden) a partir de varias combinaciones de longitudes de onda (1 a 3 longitudes de onda y sus derivadas).

Pasos a seguir para realizar lectura directas ⁽¹³⁾

Ubicado en la pantalla de selección, se prosigue a lo siguiente:

1. Modo de medición a elegir: **MODO FOTOMETRICO** de medición puntual
2. Presionar la tecla GOTO λ y digitar, desde el Panel numérico, la longitud de onda deseada. Se observará que dicho valor aparece en la pantalla en el indicador de λ .
3. Presionar F1 del panel de control para elegir las lecturas en absorbancia **Abs** o porcentaje de transmitancia **%T**
4. Llenar con el blanco a utilizar 2 celdas adecuadas (según el rango de medición a utilizar) y ubicar éstas en ambos compartimientos (muestra y referencia), ya que el equipo es de doble haz.
5. Presionar la tecla **AUTO ZERO** en el panel de control. Se observará que el equipo corrige a un valor de cero de Absorbancia o cien de transmitancia a la

longitud de onda seleccionada.

6. Posteriormente se retira la celda con el blanco que se encuentra ubicada en el frente del compartimiento y se sustituye con muestra. Se observará en la parte inferior derecha de la pantalla abajo del valor de longitud de onda, el valor de absorbancia o transmitancia, generado por la muestra a la longitud de onda correspondiente.

Procedimiento para apagar el equipo ⁽¹³⁾

1. Presionar tecla **Return** en el equipo UV-Visible para volver a pantalla de administración.
2. Guardar el trabajo realizado en un archivo identificado
3. Cerrar el programa UV-Probe
4. Presionar comando inicio en PC y ordenar el cierre de Windows
5. Apagar el equipo de espectrofotometría uv-visible
6. Apagar monitor.

ANEXO N°13

**Preparación de estándares, reactivos, material y equipo para la
Determinación de Sulfatos**

ANEXO N°13

Preparación de estándares, reactivos, material y equipo para la Determinación de Sulfatos.

Instrumental:

- Spectronic 20 para uso a 420 nm, con recorrido de luz de 2.5 a 10 cm
- Cronómetro.

Material y equipo de laboratorio:

Espectrofotómetro Spectronic 20

Celdas para espectrofotómetro

Balanza analítica

Espátula

Gotero

Balón Volumétrico de 1000 mL

Balones Volumétricos de 100 mL

Beakers de 50 mL

Pipeta volumétrica de 5 mL

Perilla de succión

Frasco lavador

Tubos de Ensayo

Agitador de vidrio

Embudo de vidrio

PREPARACION DE REACTIVOS

- Solución tampón: Diluir 30 g de cloruro de magnesio, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; 5 g de acetato de sodio, $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; 1.0 g de nitrato potásico, KNO_3 , y 20 mL de ácido acético, CH_3COOH (99 por 100), en 500 mL de agua destilada y complétese a 1000 mL.

- Cloruro de bario, BaCl_2 , en polvo.

- Solución Madre de Sulfatos (100 ppm SO_4^{2-})

Disolver 0.1479 gramos de sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4) en agua destilada y llevar a volumen de 1000 mL en balón volumétrico de 1000 mL. 1 mL = 10ug sulfato.

Cálculo para preparar las soluciones estándares de iones sulfatos

$$V = \frac{C_f \times \text{Volumen final}}{C_o}$$

C_o

Donde:

V = volumen a tomar de la solución madre de sulfato de sodio de 100 ppm

C_o = concentración inicial

C_f = concentración final

Volumen final = volumen del balón volumétrico en el que se preparó la solución.

Solución estándar 2.5 ppm Sulfatos

$$V = \frac{2.5 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

100 ppm

V = 2.5 mL alícuota de solución madre de sulfatos

Solución estándar 5.0 ppm Sulfatos

$$V = \frac{5.0 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

V = 5.0 mL alícuota de solución madre de sulfatos

Solución estándar 7.5 ppm Sulfatos

$$V = \frac{7.5 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

V = 7.5 mL alícuota de solución madre de sulfatos

Solución estándar 10 ppm Sulfatos

$$V = \frac{10.0 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

V = 10.0 mL alícuota de solución madre de sulfatos

Preparación de las Soluciones Estándar de Sulfato de Sodio

Se toman las alícuotas de la solución madre de sulfatos (100 ppm) correspondientes a cada concentración de estándar y cada una se coloca por separado en balones volumétricos de 100 mL debidamente rotulados, se afora con agua destilada, se tapa cada balón y se agitan para homogenizar la solución.

Procedimiento para utilizar Spectronic 20

1. Encender el equipo y esperar que se estabilice.
2. Seleccionar la longitud de onda a utilizar en las lecturas que se realizarán, en este caso 420 nm.

3. Calibrar el equipo a cero con el blanco: llenar la celda con el blanco y calibrar a cero de Absorbancia.
4. Retirar la celda, lavar con cuidado la celda utilizando agua destilada.
5. Lectura de Absorbancia: ambientar la celda con la sustancia que está analizando y luego llenar la celda, limpiar la parte externa de la celda con papel absorbente y luego colocar la celda en el portamuestra. Nota: es recomendable realizar primero la lectura de absorbancias para estándares y después leer las muestras.
6. Realizar la lectura de Absorbancia en el momento en que se observa un valor constante.
7. Retirar la celda portamuestra, lavar nuevamente la celda y secarla con papel absorbente. Esto se hace siempre al finalizar cada lectura en el equipo cuando no se dispone de más celdas.
8. Al finalizar el análisis se debe apagar el equipo y se deben lavar las celdas y secarlas con papel absorbente.



Figura N° 33. Equipo Spectronic 20 utilizado para realizar lecturas de absorbancia para determinación de sulfatos en agua lluvia.

ANEXO N°14

Preparación de estándares para determinación de sulfatos



Figura N°34. Muestras de agua lluvia para la determinación de sulfatos.

ANEXO N°15

**Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de Polvo
Sedimentable (PS)**

ANEXO N°15

Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de Polvo Sedimentable (PS)

Tabla N° 6. Resultados obtenidos de las diferencias de peso de las cápsulas para polvo sedimentable por facultad, mes agosto.

Código de la muestra	Facultad	Volumen recolectado (mL)	cápsula vacía (g)	cápsula más residuo (g)
MoradoAPSQF	Química y Farmacia	8000	72,203	72,211
MoradoAPSO	Odontología	6500	52,947	52,954
MoradoAPSIA	Ingeniería y Arquitectura	10150	51,172	51,185
MoradoAPSJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	10150	75,858	75,867
MoradoAPSF	Humanidades: Filosofía	9500	74,662	74,672
MoradoAPSPE	Humanidades: Psicología y Educación	8000	44,227	44,232

Tabla N° 7. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por facultad, mes Agosto.

Código de la muestra	Facultad	mg polvo en alícuota	mg en volumen total	Polvo Sedimentable (mg/cm²x30días)
MoradoAPSQF	Química y Farmacia	8	1280	12,801
MoradoAPSO	Odontología	7	910	9,100
MoradoAPSIA	Ingeniería y Arquitectura	13	2639	26,391
MoradoAPSJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	9	1827	18,271
MoradoAPSF	Humanidades: Filosofía	10	1900	19,001
MoradoAPSPE	Humanidades: Psicología y Educación	5	800	8,000

Ejemplo de cálculo para polvo sedimentable (mes: agosto)

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

Diámetro de tubo pvc de 4 pulgadas = 11.1 cm

Radio (r) = diámetro/2 = (11.1cm/2) = 5.55 cm

Días de recolección = 31 días

Superficie útil de la boca del frasco = Área = πr^2

Superficie útil de la boca del frasco = πr^2

Superficie útil de la boca del frasco = $\pi (5.55\text{cm})$

Superficie útil de la boca del frasco = $3.1416 (5.55\text{cm})^2$

Superficie útil de la boca del frasco = 96.77 cm²

Facultad de Odontología

7mg polvo ----- 50 mL (alícuota tomada)

X ----- 6500 mL (volumen total de la muestra)

X = 910 mg polvo sedimentable

$$PS = \frac{910\text{mg} \times 30}{(96.77\text{cm}^2) (31 \text{ días})} = 9.10\text{mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$$

Tabla N° 8. Resultados obtenidos de las diferencias de peso de las cápsulas para polvo sedimentable por facultad, mes Septiembre.

Código de la muestra	Facultad	Volumen recolectado (mL)	cápsula vacía (g)	cápsula más residuo (g)
VerdeSPSQF	Química y Farmacia	10150	72,203	72,218
VerdeSPSO	Odontología	8000	52,947	52,959
VerdeSPSIA	Ingeniería y Arquitectura	10150	51,172	51,188
VerdeSPSJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	4000	75,858	75,864
VerdeSPSF	Humanidades: Filosofía	10150	74,662	74,669
VerdeSPSOPE	Humanidades: Psicología y Ed.	5500	44,227	44,235

Tabla N° 9. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por facultad, mes Septiembre.

Código de la muestra	Facultad	mg polvo en alícuota	mg en volumen total	Polvo Sedimentable (mg/cm²x30días)
VerdeSPSQF	Química y Farmacia	15	3045	30,452
VerdeSPSO	Odontología	12	1920	19,201
VerdeSPSIA	Ingeniería y Arquitectura	16	3248	32,482
VerdeSPSJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	6	480	4,800
VerdeSPSF	Humanidades: Filosofía	7	1421	14,211
VerdeSPSPE	Humanidades: Psicología y Educación	8	880	8,800

Tabla N° 10. Resultados obtenidos de las diferencias de peso de las cápsulas para polvo sedimentable por facultad, mes Octubre.

Código de la muestra	Facultad	Volumen recolectado (mL)	cápsula vacía (g)	cápsula más residuo (g)
AzulOPSQF	Química y Farmacia	200	72,203	72,209
AzulOPSO	Odontología	100	52,947	52,949
AzulOPSIA	Ingeniería y Arquitectura	200	51,172	51,176
AzulOPSJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	200	75,858	75,861
AzulOPSF	Humanidades: Filosofía	115	74,662	74,667
AzulOPSPE	Humanidades: Psicología y Educación	105	44,227	44,234

Tabla N°11. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por facultad, mes de Octubre.

Código de la muestra	Facultad	mg polvo en alícuota	mg en volumen total	Polvo Sedimentable (mg/cm²x30días)
AzulOPSQF	Química y Farmacia	6	360	3,600
AzulOPSO	Odontología	2	126	1,260
AzulOPSIA	Ingeniería y Arquitectura	4	160	1,600
AzulOPSJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	3	120	1,200
AzulOPSF	Humanidades: Filosofía	5	150	1,500
AzulOPSPE	Humanidades: Psicología y Educación	7	280	2,800

Tabla N°12. Resultados obtenidos de las diferencias de peso de las cápsulas para polvo sedimentable por facultad, mes Noviembre.

Código de la muestra	Facultad	Volumen recolectado (mL)	cápsula vacía (g)	cápsula más residuo (g)
RojoNPSQF	Química y Farmacia	200	72,203	72,207
RojoNPSO	Odontología	100	52,947	52,950
RojoNPSIA	Ingeniería y Arquitectura	200	51,172	51,176
RojoNPSJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	200	75,858	75,865
RojoNPSF	Humanidades: Filosofía	115	74,662	74,667
RojoNPSPE	Humanidades: Psicología y Educación	105	44,227	44,233

Tabla N°13. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por facultad, mes de Noviembre.

Código de la muestra	Facultad	mg polvo en alícuota	mg en volumen total	Polvo Sedimentable (mg/cm²x30días)
RojoNPSQF	Química y Farmacia	4	16	0,160
RojoNPSO	Odontología	3	6	0,060
RojoNPSIA	Ingeniería y Arquitectura	4	16	0,160
RojoNPSJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	7	28	0,280
RojoNPSF	Humanidades: Filosofía	5	11,5	0,115
RojoNPSPE	Humanidades: Psicología y Educación	6	12,6	0,126

ANEXO N°16

**Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de índice de
Corrosividad (IC)**

ANEXO N°16

Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de índice de Corrosividad (IC)

Tabla N°14. Datos obtenidos de las características de las monedas para índice de corrosividad por facultad, mes Agosto.

Código de la muestra	Facultad	nº ranuras de moneda de acero normalizada	diámetro (cm)	altura de moneda (cm)
AICQF	Química y Farmacia	8	6,6	0,3
AICO	Odontología	1	6,5	0,2
AICIA	Ingeniería y Arquitectura	5	6,5	0,2
AICJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	9	6,5	0,2
AICF	Humanidades: Filosofía	7	6,5	0,2
AICPE	Humanidades: Psicología y Educación	2	6,4	0,2

Tabla N°15. Datos obtenidos para calcular el índice de corrosividad por facultad, mes Agosto.

Código de la muestra	Facultad	peso moneda (g)	Agosto: moneda más residuo (g)	aumento de peso (mg)
AICQF	Química y Farmacia	83,102	83,428	326
AICO	Odontología	79,529	79,877	348
AICIA	Ingeniería y Arquitectura	76,646	77,247	601
AICJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	75,747	75,771	24
AICF	Humanidades: Filosofía	73,532	74,567	1035
AICPE	Humanidades: Psicología y Educación	62,621	64,042	1421

Ejemplo de cálculo para índice de corrosividad (mes: agosto)

Facultad de Química y Farmacia

Diámetro de moneda de acero normalizada (D)

D= 6,6 cm

Altura de moneda (h) = 0,3 cm

$$IC = \frac{19 \times \text{aumento de peso}}{D[D + 2h] \times \text{días de exposición}}$$

$$IC = \frac{19 \times 326 \text{ mg}}{(6,6 \text{ cm})[6,6 \text{ cm} + 2(0,3 \text{ cm})] \times 31 \text{ días}} = 4,20 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$$

Cuadro Nº 23. Resultados de índice de corrosividad por facultad, mes Agosto.

Código de la muestra	Facultad	índice corrosividad Agosto (mg/cm ² x30días)
AICQF	Química y Farmacia	4,20
AICO	Odontología	4,76
AICIA	Ingeniería y Arquitectura	8,21
AICJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,33
AICF	Humanidades: Filosofía	14,14
AICPE	Humanidades: Psicología y Educación	20,01

Tabla N°16. Datos obtenidos de las características de las monedas para índice de corrosividad por facultad, mes Septiembre.

Código de la muestra	Facultad	nº ranuras de moneda de acero normalizada	diámetro (cm)	altura de moneda (cm)
SICQF	Química y Farmacia	8	6,6	0,3
SICO	Odontología	1	6,5	0,2
SICIA	Ingeniería y Arquitectura	5	6,5	0,2
SICJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	9	6,5	0,2
SICF	Humanidades: Filosofía	7	6,5	0,2
SICPE	Humanidades: Psicología y Educación	2	6,4	0,2

Tabla N°17. Datos obtenidos para calcular el índice de corrosividad por facultad, mes Septiembre.

Código de la muestra	Facultad	peso moneda (g)	moneda más residuo (g)	aumento de peso (mg)
SICQF	Química y Farmacia	83,102	83,358	256
SICO	Odontología	79,529	79,685	156
SICIA	Ingeniería y Arquitectura	76,646	76,729	83
SICJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	75,747	75,757	10
SICF	Humanidades: Filosofía	73,532	73,764	232
SICPE	Humanidades: Psicología y Educación	62,621	62,842	221

Cuadro N° 24. Resultados de índice de corrosividad por facultad, mes Septiembre.

Código de la muestra	Facultad	índice de corrosividad (mg/cm² x 30 días)
SICQF	Química y Farmacia	3,30
SICO	Odontología	2,13
SICIA	Ingeniería y Arquitectura	1,13
SICJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,14
SICF	Humanidades: Filosofía	3,17
SICPE	Humanidades: Psicología y Educación	3,11

Tabla N° 18. Datos obtenidos de las características de las monedas para índice índice de corrosividad por facultad, mes Octubre.

Código de la muestra	Facultad	n° ranuras de moneda de acero normalizada	diámetro (cm)	altura de moneda (cm)
OICQF	Química y Farmacia	8	6,6	0,3
OICO	Odontología	1	6,5	0,2
OICIA	Ingeniería y Arquitectura	5	6,5	0,2
OICJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	9	6,5	0,2
OICF	Humanidades: Filosofía	7	6,5	0,2
OICPE	Humanidades: Psicología y Educación	2	6,4	0,2

Tabla N° 19. Datos obtenidos para calcular el índice de corrosividad por facultad mes Octubre.

Código de la muestra	Facultad	peso moneda (g)	Octubre: moneda más residuo (g)	aumento de peso (mg)
OICQF	Química y Farmacia	83,102	83,108	6
OICO	Odontología	79,529	79,531	2
OICIA	Ingeniería y Arquitectura	76,646	76,649	3
OICJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	75,747	75,751	4
OICF	Humanidades: Filosofía	73,532	73,539	7
OICPE	Humanidades: Psicología y Educación	62,621	62,629	8

Cuadro N° 25. Resultados de índice de corrosividad por facultad, mes Octubre.

Código de la muestra	Facultad	índice corrosividad Octubre (mg/cm² x 30 días)
OICQF	Química y Farmacia	0,08
OICO	Odontología	0,03
OICIA	Ingeniería y Arquitectura	0,04
OICJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,05
OICPF	Humanidades: Filosofía	0,10
OICPE	Humanidades: Psicología y Educación	0,11

Tabla N°20. Datos obtenidos de las características de las monedas para índice de corrosividad por facultad, mes de Noviembre.

Código de la muestra	Facultad	nº ranuras de moneda de acero normalizada	diámetro (cm)	altura de moneda (cm)
NICQF	Química y Farmacia	8	6,6	0,3
NICO	Odontología	1	6,5	0,2
NICIA	Ingeniería y Arquitectura	5	6,5	0,2
NICJC	Jurisprudencia y Ciencia Sociales	9	6,5	0,2
NICF	Humanidades: Filosofía	7	6,5	0,2
NICPE	Humanidades: Psicología y Educación	2	6,4	0,2

Tabla N°21. Datos obtenidos para calcular el índice de corrosividad por facultad, mes Noviembre.

Código de la muestra	Facultad	peso moneda (g)	moneda más residuo (g)	aumento de peso (mg)
NICQF	Química y Farmacia	83,102	83,106	4
NICO	Odontología	79,529	79,532	3
NICIA	Ingeniería y Arquitectura	76,646	76,649	3
NICJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	75,747	75,749	2
NICF	Humanidades: Filosofía	73,532	73,535	3
NICPE	Humanidades: Psicología y Educación	62,621	62,623	2

Cuadro N° 26. Resultados de índice de corrosividad por facultad, mes
Noviembre.

Código de la muestra	Facultad	índice de corrosividad (mg/cm² x 30 días)
NICQF	Química y Farmacia	0,05
NICO	Odontología	0,04
NICIA	Ingeniería y Arquitectura	0,04
NICJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,03
NICF	Humanidades: Filosofía	0,04
NICPE	Humanidades: Psicología y Educación	0,03

ANEXO N°17

Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de Nitratos

ANEXO N°17

Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de Nitratos

Cuadro N°27. Estándares de Nitrato de Potasio, concentración y su respectiva absorbancia (A) a 220 nanómetros, empleados para realizar la curva de calibración de nitratos.

Nitratos C (mg/L) St	Absorbancia (A)
0	0
0,0391	0,015
0,0781	0,042
0,1563	0,071
0,3125	0,108
0,6250	0,186
1,2500	0,415
2,5000	0,659

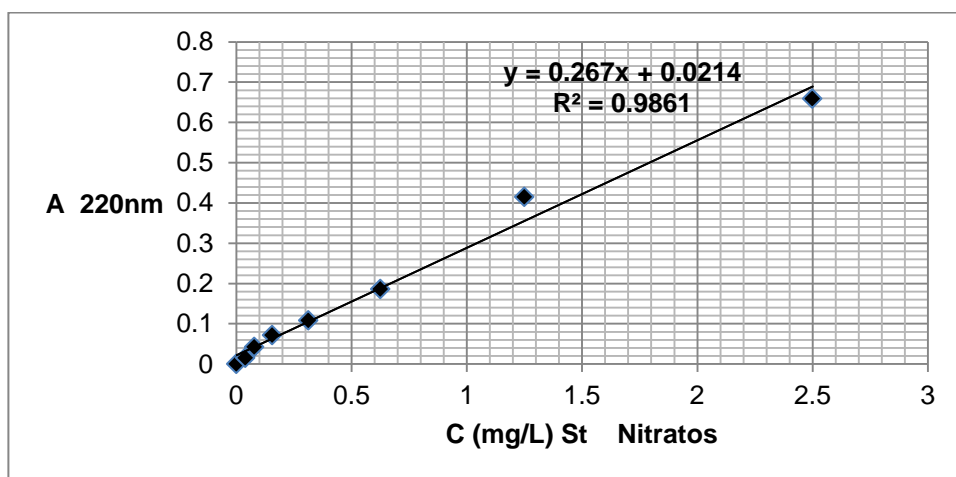


Figura N° 35. Curva de calibración de estándares de nitrato de potasio. El gráfico indica la concentración de nitratos y su respectiva absorbancia.

Cuadro N°28. Absorbancia de las muestras de agua lluvia de cada facultad obtenida en determinación de Nitratos, mes Agosto.

Código de la muestra	Facultad	A 220nm	A 275nm
MoradoANQF	Química y Farmacia	0,048	0,007
MoradoANO	Odontología	0,448	0,130
MoradoANIA	Ingeniería y Arquitectura	0,033	0,010
MoradoANJA	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,366	0,201
MoradoANF	Humanidades: Filosofía	0,014	0,002
MoradoANPE	Humanidades: Psicología y Educación	0,208	0,062

Cuadro N°29. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia de cada facultad y su respectiva concentración de Nitratos, mes Agosto.

Código de la muestra	Facultad	A Nitratos (A220nm - A275nm)	Concentración Nitratos (mg/L) Agosto
MoradoANQF	Química y Farmacia	0,041	0,090
MoradoANO	Odontología	0,318	0,958
MoradoANIA	Ingeniería y Arquitectura	0,023	0,043
MoradoANJA	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,165	0,554
MoradoANF	Humanidades: Filosofía	0,012	0,031
MoradoANPE	Humanidades: Psicología y Educación	0,146	0,491

Ejemplo de Cálculo para Determinación de Nitratos (mes: agosto)

Facultad de Química y Farmacia:

A: Absorbancia nm: nanómetros

A 220nm = 0,048

A 275nm = 0,007

A de la muestra = A 220nm – A275nm

A de la muestra = 0,048 - 0,007

A de la muestra = 0,041

Luego se emplea la siguiente ecuación:

$$C_{mx} = \frac{C_{st} \times A_{mx}}{A_{st}}$$

Donde:

Cst = Concentración del estándar de nitratos

Ast = Absorbancia del estándar de nitratos

Amx= Absorbancia de la muestra

Cmx= Concentración de la muestra

ppm: partes por millón = mg/L: miligramos por litro

$$C_{mx} = \frac{C_{st} \times A_{mx}}{A_{st}}$$

Cmx = (0,0781 mg/L nitratos x 0,041) / 0,042

Cmx = 0,090 mg/L nitratos en muestra de agua lluvia de la Facultad de Química y Farmacia.

Nota: El resultado que se obtiene es similar al que se calcula interpolando la absorbancia de la muestra en el gráfico de la curva de calibración de estándares de nitratos, lo que varía son los decimales.

Cuadro N° 30. Absorbancia de las muestras de agua lluvia de cada facultad obtenida en determinación de Nitratos, mes Septiembre.

Código de la muestra	Facultad	A 220nm	A 275nm
VerdeSNQF	Química y Farmacia	0,012	0,001
VerdeSNO	Odontología	0,604	0,207
VerdeSNIA	Ingeniería y Arquitectura	0,091	0,028
VerdeSNJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,557	0,291
VerdeSNF	Humanidades: Filosofía	0,033	0,025
VerdeSNPE	Humanidades: Psicología y Educación	0,050	0,017

Cuadro N° 31. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia de cada facultad y su respectiva concentración de Nitratos, mes Septiembre.

Código de la muestra	Facultad	A Nitratos (A220nm - A275nm)	Concentración Nitratos (mg/L) Septiembre
VerdeSNQF	Química y Farmacia	0,011	0,029
VerdeSNO	Odontología	0,397	1,196
VerdeSNIA	Ingeniería y Arquitectura	0,063	0,139
VerdeSNJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,266	0,801
VerdeSNF	Humanidades: Filosofía	0,008	0,021
VerdeSNPE	Humanidades: Psicología y Educación	0,033	0,061

Cuadro N° 32. Absorbancia de las muestras de agua lluvia de cada facultad obtenida en determinación de Nitratos, mes Octubre.

Código de la muestra	Facultad	A 220nm	A 275nm
AzulONQF	Química y Farmacia	0,197	0,085
AzulONO	Odontología	1,457	0,681
AzulONIA	Ingeniería y Arquitectura	0,287	0,088
AzulONJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	1,464	0,701
AzulONF	Humanidades: Filosofía	0,436	0,192
AzulONPE	Humanidades: Psicología y Educación	0,367	0,140

Cuadro N° 33. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia de cada facultad y su respectiva concentración de Nitratos, mes Octubre.

Código de la muestra	Facultad	A Nitratos (A220nm - A275nm)	Concentración Nitratos (mg/L) Octubre
AzulONQF	Química y Farmacia	0,112	0,376
AzulONO	Odontología	0,776	2,944
AzulONIA	Ingeniería y Arquitectura	0,199	0,669
AzulONJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,763	2,895
AzulONF	Humanidades: Filosofía	0,244	0,735
AzulONPE	Humanidades: Psicología y Educación	0,227	0,684

ANEXO N°18

Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de Sulfatos

ANEXO N°18

Tablas de Resultados y Cálculos para Determinación de Sulfatos

Cuadro N° 34. Estándares de Sulfato de Sodio, concentración y su respectiva absorbancia (A), empleados para realizar la curva de calibración de sulfatos.

Sulfatos C (mg/L) St	Absorbancia (A)
0	0
5	0,048
10	0,058
15	0,121
20	0,171
25	0,218

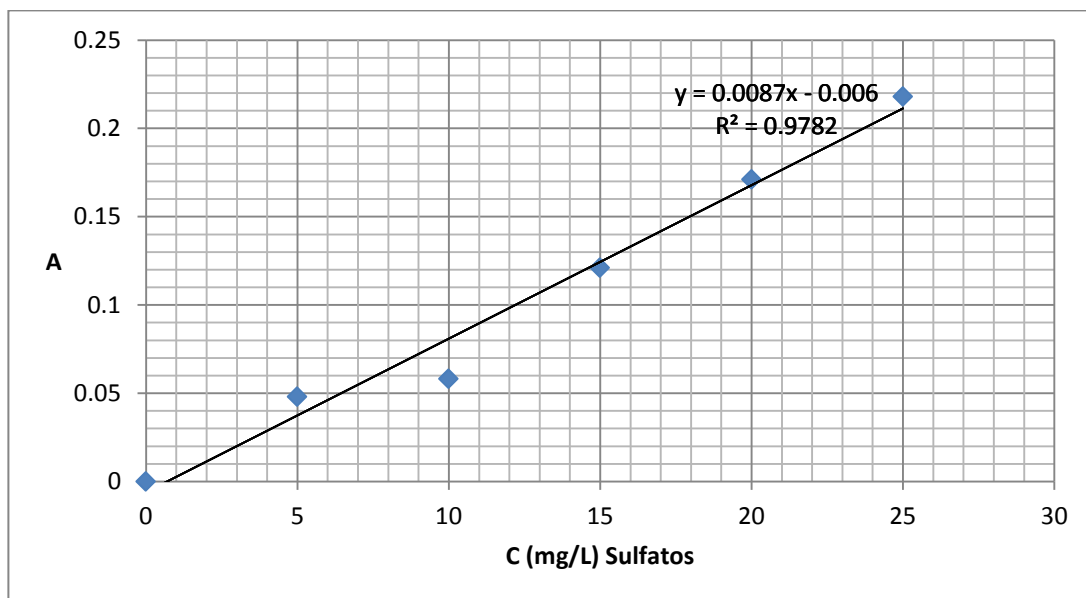


Figura N° 36. Gráfico de la curva de calibración de estándares de sulfato de sodio. El gráfico indica la concentración de sulfatos y su respectiva absorbancia.

Cuadro N° 35. Valores de Absorbancia de las muestras de agua lluvia de cada facultad y su respectiva concentración de Sulfatos, mes Agosto.

Código de la muestra	Facultad	Absorbancia (A)	Concentración Sulfatos (mg/L) Agosto
MoradoASQF	Química y Farmacia	0,046	4,792
MoradoASO	Odontología	0,052	5,417
MoradoASIA	Ingeniería y Arquitectura	0,034	3,542
MoradoASJA	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,056	9,655
MoradoASF	Humanidades: Filosofía	0,050	5,208
MoradoASPE	Humanidades: Psicología y Educación	0,049	5,104

Ejemplo de cálculo para determinación de Sulfatos (mes: agosto)

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Absorbancia (A)

A 420nm = A de la muestra

Luego se emplea la siguiente ecuación:

$$C_{mx} = \frac{C_{st} \times A_{mx}}{A_{st}}$$

Donde:

C_{st} = Concentración del estándar de sulfatos (ppm)

A_{st} = Absorbancia del estándar de sulfatos

A_{mx} = Absorbancia de la muestra

C_{mx} = Concentración de la muestra (ppm)

ppm: partes por millón = mg/L

mg/L: miligramos por litro

$$C_{mx} = \frac{C_{st} \times A_{mx}}{A_{st}}$$

Ast

$$C_{mx} = (5 \text{ mg/L sulfatos} \times 0,034) / 0,048$$

Cmx = 3,542 mg/L sulfatos en muestra de agua lluvia de la Facultad de

Ingeniería y Arquitectura

Nota: El resultado que se obtiene es similar al que se calcula interpolando la absorbancia de la muestra en el gráfico de la curva de calibración, lo que varía son los decimales.

Cuadro N° 36. Valores de Absorbancia de las muestras de agua lluvia de cada facultad y su respectiva concentración de Sulfatos, mes Septiembre.

Código de la muestra	Facultad	Absorbancia (A)	Concentración Sulfatos (mg/L) Septiembre
VerdeSSQF	Química y Farmacia	0,033	3,438
VerdeSSO	Odontología	0,03	3,125
VerdeSSIA	Ingeniería y Arquitectura	0,052	5,417
VerdeSSJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,054	9,310
VerdeSSF	Humanidades: Filosofía	0,045	4,688
VerdeSSPE	Humanidades: Psicología y Educación	0,047	4,896

Cuadro N° 37. Valores de Absorbancia de las muestras de agua lluvia de cada facultad y su respectiva concentración de Sulfatos, mes Octubre.

Código de la muestra	Facultad	Absorbancia (A)	Concentración Sulfatos (mg/L) Octubre
AzulOSQF	Química y Farmacia	0,091	11,281
AzulOSO	Odontología	0,077	13,276
AzulOSIA	Ingeniería y Arquitectura	0,089	11,033
AzulOSJC	Jurisprudencia y Ciencias Sociales	0,149	17,427
AzulOSF	Humanidades: Filosofía	0,079	13,621
AzulOSPE	Humanidades: Psicología y Educación	0,097	12,025

ANEXO N° 19

Ejemplo de dispositivo colocado en el sitio de muestreo



Figura N° 37. Ejemplo de dispositivo colocado en el sitio de muestreo en la Facultad de Odontología.

Anexo N° 20

Deducción de fórmula para cálculo de índice de corrosividad

Anexo N° 20

Deducción de fórmula para cálculo de índice de corrosividad

El área de la moneda de acero normalizado se calcula de la siguiente forma:

Área de moneda = área de las 2 caras de la moneda + área lateral

A cara: área de 1 cara de moneda

$$A \text{ cara} = \pi r^2 = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

A lateral: área lateral de la moneda

A lateral = Perímetro x Altura

Perímetro = $2\pi r$

Radio de la moneda = r

Altura = H

Radio = diámetro /2

D: diámetro de la moneda

π : valor constante

A lateral = Perímetro x Altura

A lateral = $2\pi r \times H$

$$A \text{ lateral} = 2\pi \left(\frac{D}{2}\right) \times H$$

Al simplificar queda:

$$A \text{ lateral} = \pi d \times H$$

Área de moneda= área de las 2 caras de la moneda + área lateral

$$\text{área moneda} = 2 \left[\pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right] + \pi d \times H$$

$$\text{área moneda} = 2 \left[\pi \frac{D^2}{4} \right] + \pi d \times H$$

Al simplificar la fórmula queda:

$$\text{área moneda} = \frac{1}{2} [\pi D^2] + \pi D \times H$$

Luego al sacar factor común queda:

$$\text{área moneda} = \frac{1}{2} \pi D [D + 2H]$$

Fórmula para calcular índice de corrosividad en un día:

$$\text{índice de corrosividad (por un día)} = \frac{\text{Aumento de peso}}{\frac{\pi \times D}{2} \times (D + 2H) \times \text{Tiempo de exposición}}$$

Fórmulas para calcular índice de corrosividad en 30 días:

$$\text{índice de corrosividad (por 30 días)} = \frac{\text{Aumento de peso} \times 30}{\frac{\pi \times D}{2} \times (D + 2H) \times \text{Tiempo de exposición}}$$

$$\text{índice de corrosividad} \left(\frac{\text{mg}}{\text{cm}^2} \times 30 \text{ días} \right) = \frac{19 \times \text{aumento de peso}}{D(D + 2H) \times \text{Tiempo de exposición}}$$

Para encontrar el valor constante 19 de la fórmula anterior, se sustituye por la letra Z, de la siguiente forma:

$$\text{índice de corrosividad} \left(\frac{\text{mg}}{\text{cm}^2} \times 30 \text{ días} \right) = \frac{Z \times \text{Aumento de peso}}{D(D + 2H) \times \text{Tiempo de exposición}}$$

Luego se igualan las 2 fórmulas de índice de corrosividad dadas para 30 días así:

$$\frac{\text{Aumento de peso x 30}}{\frac{\pi \times D}{2} \times (D + 2H) \times \text{Tiempo de exposición}} = \frac{Z \times \text{Aumento de peso}}{D(D + 2H) \times \text{Tiempo de exposición}}$$

Al simplificar la fórmula:

$$\frac{\cancel{\text{Aumento de peso x 30}}}{\frac{\pi \times D}{2} \times (D + 2H) \times \cancel{\text{Tiempo de exposición}}} = \frac{Z \times \cancel{\text{Aumento de peso}}}{D(D + 2H) \times \cancel{\text{Tiempo de exposición}}}$$

$$30 \left[\frac{D(D+2H)}{\frac{\pi \times D}{2} \times (D+2H)} \right] = Z$$

$$Z = 30 \left[\frac{1}{\frac{\pi}{2}} \right] = 30 \left[\frac{2}{\pi} \right]$$

$$Z = 19.09$$

ANEXO N°21

Ley de Medio Ambiente

ANEXO N°21

Ley de Medio Ambiente (25)

Creación del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente

Art. 6.- Créase el Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, formado por el Ministerio que será su coordinador, las unidades ambientales en cada Ministerio y las instituciones autónomas y municipales, se llamará SINAMA y tendrá como finalidad establecer, poner en funcionamiento y mantener en las entidades e instituciones del sector público los principios, normas programación, dirección y coordinación de la gestión ambiental del Estado.

Programas de Prevención y Control de la Contaminación

Art. 43.- El Ministerio elaborará, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, los entes e instituciones del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, programas para prevenir y controlar la contaminación y el cumplimiento de las normas de calidad. Dentro de los mismos se promoverá la introducción gradual de programas de autorregulación por parte de los titulares de actividades, obras o proyectos.

Capítulo II

Establecimiento de las normas técnicas de calidad ambiental

Aprobación de las normas técnicas de calidad ambiental

Art. 44.- El Ministerio, en coordinación con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, velarán por el cumplimiento de las normas técnicas de calidad ambiental. Un reglamento especial aprobado por el Presidente de la República contendrá dichas normas.

Revisión de las normas de calidad ambiental

Art. 45.- Es obligación del Ministerio, revisar periódicamente las normas técnicas de calidad ambiental, a fin de proponer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología la readecuación necesaria de acuerdo a los cambios físicos, químicos, biológicos, económicos y tecnológicos.

Capítulo III

Prevención y control de la contaminación

Inventarios de emisiones y medios receptores

Art. 46.- Para asegurar un eficaz control de protección contra la contaminación, se establecerá, por parte del Ministerio en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y con las autoridades competentes en materia de normatividad del uso o protección del agua, el aire y el suelo, la capacidad de estos recursos como medios receptores, priorizando las zonas del país más afectadas por la contaminación.

Para ello, recopilará la información que permita elaborar en forma progresiva los inventarios de emisiones y concentraciones en los medios receptores, con el apoyo de las instituciones integrantes del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, a fin de sustentar con base científica el establecimiento y adecuación de las normas técnicas de calidad del aire, el agua y el suelo.

Protección de la Atmósfera

Art. 47.- La protección de la atmósfera se regirá por los siguientes criterios básicos:

a) Asegurar que la atmósfera no sobrepase los niveles de concentración permisibles de contaminantes, establecidos en las normas técnicas de calidad del aire, relacionadas con sustancias o combinación de estas, partículas, ruidos, olores, vibraciones, radiaciones y alteraciones lumínicas, y provenientes de fuentes artificiales, fijas o móviles;

b) Prevenir, disminuir o eliminar gradualmente las emisiones contaminantes en la atmósfera en beneficio de la salud y el bienestar humano y del ambiente; y

c) El Ministerio, con apoyo del Sistema Nacional de Gestión del Medio Ambiente, elaborará y coordinará la ejecución, de Planes Nacionales para el Cambio Climático y la Protección de la Capa de Ozono, que faciliten el cumplimiento de los compromisos internacionales ratificados por El Salvador.

Protección del Recurso Hídrico

Art. 48.- El Ministerio promoverá el manejo integrado de cuencas hidrográficas, una ley especial regulará esta materia.

El Ministerio creará un comité interinstitucional nacional de planificación, gestión y uso sostenible de cuencas hidrográficas. Además promoverá la integración de autoridades locales de las mismas.

Criterios de Supervisión

Art. 49.- El Ministerio será responsable de supervisar la disponibilidad y la calidad del agua.

Un reglamento especial contendrá las normas técnicas para tal efecto, tomando en consideración los siguientes criterios básicos:

- a) Garantizar, con la participación de los usuarios, la disponibilidad, cantidad y calidad del agua para el consume humana y otros usos, mediante los estudios y las directrices necesarias;
- b) Procurar que los habitantes, utilicen prácticas correctas en el uso y disposición del recurso hídrico.
- c) Asegurar que la calidad del agua se mantenga dentro de los niveles establecidos en las normas técnicas de calidad ambiental;
- d) Garantizar que todos los vertidos de sustancias contaminantes, sean tratados previamente por parte de quien los ocasionare; y
- e) Vigilar que en toda actividad de reutilización de aguas residuales, se cuente con el Permiso Ambiental correspondiente, de acuerdo a lo establecido en esta ley.

Protección del Suelo

Art. 50.- La prevención y control de la contaminación del suelo, se regirá por los siguientes criterios:

- a) El Ministerio elaborará las directrices para la zonificación ambiental y los usos del suelo. El Gobierno central y los Municipios en la formulación de los planes y programas de desarrollo y ordenamiento territorial estarán obligados a cumplir las directrices de zonificación al emitir los permisos y regulaciones para

el establecimiento de industrias, comercios, vivienda y servicios, que impliquen riesgos a la salud, el bienestar humano o al medio ambiente;

b) Los habitantes deberán utilizar prácticas correctas en la generación, reutilización, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos domésticos, industriales y agrícolas;

c) El Ministerio promoverá el manejo integrado de plagas y el uso de fertilizantes, fungicidas y plaguicidas naturales en la actividad agrícola, que mantengan el equilibrio de los ecosistemas, con el fin de lograr la sustitución gradual de los agroquímicos por productos naturales bioecológicos; y

d) El Ministerio en cumplimiento de la presente ley y sus reglamentos vigilará y asegurará que la utilización de agroquímicos produzca el menor impacto en el equilibrio de los ecosistemas. Una ley especial contendrá el listado de productos agroquímicos y sustancias de uso industrial cuyo uso quedará prohibido.

Protección del Medio Costero-Marino

Art. 51.- Para prevenir la contaminación del medio costero-marino, se adoptarán las medidas siguientes:

a) El Ministerio, de acuerdo a la presente ley y sus reglamentos prevendrá y controlará los derrames y vertimientos de desechos, resultado de actividades operacionales de buques y embarcaciones; y de cualquier sustancia contaminante;

b) El Ministerio, en coordinación con las autoridades competentes, elaborará las directrices relativas al manejo de los desechos que se originan en las instalaciones portuarias, industriales, marítimas, infraestructura turística, pesca, acuicultura, transporte y asentamientos humanos;

c) El Ministerio de conformidad a la presente ley y sus reglamentos emitirá directrices en relación a la utilización de sistemas de tratamiento de las aguas residuales, provenientes de las urbanizaciones e industrias que se desarrollen en la zona costero-marina. Toda actividad, obra o proyecto que implique riesgos de descarga de contaminantes en la zona costero-marina, deberá obtener el correspondiente permiso ambiental.

Contaminación y Disposición Final de Desechos Sólidos

Art. 52.- El Ministerio promoverá, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales y otras organizaciones de la sociedad y el sector empresarial el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los desechos sólidos. Para lo anterior se formulará y aprobará un programa nacional para el manejo Integral de los desechos sólidos, el cual incorporará los criterios de selección de los sitios para su disposición final.

ANEXO N°22

Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental

ANEXO Nº 22

Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental (30)

Capítulo III

CALIDAD DEL AIRE

Sección I

Emisiones por Fuentes Fijas o Estacionarias

Parámetros Mínimos

Art. 9: La norma de calidad de aire ambiente establecerá los límites máximos permisibles que deberán aplicarse para los contaminantes del aire, para garantizar la salud humana y el medio ambiente, los cuales nunca podrán superar los límites de valores permisibles de la calidad del aire ambiente siguientes:

PARAMETROS	UNIDADES	VALORES MAXIMOS PERMISIBLES	PERIODO
Dióxido de Azufre (SO ₂)	ug / m ³	80	Anual
Dióxido de Azufre (SO ₂)	ug / m ³	365	24 horas
Monóxido de carbono (CO)	ug / m ³	10,000	8 horas
Monóxido de carbono (CO)	ug / m ³	40,000	1 hora
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	ug / m ³	100	Anual
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	ug / m ³	150	24 horas
Ozono	ug / m ³	120	8 horas
Ozono	ug / m ³	60	Anual
Partículas inhalables (PM ₁₀)	ug / m ³	50	Anual
Partículas inhalables (PM ₁₀)	ug / m ³	150	24 horas

Partículas inhalables (PM _{2.5})	ug / m ³	15	Anual
Partículas inhalables (PM _{2.5})	ug / m ³	65	24 horas
Partículas suspendidas totales	ug / m ³	75	Anual
Partículas suspendidas totales	ug / m ³	260	24 horas
Plomo (Pb)	ug / m ³	0.5	Anual

Fuentes Fijas

Art. 10: En base al Art. 47 letra a) de la Ley del Medio Ambiente, los titulares de las fuentes fijas o estacionarias de emisiones deberán instalar sistemas de control y reducción de emisiones, sin perjuicio del empleo de medidas de minimización de la generación de emisiones. Queda prohibido el empleo de técnicas de dilución o dispersión como método primario o único de control para reducir la concentración de los contaminantes.

Chimeneas y Ductos

Art. 11: En base al Art. 47 letra a) de la Ley del Medio Ambiente, las chimeneas y ductos de fuentes fijas deberán diseñarse de forma que garanticen la dispersión de los contaminantes emitidos, para evitar que sobrepasen los límites de calidad del aire ambiente. Lo anterior es aplicable a actividades, obras o proyectos de las establecidas en el Art. 21 de la Ley del Medio Ambiente que queden comprendidas en el artículo arriba mencionado.

La medición de la concentración de contaminantes del aire en emisiones proveniente de chimeneas o ductos se efectuará utilizando métodos normalizados de validez científica y de reconocida exactitud y precisión analíticas establecidas en la norma de emisiones respectiva.

Incineradores

Art. 12: En base al Art. 47, letra a) de la Ley del Medio Ambiente, a los titulares de actividades, obras o proyectos de las establecidas en el Art. 21 de la Ley, no se les permitirá la instalación o funcionamiento de incineradores de tipo doméstico o industrial en zonas urbanas y centros poblados.

Medidas Correctivas

Art. 13: En base al Art. 47, letra a) de la Ley del Medio Ambiente, los titulares de actividades, obras o proyectos de las establecidas en el Art. 21 de la Ley, que realicen construcciones, movimientos de tierra, trabajos viales, acarreo y almacenamiento de sólidos granulares o finamente divididos, susceptibles de producir emisiones de polvo, aplicarán las medidas correctivas para controlarlas que se estipule en el Permiso Ambiental, o en su defecto por el Ministerio, a fin de mantener en estas zonas las concentraciones de partículas totales suspendidas dentro de los límites establecidos en la norma de calidad de aire ambiente.

Sección II

Fuentes móviles

Límites permisibles

Art. 14: El Consejo, oyendo la opinión del Ministerio, así como la del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y el Viceministerio de Transporte, establecerá, revisará y actualizará las límites permisibles de contaminantes emitidos al aire, según el procedimiento establecido en el Art. 3 de este reglamento.

Cumplimiento de normas y medición de emisiones

Art.15: En cumplimiento al Art. 42 de la Ley del Medio Ambiente, el Ministerio, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y el Viceministerio de Transporte controlarán el cumplimiento de las normas técnicas de calidad del aire por medio de mediciones de las emisiones vehiculares, las cuales serán estacionarias o dinámicas; éstas se tomarán dentro o fuera de un Centro de Control autorizado por el Ministerio, según procedimientos técnicos normados y aceptados por el Consejo, según lo establecido en la Ley respectiva y en este Reglamento.

Sección III

Calidad de los combustibles

Normas para los combustibles

Art. 16: Las normas técnicas referentes a la calidad de los combustibles que se establezcan de conformidad a lo establecido en el Art. 3 de este Reglamento, deberán considerar como principio fundamental el que las materias primas utilizadas y los combustibles y sus aditivos posean una composición química que contribuya a asegurar que en la atmósfera no se sobrepasen los niveles de concentración permisibles.

En cumplimiento del Art. 42 de la Ley del Medio Ambiente, se prohíbe utilizar plomo como aditivo a los combustibles.

ANEXO N°23

Reglamento General de Tránsito y Seguridad Vial

ANEXO N°23

Reglamento General de Tránsito y Seguridad Vial ⁽³¹⁾

Art. 227.- Se prohíbe que los vehículos automotores que estén en circulación antes del 1o. de enero de 1998, emitan gases, humos y partículas, y niveles de ruido, que excedan los límites establecidos seguidamente, tomando en cuenta el factor de corrección por altura con referencia al nivel del mar donde se realice la medición.

1. Los vehículos o equipos cuyos motores utilicen combustible diesel durante su funcionamiento, deberán emitir humos y partículas cuya opacidad exceda los porcentajes a continuación indicados, o su factor K equivalente para cada caso:

a) Para los microbuses y los vehículos cuya capacidad de fábrica sea menor de 3.0 toneladas métricas, el nivel máximo de opacidad permitida es de 70% equivalente en factor K a 2.8 excepto para aquellos vehículos que funcionan con motores diesel turboalimentados, cuyo límite de emisión no podrá superar el 80% de opacidad, equivalente en factor K a 3.5

b) Para los autobuses y vehículos cuya capacidad de fábrica sea mayor o igual a 3.0 toneladas métricas, el nivel máximo de opacidad permitida es de 80%, equivalente en factor K a 3.5

La medición de la opacidad deberá realizarse por medio de equipos con opacímetros de flujo parcial y bajo el procedimiento de aceleración libre.

2. Los vehículos provistos con motor de ignición por chispa que utilicen gasolina, gasohol, alcohol u otras sustancias para su funcionamiento, cualquiera que sea su tipo o peso, no deben emitir contaminantes ambientales que excedan al 4.5% de monóxido de carbono (CO) del volumen total de los gases, ni 600 p.p.m. (partes por millón) de hidrocarburos (HC). Igualmente no podrán emitir bióxido de carbono (CO₂) en cantidades inferiores al 10.5% del volumen total de los gases. Las mediciones de los gases anteriormente mencionados deberán realizarse dos veces seguidos, y en ninguna oportunidad podrán ser sobrepasados los límites establecidos en este mismo inciso; además, tales mediciones se realizarán siguiendo las especificaciones del fabricante del equipo de control de emisiones. La primera medición se realizará con el motor funcionando a temperatura normal y en régimen de ralentí a no más de 1,000 R.P.M. (revoluciones por minuto) y la segunda medición se realizará con el motor funcionando a temperatura normal y a una velocidad entre las 2,200 y las 2,700 R.P.M., con un período de espera de 15 segundos después de la aceleración para la toma de estas muestras.

3. Los niveles máximos admisibles de ruido emitido por el escape de los vehículos en condición estática son los siguientes:

- a) Para los automóviles, motobicicletas, motocicletas, vehículos rústicos y demás automotores cuya capacidad de fábrica no supere las 3.0 toneladas métricas, el nivel máximo de ruido, será de 96 dB(A).
- b) Para los microbuses y vehículos cuya capacidad de fábrica se encuentre entre 3.0 toneladas métricas y 8.0 toneladas métricas, el nivel máximo permisible de ruido será de 98 dB(A).
- c) En cuanto a autobuses y vehículos cuya capacidad de fábrica sea superior a las 8.0 toneladas métricas, el nivel máximo de ruido será 100 dB(A).

4. Los niveles máximos de ruido permitidos para los dispositivos sonoros de los vehículos automotores, son los siguientes:

- a) Para las motocicletas y motobicicletas de cualquier tipo, el nivel máximo de ruido permitido será de 105 dB(A).
- b) Para los automóviles, vehículos rústicos, los vehículos de carga liviana y pesada, así como para los vehículos dedicados al transporte público colectivo de pasajeros, el nivel máximo de ruido permitido será de 118 dB(A).
- c) Para los vehículos de emergencias, el nivel máximo de ruido será de 120 dB(A).

En todas las mediciones de ruido anteriores se estará a lo dispuesto por este Reglamento en el entendido de que los valores intermedios se establecerán según las características básicas del vehículo. Los niveles de ruido que 55 rigen, tanto para el escape como para los dispositivos sonoros de los vehículos, serán también aplicables a los automotores del Art. 228 de este Reglamento.

Art. 228.- Los vehículos que ingresen en forma definitiva al país a partir del 1o. de enero de 1998, sean nuevos o usados, y que funcionen con motor a gasolina, no deberán emitir monóxido de carbono (CO) en cantidades superiores al 0.5% del volumen total de los gases, ni hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a 125 p.p.m. (partes por millón), ni bióxido de carbono (CO₂) en cantidades inferiores al 12% del volumen total de los gases. Las mediciones de los gases anteriormente mencionados deberán realizarse dos veces y en ninguna oportunidad podrán ser sobrepasados los límites establecidos en este mismo inciso; además, tales mediciones se realizarán siguiendo las especificaciones del fabricante del equipo de control de emisiones. La primera medición se realizará con el motor funcionando a temperatura normal y en régimen de ralentí a no más de 1000 R.P.M. (revoluciones por minuto) y la segunda medición se realizará con el motor funcionando a temperatura normal y a una velocidad entre las 2200 y las 2700 R.P.M., con un período de espera de 15 segundos después de la aceleración para la toma de muestras.

El inciso anterior exceptúa a las motocicletas y motobicicletas de todo tipo y clase, las cuales continuarán con los límites exigidos en el Artículo 227.

ANEXO N° 24

**Información sobre enfermedades respiratorias proporcionada en
Bienestar Universitario**

Enfermedades Respiratorias

Entre las enfermedades respiratorias más comunes durante el año 2010 tenemos:

1. Faringoamigdalitis
2. Catarros comunes
3. Faringitis
4. Gripe

El total de casos de enfermedades respiratorias mencionadas anteriormente durante el año 2010, fueron:

2,603 casos

Entre las enfermedades respiratorias más comunes durante el año 2009 tenemos:

1. Faringoamigdalitis
2. Catarros comunes
3. Faringitis
4. Gripe

El total de casos de enfermedades respiratorias mencionadas anteriormente durante el año 2009, fueron:

3,275 casos



ANEXO N° 25

**Población estudiantil en la Universidad de El Salvador en los ciclos I
y II del año 2009.**



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
SECRETARIA DE ASUNTOS ACADEMICOS
DATOS DE INCRITOS DEL CICLO I Y II/2009 POR FACULTAD Y GENERO

Unidad de Informática

FACULTADES	CICLO I	CICLO II
MEDICINA	4,865	4,005.00
JURISPRUDENCIA Y C.C. SOCIALES	3,629	2,945.00
CIENCIAS AGRONOMICAS	767	556.00
CIENCIAS Y HUMANIDADES	6,206	5,575.00
INGENIERIA Y ARQUITECTURA	5,375	4,231.00
QUIMICA Y FARMACIA	773	652.00
ODONTOLOGIA	498	406.00
CIENCIAS ECONOMICAS	8,077	6,898.00
C.C.N.N. Y MATEMATICA	1,029	882.00
OCCIDENTE	7,158	6,527.00
ORIENTE	5,896	5,508.00
PARACENTRAL	1,860	1,573.00
TOTAL ...	46,133	39,758.00

NOTA: Fuente de Información Administraciones Académicas de cada facultad.




ANEXO N°26

Informe de resultados obtenidos en la determinación de la contaminación del medio ambiente, ocasionada por polvo sedimentable, índice de corrosividad y lluvia ácida en cinco facultades de la Ciudad Universitaria.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



**INFORME DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE LA
CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE, OCASIONADA POR POLVO
SEDIMENTABLE, INDICE DE CORROSIVIDAD Y LLUVIA ACIDA EN CINCO
FACULTADES DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA.**

PRESENTADO POR:

BRENDA BETSABE AYALA ALFARO

DILMA ESMERALDA OCHOA AYALA

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2011.

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

Cuadro N° 1. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Química y Farmacia.

Código de la muestra	Facultad de Química y Farmacia	Polvo sedimentable (mg/cm ² x 30 días)
MoradoAPSQF	Agosto	12,80
VerdeSPSQF	Septiembre	30,45
AzulOPSQF	Octubre	3,60
RojoNPSQF	Noviembre	0,16

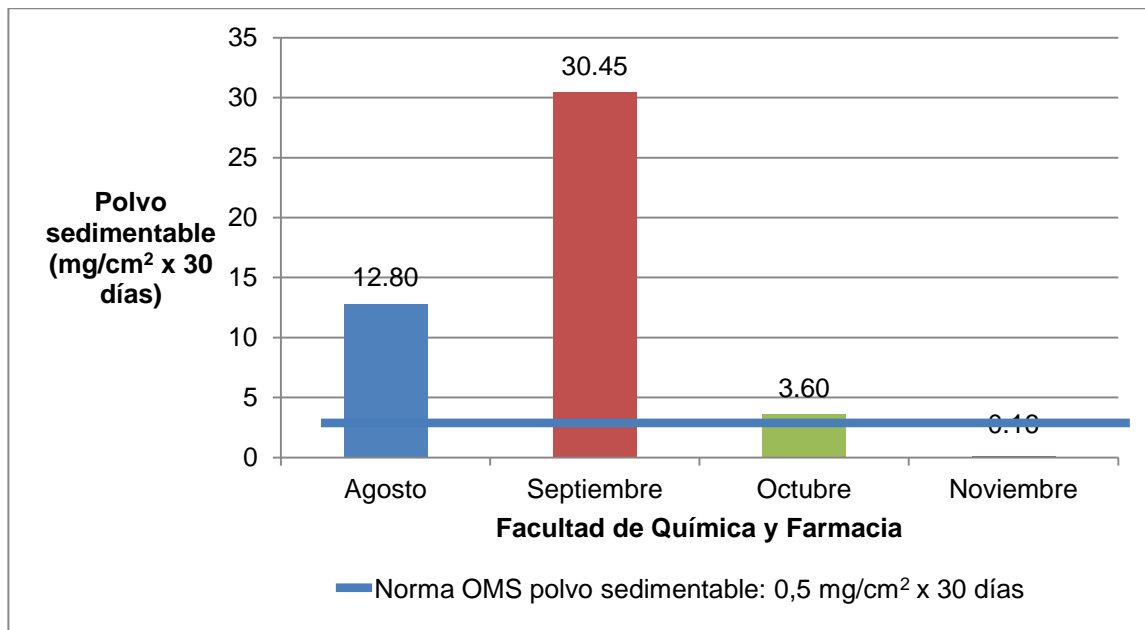


Figura N° 1. Gráfico de resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Química y Farmacia.

En la Figura N°1 se puede observar que:

- En la facultad de Química y Farmacia solo el mes de noviembre cumplió con la normativa para polvo sedimentable ya que los demás meses sobrepasan el límite permitido ($0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) según norma OMS para polvo sedimentable. En el mes de noviembre, el polvo sedimentable disminuyó probablemente porque el número de estudiantes disminuye por la finalización de clases; la cantidad de personas que transitan en la zona de muestreo es poca, por lo tanto hay disminución de levantamiento de partículas.

- El valor más alto de polvo sedimentable ($30,45 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) se obtuvo en el mes de septiembre, esto se debe al arrastre de partículas por las lluvias pues al aumentar la humedad incrementan las partículas sedimentables en el ambiente.

- Ya sea que aumente o disminuya la concentración de contaminantes en un área determinada, depende no solo de los aportes en el sitio de muestreo, sino también de los provenientes de otros lugares y que son dispersados por el viento, que es el mayor agente dispersor.

- Debido a las variaciones estacionales en invierno la concentración media de polvo sedimentable es la máxima y en el verano es mínima. Y durante la transición se va delineando la tendencia respectiva hacia los mínimos en el mes de octubre y máximos en el mes de septiembre.

Cuadro N° 2. Resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Química y Farmacia.

Código de la muestra	Facultad de Química y Farmacia	índice de corrosividad (mg/cm ² x 30 días)
AICQF	Agosto	4,20
SICQF	Septiembre	3,30
OICQF	Octubre	0,08
NICQF	Noviembre	0,05

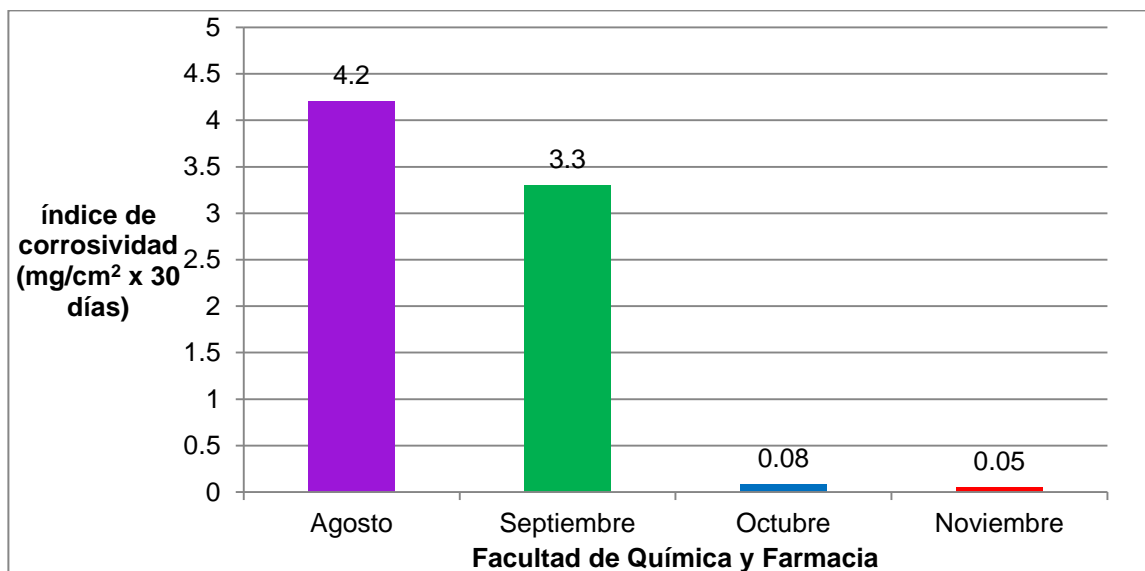


Figura N° 2. Gráfico de resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Química y Farmacia.

En la Figura N°2 se puede observar que:

- El valor más alto de índice de corrosividad (4,20 mg/cm² x 30 días) se obtuvo en el mes de agosto, esto se debe a que en la zona de muestreo hay mayor presencia de humedad del ambiente, debido a las zonas verdes cercanas a la

facultad y por la presencia de lluvias debido a la época lluviosa. En las prácticas de laboratorio que se realizan en la facultad se emiten gases contaminantes que contribuyen a la corrosión de los metales

- En la facultad de Química y Farmacia en el mes de noviembre se obtuvo el valor más bajo de índice de corrosividad, esto se debe a que en este mes disminuyó la humedad del ambiente ya que la época fue seca y las actividades prácticas de los laboratorios de la facultad disminuyeron por la finalización de ciclo.

Cuadro N° 3. Resultados obtenidos de pH de las muestras de agua lluvia por mes, facultad de Química y Farmacia.

Código de la muestra	Facultad de Química y Farmacia	pH
MoradoALLAQF	Agosto	5,91
VerdeSLLAQF	Septiembre	5,82
AzulOLLAQF	Octubre	7,46

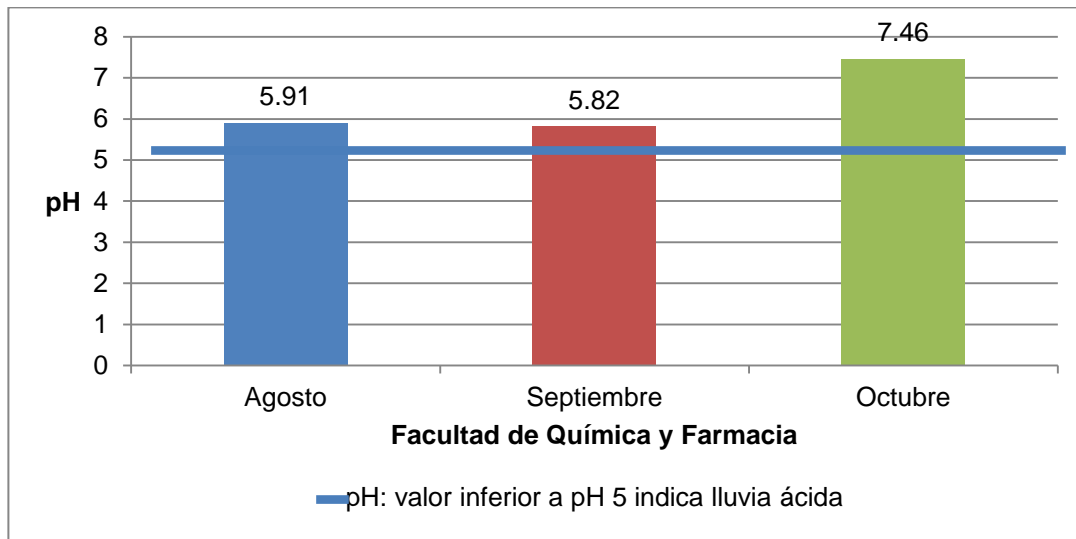


Figura N° 3. Gráfico de resultados obtenidos de pH por mes, facultad de Química y Farmacia.

En la Figura N°3 se puede observar que:

- En la facultad de Química y Farmacia la muestra de agua lluvia que presenta menor valor de pH es la del mes de septiembre (pH = 5,82) y la que presenta valor más alto (pH = 7,46) fue la del mes de octubre, esto se debe a que en el último mes de muestreo se agregó agua destilada al dispositivo de muestreo ya que las lluvias disminuyeron por el cambio de época lluviosa a época seca.
- En todos los meses los valores de pH son mayores a pH 5, por lo que se concluye que en la facultad de Química y Farmacia no se determinó presencia de lluvia ácida, porque sólo la lluvia que presenta pH inferior a 5 se considera lluvia ácida.

Cuadro N° 4. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Nitratos por mes, facultad de Química y Farmacia.

Código de la muestra	Facultad de Química y Farmacia	Absorbancia (A)	Concentración Nitratos (mg/L)
MoradoASQF	Agosto	0,041	0,090
VerdeSSQF	Septiembre	0,011	0,029
AzulOSQF	Octubre	0,112	0,376

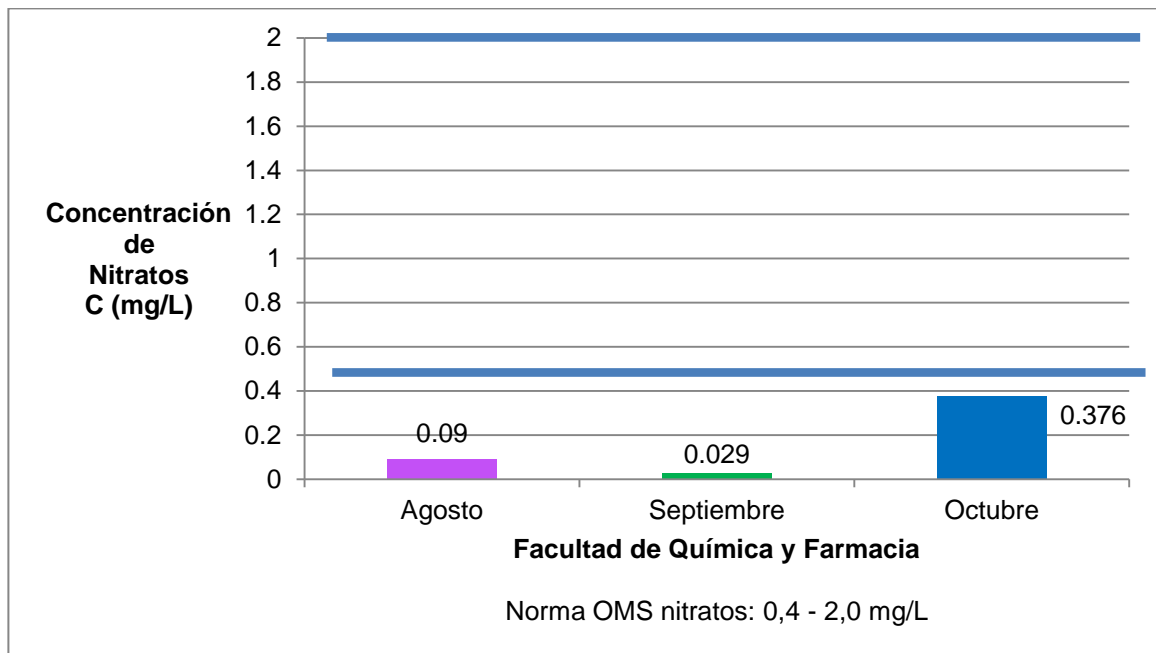


Figura N° 4. Gráfico de resultados de concentración de nitratos por mes, facultad de Química y Farmacia.

En la Figura N°4 se puede observar que:

- Los valores de nitratos determinados para la facultad de Química y Farmacia durante los meses de análisis cumplen con la normativa para dicho contaminante ya que todos los resultados están dentro de los límites permitidos

por la Organización Mundial de la Salud (0,4 – 2,0 mg/L nitratos). Sin embargo, la presencia de nitratos en agua lluvia se debe al tráfico vehicular que hay en la zona de muestreo; ya que en base al ciclo del nitrógeno, el uso de combustibles por parte del transporte automotor emite gases a la atmósfera (óxidos de nitrógeno y azufre) y las actividades industriales, contribuyendo a la formación de nitratos debido al proceso de nitrificación, los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- En octubre las lluvias disminuyeron por el cambio de época lluviosa a época seca; por esa razón hubo mayor concentración de nitratos ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

Cuadro N° 5. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Sulfatos por mes, facultad de Química y Farmacia.

Código de la muestra	Facultad de Química y Farmacia	Absorbancia (A)	Concentración Sulfatos (mg/L)
MoradoASQF	Agosto	0,046	4,792
VerdeSSQF	Septiembre	0,033	3,438
AzulOSQF	Octubre	0,091	11,281

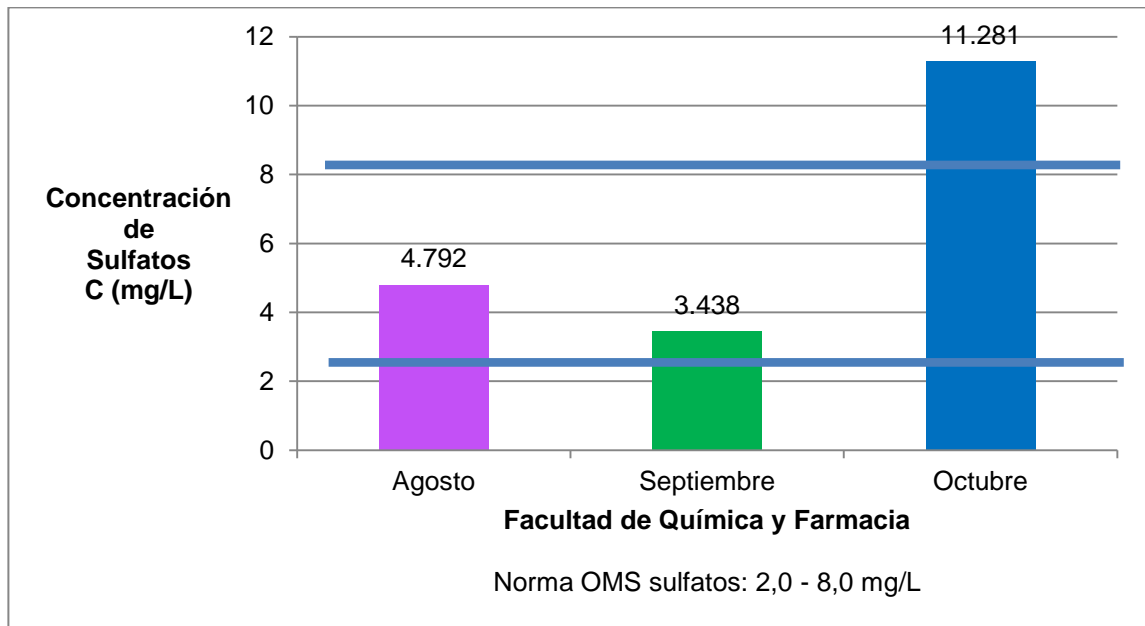


Figura N° 5. Gráfico de resultados de concentración de sulfatos por mes, facultad de Química y Farmacia.

En la Figura N°5 se puede observar que:

- En la facultad de Química y Farmacia los valores de sulfatos determinados en el mes de agosto y septiembre cumplen con la normativa establecida, pero para el mes de octubre el valor obtenido (11,281 mg/L sulfatos) no cumple con la normativa debido a que el resultado está fuera de los límites permitidos (2-8 mg/L). Esto se debe a que en octubre se realizaron las últimas prácticas de laboratorio, lo cual genera liberación de gases que llegan a la atmósfera y luego son depositados a la superficie en forma de lluvia, también al tráfico vehicular, que genera gases contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) debido a la quema de combustibles fósiles, los óxidos de azufre sufren transformaciones en la atmósfera, por acción de microorganismos como bacterias que descomponen la materia orgánica y los oxidan, contribuyendo a la formación de sulfatos los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- En octubre hubo mayor concentración de sulfatos en el agua, ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Cuadro N° 6. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Odontología.

Código de la muestra	Facultad de Odontología	Polvo sedimentable (mg/cm² x 30 días)
MoradoAPSO	Agosto	9,10
VerdeSPSO	Septiembre	19,20
AzulOPSO	Octubre	1,26
AzulINPSO	Noviembre	0,06

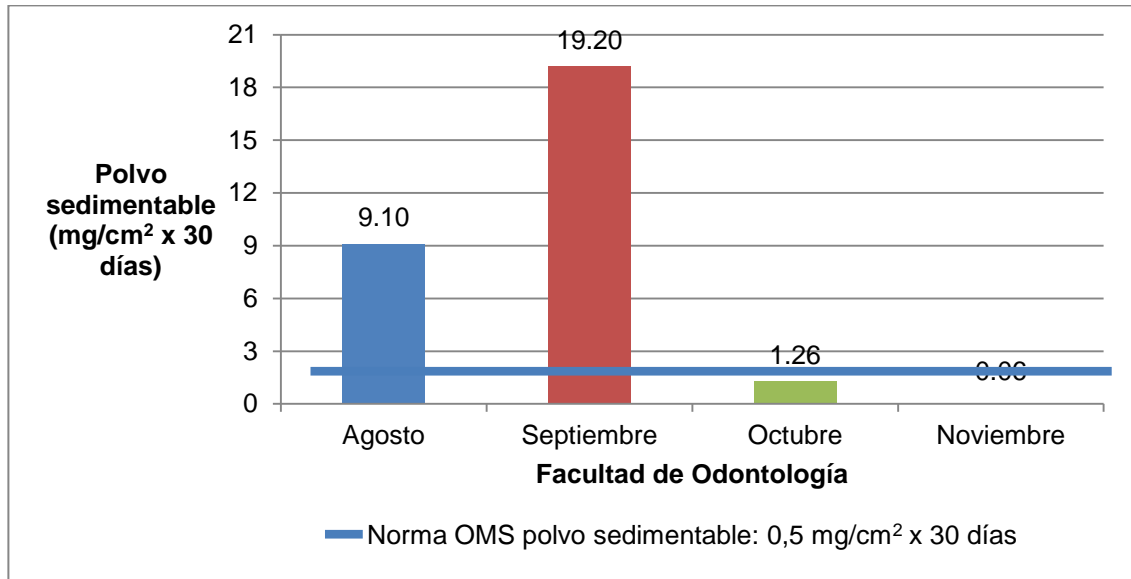


Figura N° 6. Gráfico de resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Odontología.

En la Figura N°6 se puede observar que:

- En la facultad de Odontología solo el mes de noviembre cumplió con la normativa OMS para polvo sedimentable que es 0,5 mg/cm² x 30 días, esto se debe a que en dicho mes disminuyeron las lluvias y la humedad también disminuyó, por lo que las partículas sedimentables tienden a disminuir.

- En el mes de noviembre, el polvo sedimentable disminuyó probablemente porque el número de estudiantes disminuye por la finalización de clases; la cantidad de personas que transitan en la zona de muestreo es poca, por lo tanto hay disminución de levantamiento de partículas y debido a que la superficie del suelo es de cemento.

- Los meses de agosto, septiembre y octubre sobrepasan el límite permitido según norma OMS para polvo sedimentable. El valor más alto de polvo sedimentable (19,20 mg/cm² x 30 días) se obtuvo en el mes de septiembre,

debido a que en este mes hubo mayor presencia de lluvias, por lo que las partículas son arrastradas por la lluvia y tienden a depositarse en forma de polvo en las diferentes superficies como por ejemplo: edificios y objetos, en interiores y exteriores, áreas verdes, avenidas y calles con o sin asfalto.

Cuadro N° 7. Resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Odontología.

Código de la muestra	Facultad de Odontología	índice de corrosividad (mg/cm² x 30 días)
AICO	Agosto	4,76
SICO	Septiembre	2,13
OICO	Octubre	0,03
NICO	Noviembre	0,04

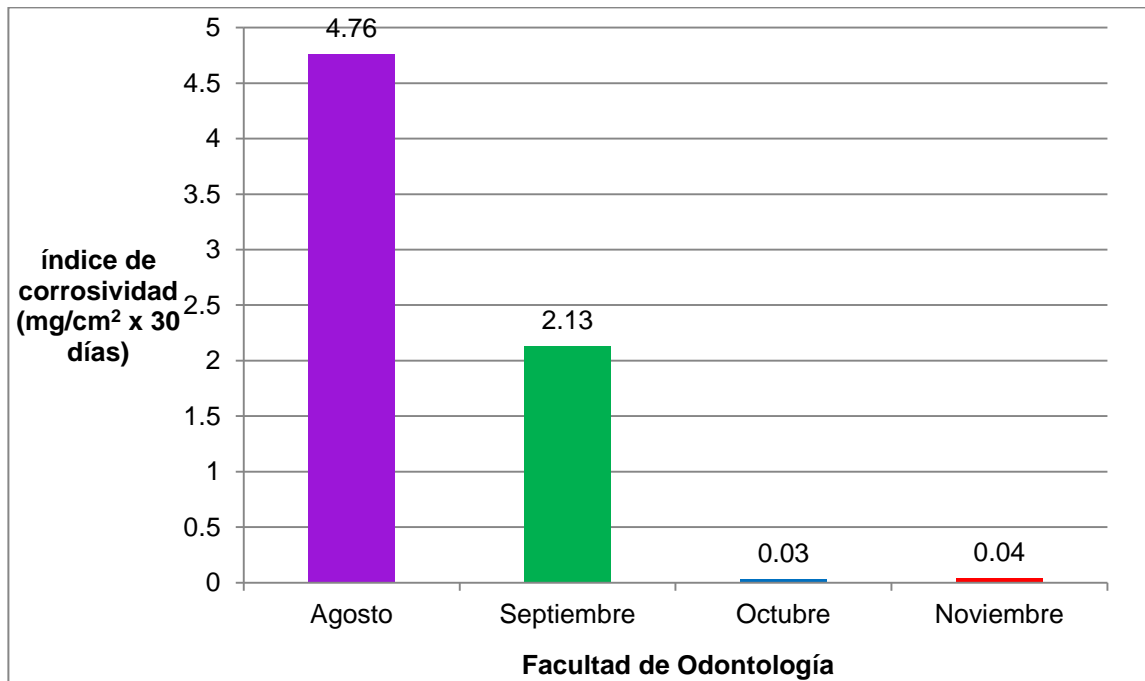


Figura N° 7. Gráfico de resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Odontología.

En la Figura N°7 se puede observar que:

- En la facultad de Odontología en el mes de Octubre se obtuvo el valor más bajo de índice de corrosividad (0,03 mg/cm² x 30 días), esto se debe a que en este mes disminuyó la humedad del ambiente ya que la época fue seca pero hubo presencia de algunas lluvias.

- El valor más alto de índice de corrosividad (4,76 mg/cm² x 30 días) se obtuvo en el mes de agosto, esto se debe a la humedad ambiental por la presencia de lluvias debido a la época lluviosa; también se debe a las zonas verdes cercanas a la facultad que generan humedad. En la facultad de Odontología se realizan prácticas odontológicas, en las que utilizan sustancias químicas, cuyos desechos pueden causar corrosión en metales.

Cuadro N° 8. Resultados obtenidos de pH de las muestras de agua lluvia por mes, facultad de Odontología.

Código de la muestra	Facultad de Odontología	pH
MoradoALLAO	Agosto	6,61
VerdeSLLAO	Septiembre	6,85
AzulOLLAO	Octubre	7,95

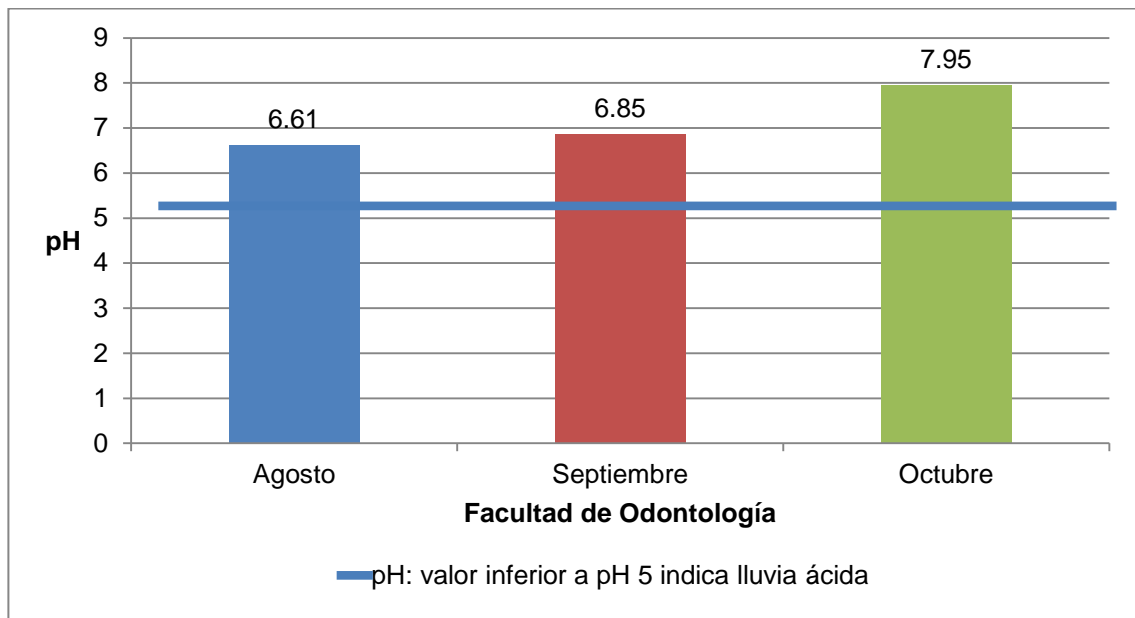


Figura N° 8. Gráfico de resultados obtenidos de pH por mes, facultad de Odontología.

En la Figura N°8 se puede observar que:

- En la facultad de Odontología la muestra de agua lluvia que presenta el valor de pH más bajo (pH = 6,61) es la del mes de Agosto debido a las lluvias de la época que traen consigo contaminantes que pueden aumentar o disminuir el pH.

- La muestra de agua lluvia con pH más alto (pH = 7,95) es la del mes de octubre, esto se debe a que en el último mes de muestreo se agregó agua destilada al dispositivo de muestreo ya que las lluvias disminuyeron por el cambio de época lluviosa a época seca.

- En todos los meses los valores de pH son mayores a pH 5, por lo que se concluye que en la facultad de Odontología no se determinó presencia de lluvia ácida, porque sólo la lluvia que presenta pH inferior a 5 se considera lluvia ácida.

Cuadro N° 9. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Nitratos por mes, facultad de Odontología.

Código de la muestra	Facultad de Odontología	Absorbancia (A)	Concentración Nitratos (mg/L)
MoradoANO	Agosto	0,318	0,958
VerdeSNO	Septiembre	0,397	1,196
AzulONO	Octubre	0,776	2,944

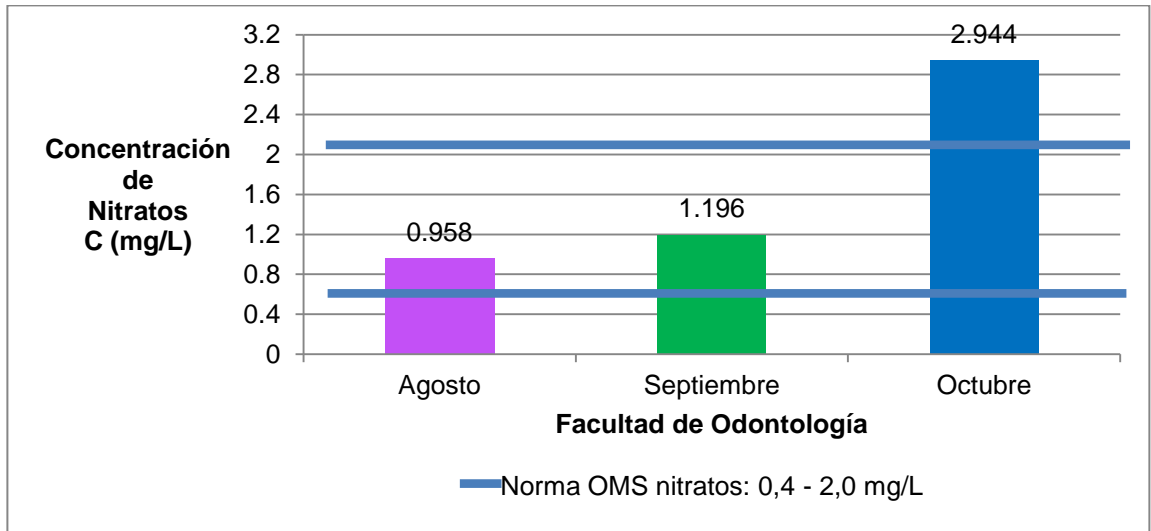


Figura N° 9. Gráfico de resultados de concentración de nitratos por mes, facultad de Odontología.

En la Figura N°9 se puede observar que:

- La facultad de Odontología presenta un valor de 2,944 mg/L de nitratos para el mes de Octubre, el cual sobrepasa el límite máximo permitido por la OMS (0,4 – 2,0 mg/L de nitratos); esto se debe a que en esta facultad la atmósfera estaba cargada de mayor cantidad de iones nitrato debido a la combustión de combustibles fósiles proveniente de los alrededores debido al alto tráfico vehicular. La quema de combustibles emite gases a la atmósfera (óxidos de nitrógeno y azufre), los cuales reaccionan químicamente con el vapor de agua y otras sustancias de la atmósfera formando ácidos sulfúrico y nítrico que se mezclan con el agua lluvia.

- En octubre las lluvias disminuyeron por el cambio de época lluviosa a época seca; por esa razón hubo mayor concentración de nitratos ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos

de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

- La presencia de nitratos en agua lluvia se debe al tráfico vehicular que hay en la zona de muestreo; ya que en base al ciclo del nitrógeno, el uso de combustibles por parte del transporte automotor emite gases a la atmósfera (óxidos de nitrógeno y azufre) y las actividades industriales, contribuyendo a la formación de nitratos debido al proceso de nitrificación, los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

Cuadro N° 10. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Sulfatos por mes, facultad de Odontología.

Código de la muestra	Meses para la Facultad de Odontología	Absorbancia (A)	Concentración Sulfatos (mg/L)
MoradoASO	Agosto	0,052	5,417
VerdeSSO	Septiembre	0,03	3,125
AzulOSO	Octubre	0,077	13,276

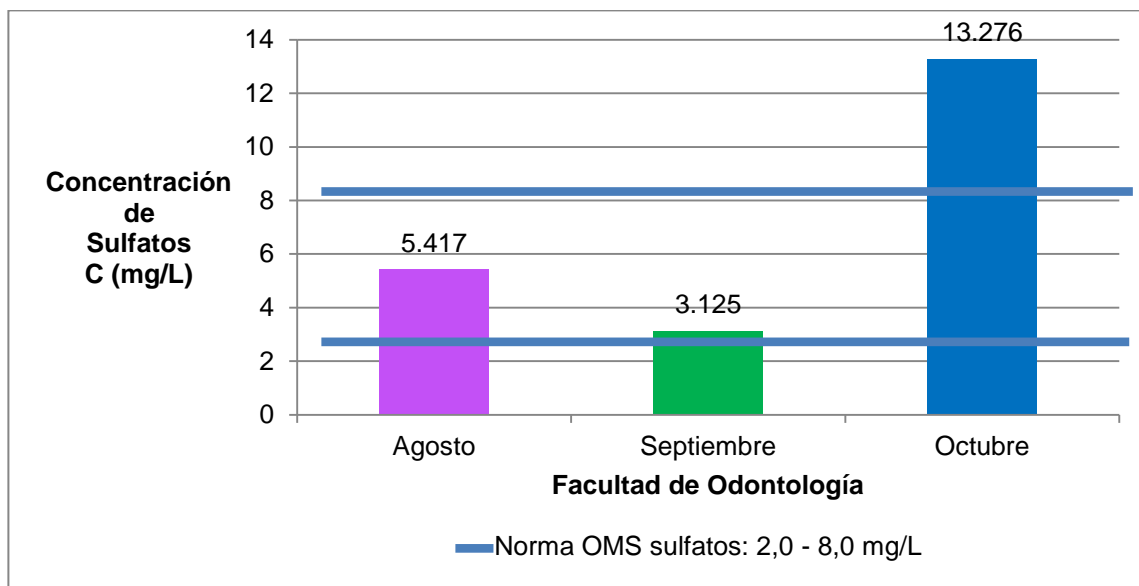


Figura Nº 10. Gráfico de resultados de concentración de sulfatos por mes, facultad de Odontología.

En la Figura Nº10 se puede observar que:

- En la facultad de Odontología los valores de sulfatos determinados en el mes de agosto y septiembre cumplen con la normativa establecida, pero para el mes de octubre el valor obtenido (13,276 mg/L sulfatos) no cumple con la normativa OMS para dicho contaminante, debido a que el resultado está fuera de los límites permitidos (2-8 mg/L). Esto se debe a que se realizan prácticas de laboratorio, lo cual genera liberación de contaminantes que llegan a la atmósfera, también a la presencia de tráfico vehicular presente en dicha zona de muestreo, que genera gases contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) debido a la quema de combustibles. Los óxidos de azufre sufren transformaciones en la atmósfera, por acción de microorganismos como bacterias que descomponen la materia orgánica y los oxidan, contribuyendo a la formación de sulfatos los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- En octubre hubo mayor concentración de sulfatos en el agua, ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Cuadro N°11. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Código de la muestra	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Polvo sedimentable (mg/cm² x 30 días)
MoradoAPSIA	Agosto	26,39
VerdeSPSIA	Septiembre	32,48
AzulOPSIA	Octubre	1,60
RojoNPSIA	Noviembre	0,16

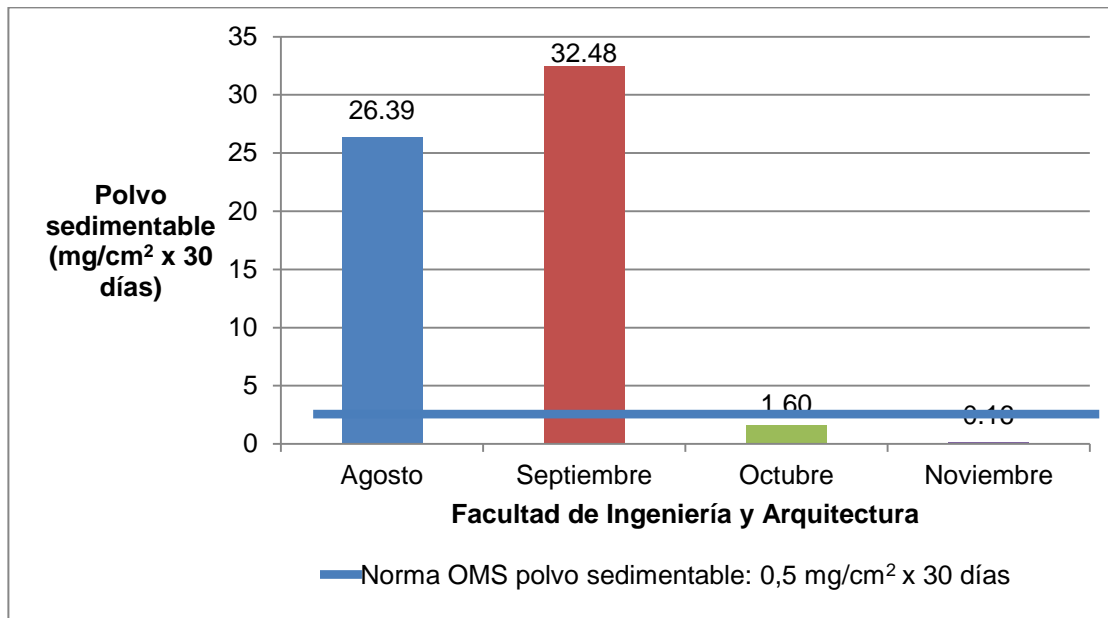


Figura N° 11. Gráfico de resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Ingeniería y Arquitectura.

En la Figura N°11 se puede observar que:

- En la facultad de Ingeniería y Arquitectura en general, durante todos los meses se supera el valor referencial para polvo sedimentable $0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$, con excepción del mes de noviembre que cumplió con la normativa para polvo sedimentable. El polvo sedimentable disminuyó probablemente porque el número de estudiantes disminuye por la finalización de clases; la cantidad de personas que transitan en la zona de muestreo es poca, por lo tanto hay disminución de levantamiento de partículas.

- La concentración de polvo sedimentable para el mes de septiembre fue $32,48 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$, dicho valor supera el valor referencial permisible de la norma OMS para polvo sedimentable ($0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$), esto se debe a que en esta facultad hay una población estudiantil considerable, por lo que hay un mayor flujo de personas. Además de que las calles son de tierra, esto provoca

mayor levantamiento de partículas en el ambiente, el arrastre de partículas por las lluvias; además, el movimiento de personas que transitan en vehículos emiten partículas.

Cuadro N° 12. Resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Código de la muestra	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	índice de corrosividad (mg/cm² x 30 días)
AICIA	Agosto	8,21
SICIA	Septiembre	1,13
OICIA	Octubre	0,04
NICIA	Noviembre	0,04

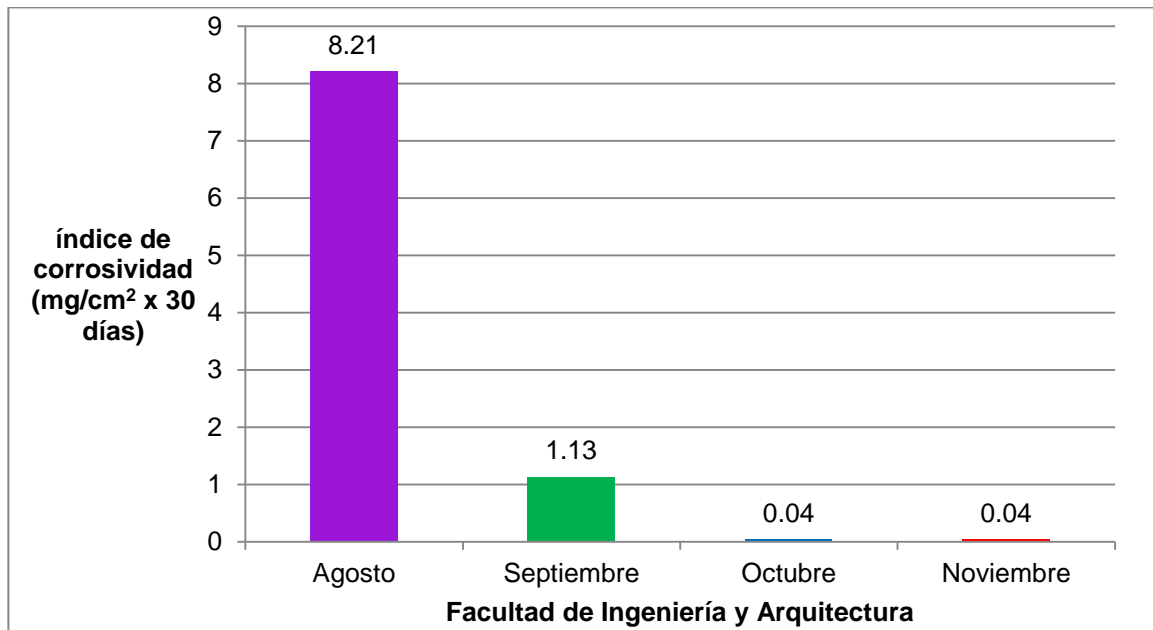


Figura N°12. Gráfico de resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Ingeniería y Arquitectura.

En la Figura N°12 se puede observar que:

- En la facultad de Ingeniería y Arquitectura en el mes de octubre y noviembre se obtuvo el valor más bajo de índice de corrosividad (0,04 mg/cm² x 30 días), esto pudo deberse a que en estos meses disminuyó la humedad del ambiente ya que la época fue seca.
- El valor más alto de índice de corrosividad (8,21 mg/cm² x 30 días) se obtuvo en el mes de Agosto ya que la humedad fue mayor debido a la época lluviosa, la humedad del ambiente contribuye a la corrosión de los metales ya que hubo lluvias en todo el mes y a la presencia de zonas verdes que generan mayor humedad.

Cuadro N° 13. Resultados obtenidos de pH de las muestras de agua lluvia por mes, facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Código de la muestra	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	pH
MoradoALLAIA	Agosto	5,22
VerdeSLLAIA	Septiembre	7,01
AzulOLLAIA	Octubre	7,26

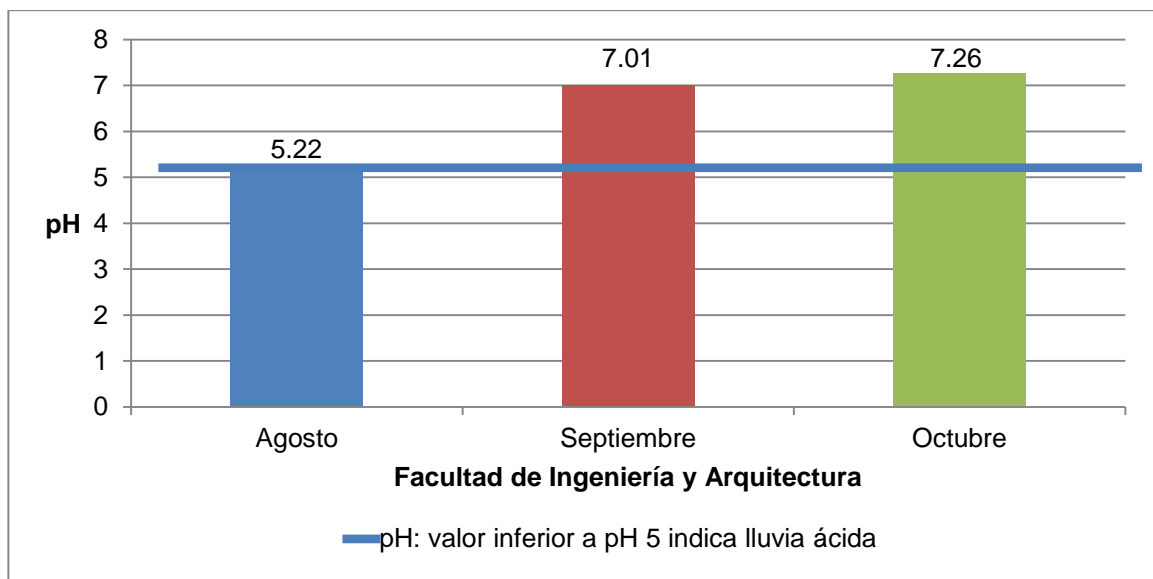


Figura N° 13. Gráfico de resultados obtenidos de pH por mes, facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Se puede observar que:

- En la facultad de Ingeniería y Arquitectura la muestra de agua lluvia con pH más bajo (pH = 5,22) es la del mes de agosto y la que presenta mayor valor (pH = 7,26) es la del mes de octubre.

- En todos los meses los valores de pH son mayores a pH 5, por lo que se concluye que en la facultad de Ingeniería y Arquitectura no se determinó

presencia de lluvia ácida, porque sólo la lluvia que presenta pH inferior a 5 se considera lluvia ácida.

Cuadro N° 14. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Nitratos por mes, facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Código de la muestra	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Absorbancia (A)	Concentración Nitratos (mg/L)
MoradoANIA	Agosto	0,023	0,043
VerdeSNIA	Septiembre	0,063	0,139
AzulONIA	Octubre	0,199	0,669

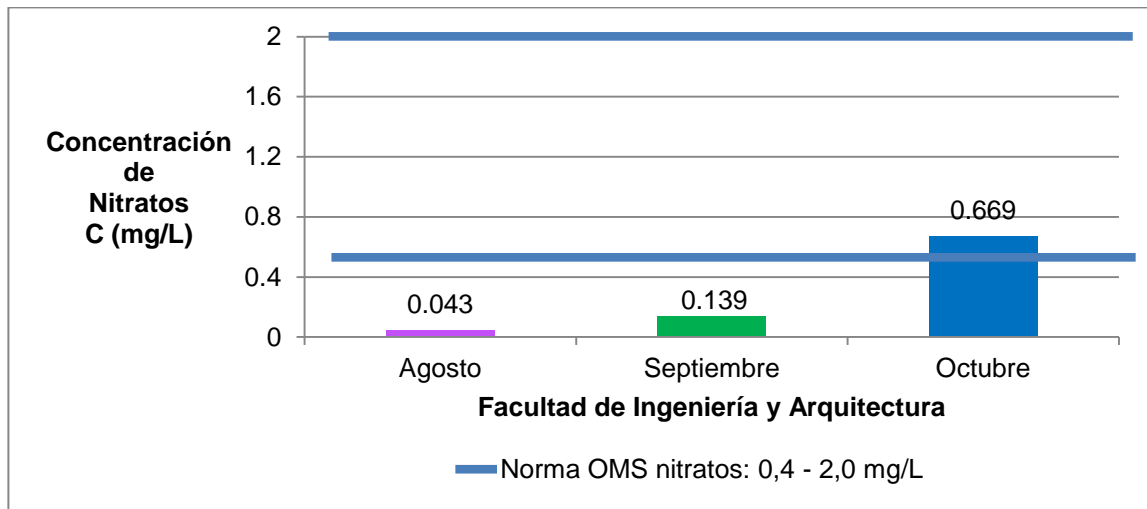


Figura N° 14. Gráfico de resultados de concentración de nitratos por mes, facultad de Ingeniería y Arquitectura.

En la Figura N°14 se puede observar que:

- Los valores de nitratos determinados para la facultad de Ingeniería y Arquitectura durante los meses de análisis cumplen con la normativa para dicho contaminante ya que todos los resultados están dentro de los límites permitidos por la Organización Mundial de la Salud (0,4 – 2,0 mg/L nitratos).

- La presencia de nitratos en agua lluvia se debe al tráfico vehicular que hay en la zona de muestreo; ya que en base al ciclo del nitrógeno, el uso de combustibles por parte del transporte automotor emite gases a la atmósfera (óxidos de nitrógeno y azufre) y las actividades industriales, contribuyendo a la formación de nitratos debido al proceso de nitrificación, los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- En octubre las lluvias disminuyeron por el cambio de época lluviosa a época seca; por esa razón hubo mayor concentración de nitratos ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

Cuadro N° 15. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Sulfatos por mes, facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Código de la muestra	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	Absorbancia (A)	Concentración Sulfatos (mg/L)
MoradoASIA	Agosto	0,034	3,542
VerdeSSIA	Septiembre	0,052	5,417
AzulOSIA	Octubre	0,089	11,033

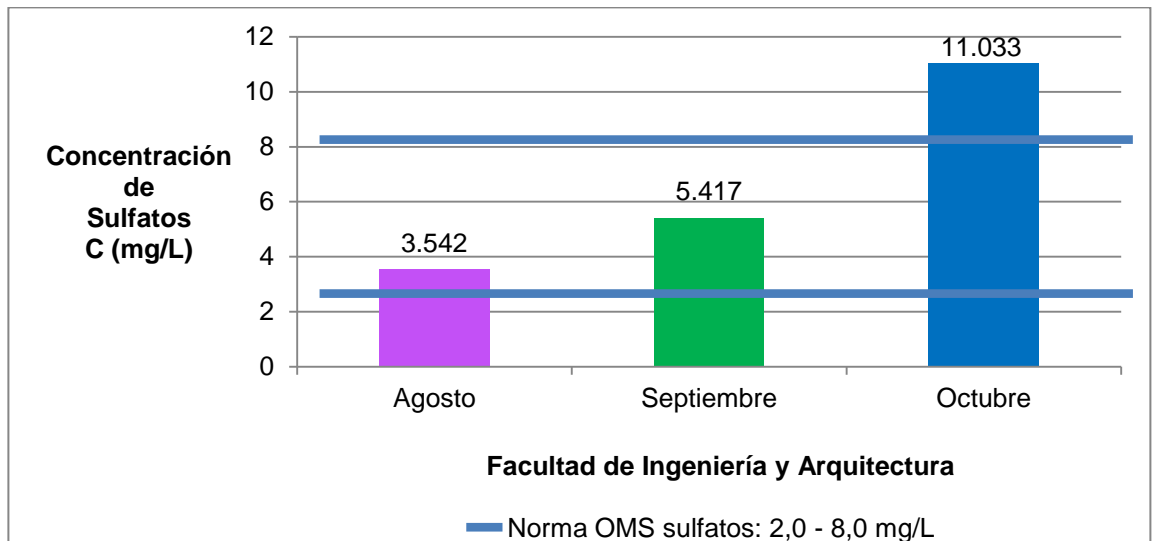


Figura N° 15. Gráfico de resultados de concentración de sulfatos por mes, facultad de Ingeniería y Arquitectura.

En la Figura N°15 se puede observar que:

- En la facultad de Ingeniería y Arquitectura los valores de Sulfatos determinados en el mes de agosto y septiembre cumplen con la normativa establecida, pero para el mes de octubre el valor obtenido (11,033 mg/L sulfatos) no cumple con la normativa OMS para dicho contaminante, debido a que el resultado está fuera de los límites permitidos (2-8 mg/L). Esto se debe a la presencia de tráfico vehicular presente en dicha zona de muestreo, que genera gases contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) debido a la quema de combustibles lo cual genera liberación de gases que llegan a la atmósfera y luego son depositados a la superficie en forma de lluvia.

El tráfico vehicular genera gases contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) debido a la quema de combustibles fósiles, los óxidos de azufre sufren transformaciones en la atmósfera, por acción de microorganismos como bacterias que descomponen la materia orgánica y los oxidan, contribuyendo a la formación de sulfatos los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- En octubre hubo mayor concentración de sulfatos en el agua, ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

FACULTAD DE JURISPRUDENCIA Y CIENCIAS SOCIALES

Cuadro N°16. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

Código de la muestra	Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	Polvo sedimentable (mg/cm² x 30 días)
MoradoAPSJC	Agosto	18,27
VerdeSPSJC	Septiembre	4,80
AzulOPSJC	Octubre	1,20
RojónPSJC	Noviembre	0,28

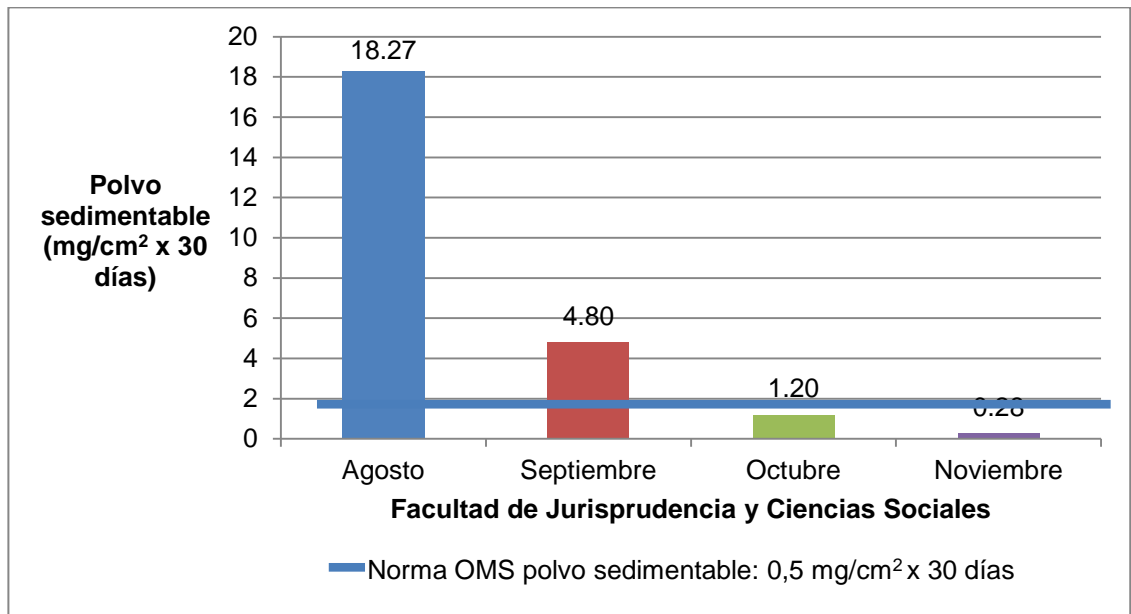


Figura N° 16. Gráfico de resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

En la Figura N°16 se puede observar que:

- En la facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales todos los meses sobrepasaron la normativa para polvo sedimentable, cuyo límite permitido es 0,5 mg/cm² x 30 días según norma OMS para polvo sedimentable. Esto se debe a que está ubicado en una zona de alto tráfico vehicular, lo cual genera material particulado en forma de hollín que se deposita en el ambiente, incrementando la cantidad de polvo sedimentable, al arrastre de partículas por las lluvias, al levantamiento de partículas en el ambiente y calles no pavimentadas.
- El valor más alto de polvo sedimentable (18,27 mg/cm² x 30 días) se obtuvo en el mes de agosto debido a que hubo mayor cantidad de lluvias, lo que produce aumento de la humedad y por tanto, aumentan las partículas sedimentables en el ambiente.

- En noviembre el valor de polvo sedimentable se encuentra dentro del límite establecido por la OMS ($0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) debido a la época seca, las partículas disminuyeron porque no hay arrastre de partículas, hubo poca lluvia pues el clima fue inestable. El valor de polvo sedimentable es menor probablemente porque el número de estudiantes disminuye por la finalización de clases; la cantidad de personas que transitan en la zona de muestreo es poca, por lo tanto hay disminución de levantamiento de partículas.

Cuadro N° 17. Resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

Código de la muestra	Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	índice de corrosividad ($\text{mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$)
AICJC	Agosto	0,33
SICJC	Septiembre	0,14
OICJC	Octubre	0,05
NICJC	Noviembre	0,03

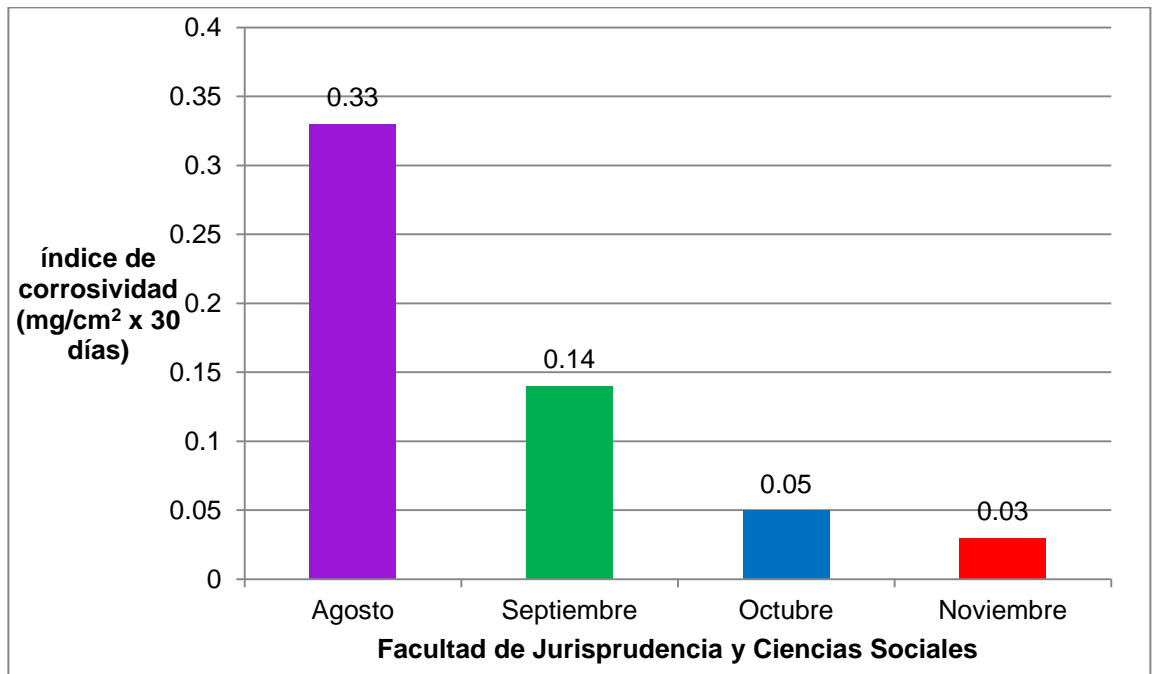


Figura N°17. Gráfico de resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

En la Figura N°17 se puede observar que:

- En la facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales en el mes de Noviembre se obtuvo el valor más bajo de índice de corrosividad (0,03 mg/cm² x 30 días), esto se debe a que en este mes disminuyó la humedad del ambiente ya que la época fue seca.
- El valor más alto de índice de corrosividad (0,33 mg/cm² x 30 días), se obtuvo en el mes de agosto debido a que la humedad fue mayor debido a la época lluviosa, la cual provoca corrosión de metales. Sin embargo en esta facultad se obtuvieron los valores más bajos de corrosividad debido a que el sitio de muestreo estaba en un área protegida, no estaba en contacto con la naturaleza.

Cuadro N° 18. Resultados obtenidos de pH de las muestras de agua lluvia por mes, facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

Código de la muestra	Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	pH
MoradoALLAJC	Agosto	6,23
VerdeSLLAJC	Septiembre	6,68
AzulOLLAJC	Octubre	7,18

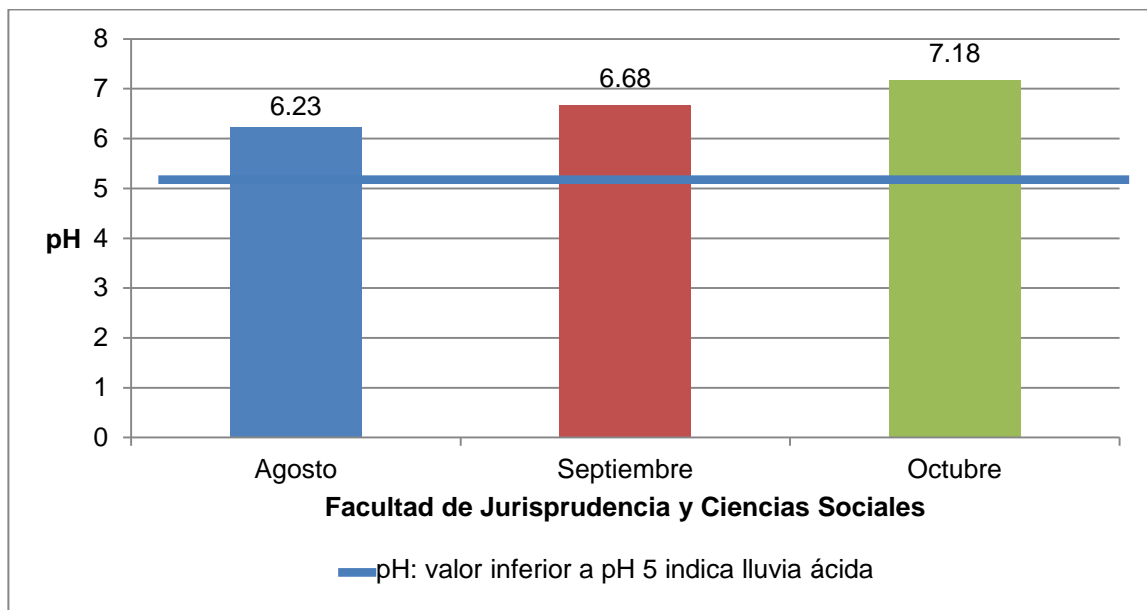


Figura N° 18. Gráfico de resultados obtenidos de pH por mes, facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

En la Figura N°18 se puede observar que:

- En la facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales la muestra de agua lluvia que presenta menor valor de pH es la del mes de agosto (pH = 6,23) y la que presenta mayor valor (pH = 7,18) fue la del mes de octubre.

- En todos los meses los valores de pH son mayores a pH 5, por lo que se concluye que en la facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales no se determinó presencia de lluvia ácida, porque sólo la lluvia que presenta pH inferior a 5 se considera lluvia ácida.

Cuadro N° 19. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Nitratos por mes, facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

Código de la muestra	Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	Absorbancia (A)	Concentración Nitratos (mg/L)
MoradoANJC	Agosto	0,165	0,554
VerdeSNJC	Septiembre	0,266	0,801
AzulONJC	Octubre	0,763	2,895

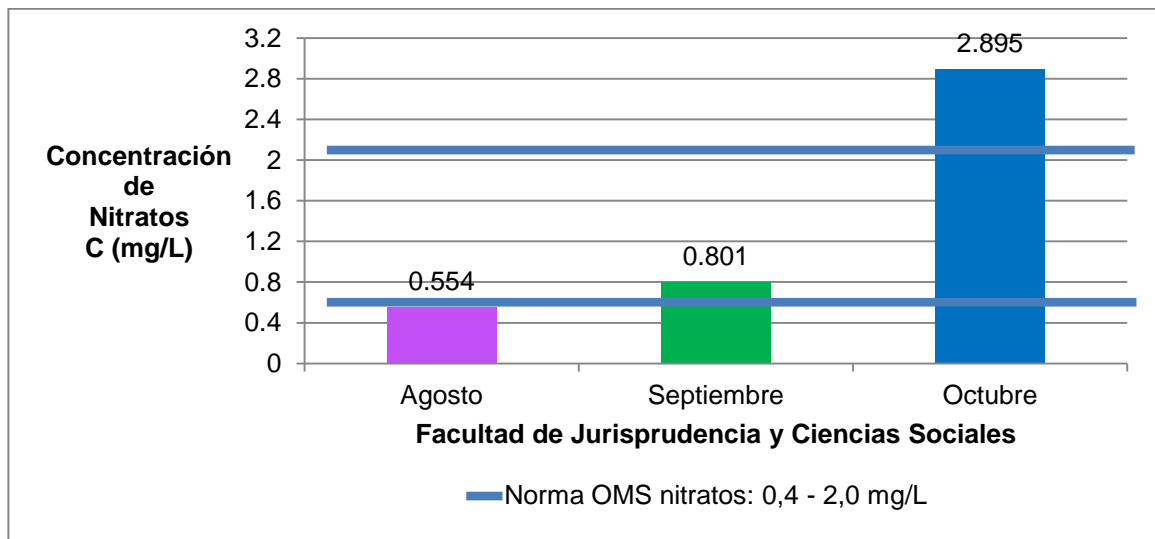


Figura N° 19. Gráfico de resultados de concentración de nitratos por mes, facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

En la Figura N°19 se puede observar que:

- La facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales presenta un valor de 2,895 mg/L de nitratos para el mes de Octubre, el cual sobrepasa el límite máximo permitido por la OMS (0,4 – 2,0 mg/L de nitratos); esto se debe a que en la zona de muestreo hay bastante tráfico vehicular. En base al ciclo del nitrógeno, el uso de combustibles por parte del transporte automotor emite gases a la atmósfera (óxidos de nitrógeno y azufre) y las actividades industriales, contribuyendo a la formación de nitratos debido al proceso de nitrificación, los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- En octubre las lluvias disminuyeron por el cambio de época lluviosa a época seca; por esa razón hubo mayor concentración de nitratos ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

- Los valores de nitratos determinados en el mes de agosto y septiembre cumplen con la normativa para nitratos (0,4 – 2,0 mg/L) ya que los resultados está dentro de los límites permitidos, debido a las lluvias que contribuyen a limpiar la atmósfera de los contaminantes presentes.

Cuadro N° 20. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Sulfatos por mes, facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

Código de la muestra	Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	Absorbancia (A)	Concentración Sulfatos (mg/L)
MoradoASJC	Agosto	0,056	9,655
VerdeSSJC	Septiembre	0,054	9,310
AzulOSJC	Octubre	0,149	17,427

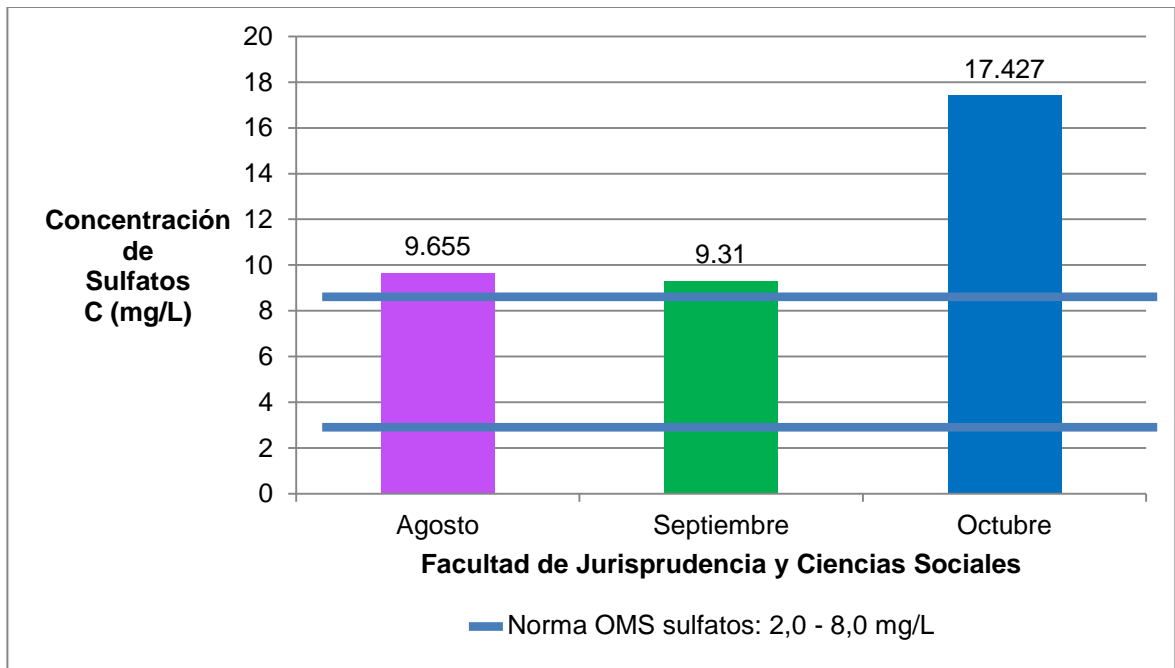


Figura N° 20. Gráfico de resultados de concentración de sulfatos por mes, facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

En la Figura N°20 se puede observar que:

- En la facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales los valores de Sulfatos no cumplen con la normativa OMS para dicho contaminante, porque todos los resultados están fuera de los límites permitidos que es 2-8 mg/L. Esto se debe a

la presencia de alto tráfico vehicular en los alrededores de la zona de muestreo, que genera gases contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) debido a la quema de combustibles fósiles, los óxidos de azufre sufren transformaciones en la atmósfera, por acción de microorganismos como bacterias que descomponen la materia orgánica y los oxidan, contribuyendo a la formación de sulfatos los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- En octubre hubo mayor concentración de sulfatos en el agua, ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

FACULTAD DE HUMANIDADES: FILOSOFÍA

Cuadro N° 21. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Humanidades: Filosofía.

Código de la muestra	Facultad de Humanidades: Filosofía	Polvo sedimentable (mg/cm² x 30 días)
MoradoAPSF	Agosto	19,00
VerdeSPSF	Septiembre	14,21
AzulOPSF	Octubre	1,50
RojoNPSF	Noviembre	0,12

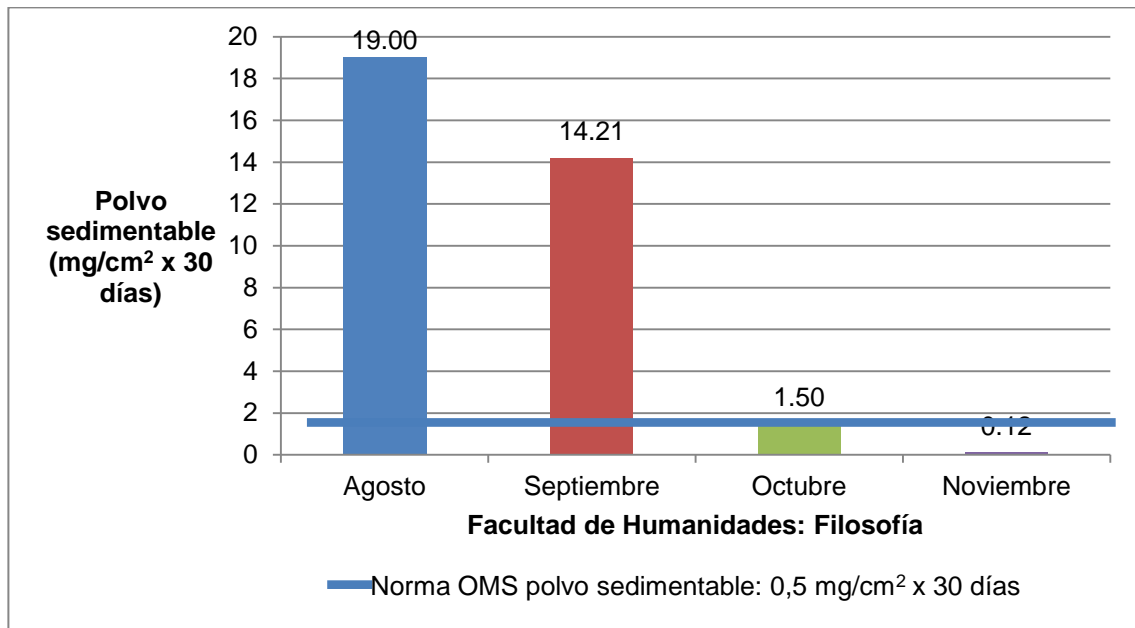


Figura N° 21. Gráfico de resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Humanidades: Filosofía.

En la Figura N°21 se puede observar que:

- En la facultad de Humanidades: En el edificio de Filosofía ningún mes cumplió con la normativa para polvo sedimentable ya que todos los resultados sobrepasan el límite permitido según la norma OMS para polvo sedimentable ($0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$). Esto se debe a que el departamento de Filosofía está ubicado en una zona con gran cantidad de árboles, por lo tanto, hay mayor presencia de humedad y el desprendimiento de material particulado de las zonas verdes aumenta la presencia de partículas sedimentables que son arrastradas, tanto por las lluvias como por el viento.

- El valor más alto de polvo sedimentable ($19,00 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) se obtuvo en el mes de Agosto, esto se debe a la presencia de lluvia en dicho mes, la cual arrastra las partículas del ambiente y tienden a depositarse en las superficies de exteriores e interiores.

Cuadro N° 22. Resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Humanidades: Filosofía.

Código de la muestra	Facultad de Humanidades: Filosofía	índice de corrosividad (mg/cm ² x 30 días)
AICF	Agosto	14,14
SICF	Septiembre	3,17
OICF	Octubre	0,10
NICF	Noviembre	0,04

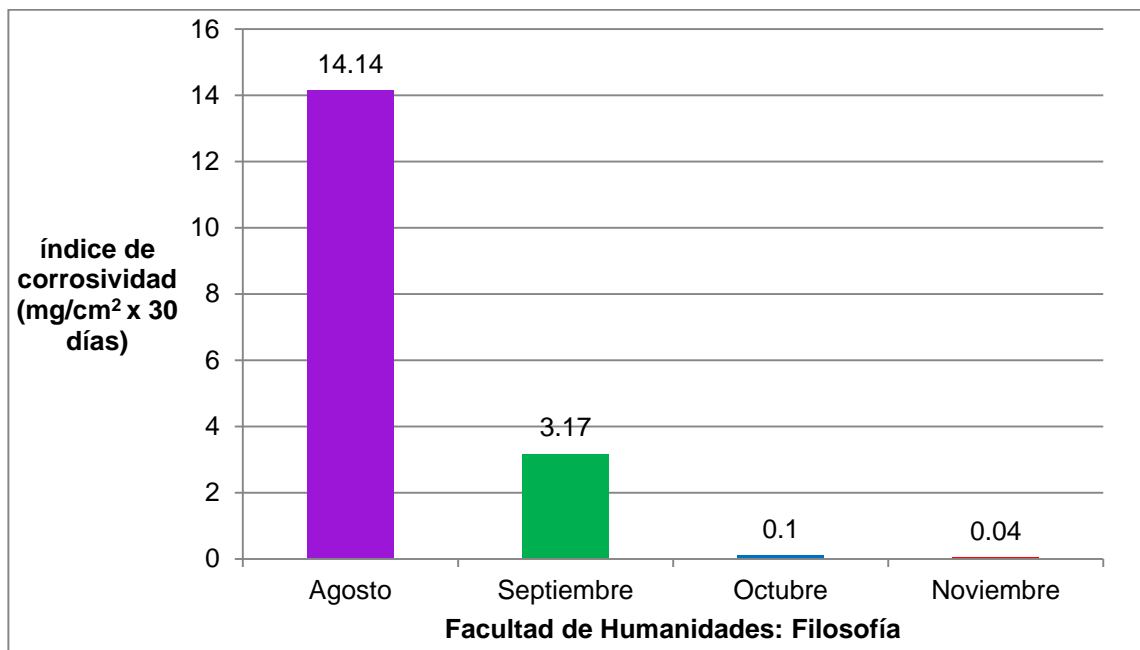


Figura N°22. Gráfico de resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Humanidades: Filosofía.

En la Figura N°22 se puede observar que:

- En la facultad de Humanidades: Filosofía en el mes de Noviembre se obtuvo el valor más bajo de índice de corrosividad ($0,04 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$), esto se debe a que en este mes disminuyó la humedad del ambiente ya que la época fue seca.

- El valor más alto de índice de corrosividad ($14,14 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) se obtuvo en el mes de Agosto ya que la humedad fue mayor debido a la época lluviosa, y las áreas verdes en los alrededores generan humedad, lo que provoca corrosión en los metales.

Cuadro N° 23. Resultados obtenidos de pH de las muestras de agua lluvia por mes, facultad de Humanidades: Filosofía.

Código de la muestra	Facultad de Humanidades: Filosofía	pH
MoradoALLAF	Agosto	5,14
VerdeSLLAF	Septiembre	6,60
AzulOLLAF	Octubre	6,85

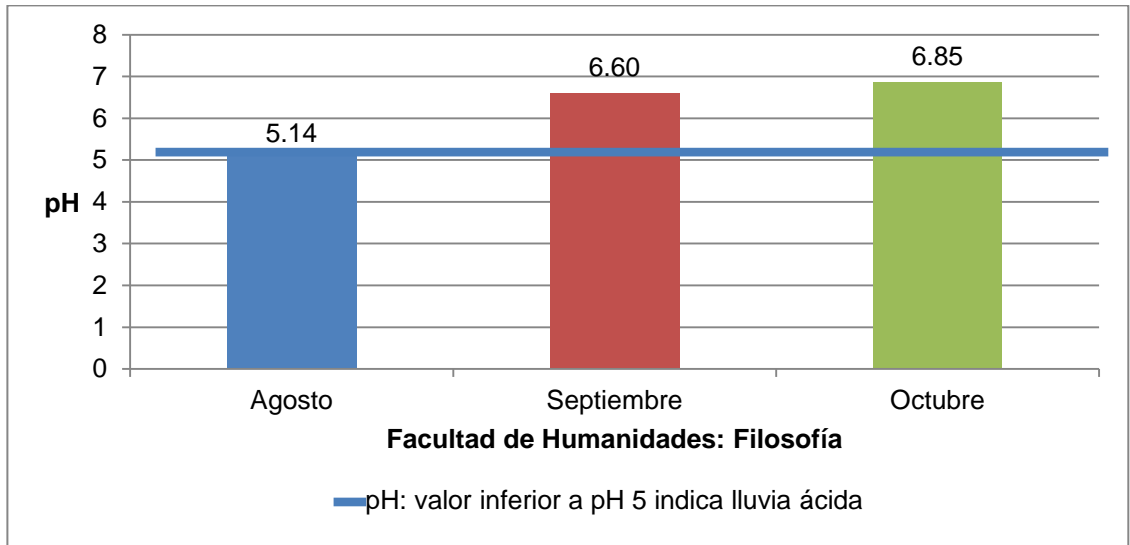


Figura N° 23. Gráfico de resultados obtenidos de pH por mes, facultad de Humanidades: Filosofía.

En la Figura N°23 se puede observar que:

- En la facultad de Humanidades: Filosofía, la muestra de agua lluvia que presenta menor valor de pH es la del mes de agosto (pH = 5,14) y la que presenta mayor valor (pH = 6,85) fue la del mes de octubre.
- En todos los meses los valores de pH son mayores a pH 5, por lo que se concluye que en la facultad de Humanidades: departamento de Filosofía no se determinó presencia de lluvia ácida, porque sólo la lluvia que presenta pH inferior a 5 se considera lluvia ácida.

Cuadro N° 24. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Nitratos por mes, facultad de Humanidades: Filosofía.

Código de la muestra	Facultad de Humanidades: Filosofía	Absorbancia (A)	Concentración Nitratos (mg/L)
MoradoANJC	Agosto	0,012	0,031
VerdeSNJC	Septiembre	0,008	0,021
AzulONJC	Octubre	0,244	0,735

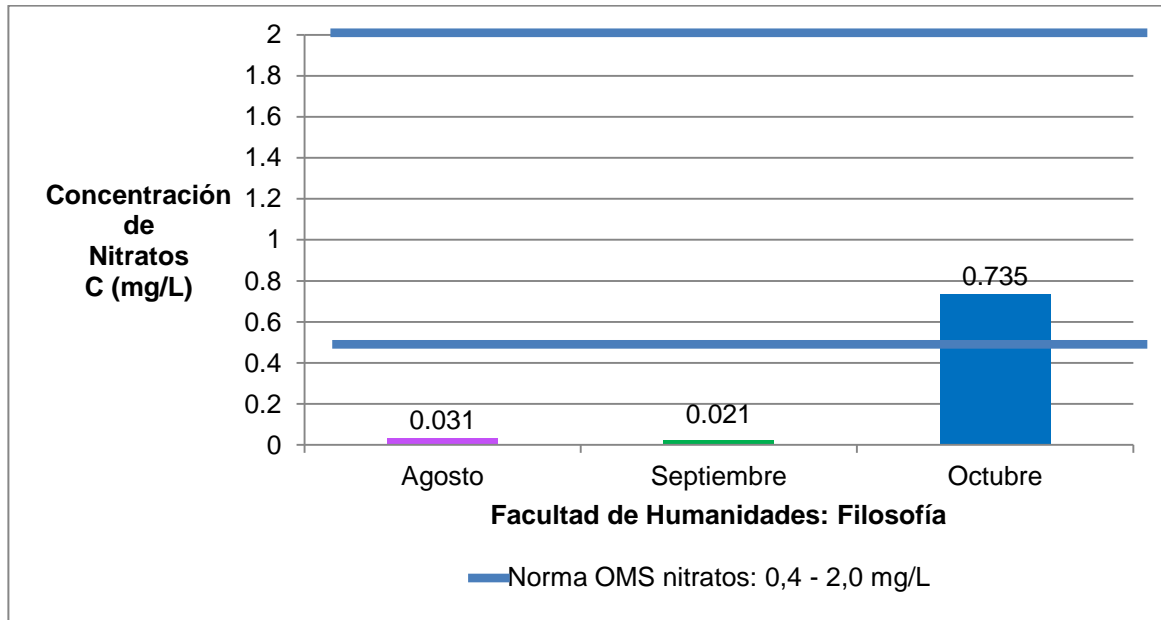


Figura N° 24. Gráfico de resultados de concentración de nitratos por mes, facultad de Humanidades: Filosofía.

En la Figura N°24 se puede observar que:

- Los valores de nitratos determinados para la facultad de Humanidades: Filosofía durante los meses de análisis cumplen con la normativa para dicho contaminante ya que todos los resultados están dentro de los límites permitidos por la Organización Mundial de la Salud (0,4 – 2,0 mg/L nitratos).

- La presencia de nitratos en agua lluvia se debe al tráfico vehicular que hay en la zona de muestreo; ya que en base al ciclo del nitrógeno, el uso de combustibles por parte del transporte automotor emite gases a la atmósfera (óxidos de nitrógeno y azufre) y las actividades industriales, contribuyendo a la formación de nitratos debido al proceso de nitrificación, los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- En octubre las lluvias disminuyeron por el cambio de época lluviosa a época seca; por esa razón hubo mayor concentración de nitratos ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

Cuadro N° 25. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Sulfatos por mes, facultad de Humanidades: Filosofía.

Código de la muestra	Facultad de Humanidades: Filosofía	Absorbancia (A)	Concentración Sulfatos (mg/L)
MoradoASJC	Agosto	0,05	5,208
VerdeSSJC	Septiembre	0,045	4,688
AzulOSJC	Octubre	0,079	13,621

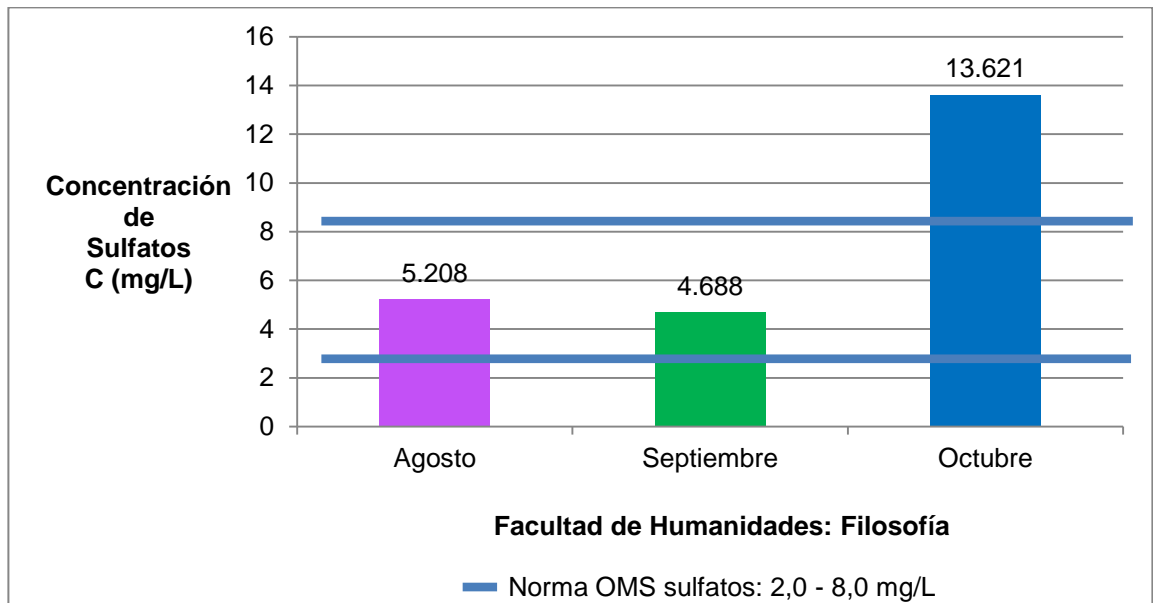


Figura N° 25. Gráfico de resultados de concentración de sulfatos por mes, facultad de Humanidades: Filosofía.

En la Figura N°25 se puede observar que:

- En la facultad de Humanidades: departamento de Filosofía los valores de Sulfatos determinados en el mes de agosto y septiembre cumplen con la normativa establecida, pero para el mes de octubre el valor obtenido (13,621 mg/L sulfatos) no cumple con la normativa OMS para dicho contaminante, debido a que el resultado está fuera de los límites permitidos (2-8 mg/L). Esto se debe a la presencia de tráfico vehicular presente en dicha zona de muestreo, que genera gases contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) debido a la quema de combustibles, los óxidos de azufre sufren transformaciones en la atmósfera, por acción de microorganismos como bacterias que descomponen la materia orgánica y los oxidan, contribuyendo a la formación de sulfatos los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- En octubre hubo mayor concentración de sulfatos en el agua, ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la

deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

FACULTAD DE HUMANIDADES: PSICOLOGÍA Y EDUCACIÓN

Cuadro N° 26. Resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Humanidades: Psicología y Educación.

Código de la muestra	Facultad de Humanidades: Psicología y Educación	Polvo sedimentable (mg/cm² x 30 días)
MoradoAPSPE	Agosto	8,00
VerdeSPSPE	Septiembre	8,80
AzulOPSPE	Octubre	2,80
RojonPSPE	Noviembre	0,13

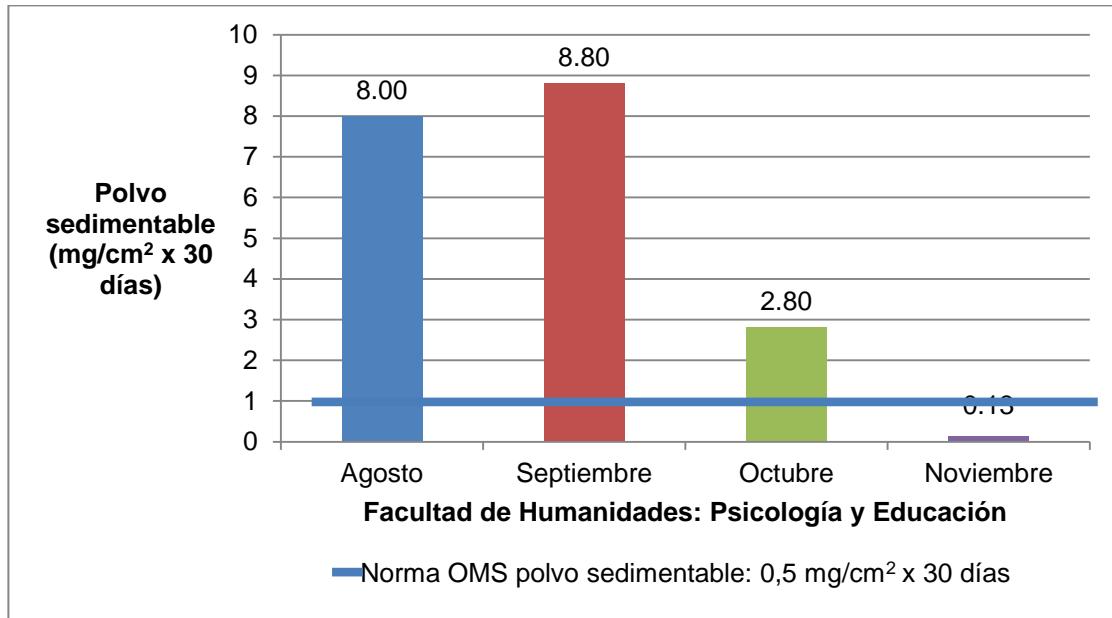


Figura N° 26. Gráfico de resultados obtenidos de polvo sedimentable por mes, facultad de Humanidades: Edificio de Psicología y Educación.

En la Figura N°26 se puede observar que:

- En la facultad de Humanidades: Psicología y Educación solo el mes de noviembre cumplió con la normativa para polvo sedimentable, debido a que hubo poca lluvia, por tanto fue menor el arrastre de partículas.

Los demás meses sobrepasan el límite permitido según norma OMS para polvo sedimentable que es de 0,5 mg/cm² x 30 días. Los valores obtenidos sobrepasan la normativa debido al arrastre de partículas por las lluvias, al levantamiento de partículas en el ambiente, calles no pavimentadas; además, el movimiento de personas que transitan en vehículos y los talleres de reparación que existen emiten partículas ya que utilizan equipo de soldadura y madera.

- El valor más alto de polvo sedimentable (8,80 mg/cm² x 30 días) se obtuvo en el mes de septiembre, ya que en dicho mes hubo mayor presencia de agua

lluvia, la cual arrastra las partículas del ambiente y luego se depositan en las superficies de edificios, objetos y calles.

Cuadro Nº 27. Resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Humanidades: Psicología y Educación.

Código de la muestra	Facultad de Humanidades: Psicología y Educación	índice de corrosividad (mg/cm ² x 30 días)
AICPE	Agosto	20,01
SICPE	Septiembre	3,11
OICPE	Octubre	0,11
NICPE	Noviembre	0,03

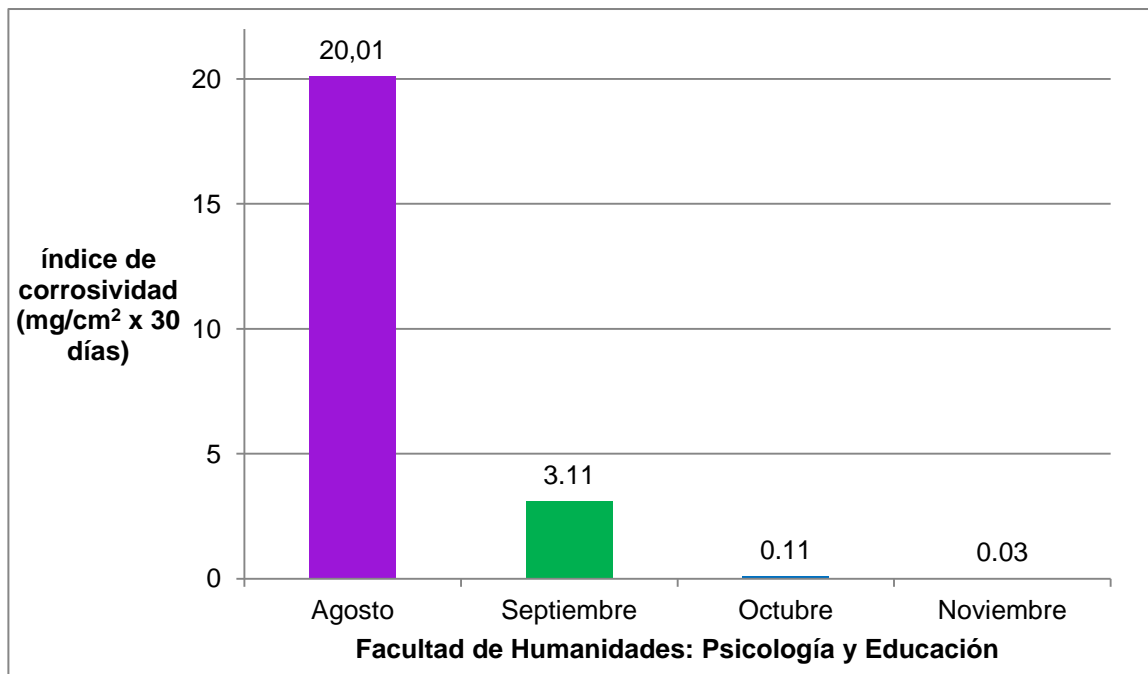


Figura Nº27. Gráfico de resultados obtenidos de índice de corrosividad por mes, facultad de Humanidades: Psicología y Educación.

En la Figura N°27 se puede observar que:

- En la facultad de Humanidades: Psicología y Educación el valor más alto de índice de corrosividad ($20,01 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$) se obtuvo en el mes de Agosto, en el cual hubo más lluvias por lo que la humedad fue mayor que en los demás meses de análisis. En el mes de agosto se ve el aumento del uso de solventes, pegamentos y otros materiales que emanan sustancias que pueden aumentar la oxidación de los metales, utilizados en los talleres de reparación y mantenimiento que se encuentran dentro de la Universidad de El Salvador, cercano al punto de muestreo.

- En el mes de Noviembre se obtuvo el valor más bajo de índice de corrosividad ($0,03 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$), esto se debe a que en dicho mes disminuyó la humedad del ambiente ya que la época fue seca. Y el trabajo de los talleres de reparación y mantenimiento dentro de la Universidad disminuyó.

Cuadro N° 28. Resultados obtenidos de pH de las muestras de agua lluvia por mes, facultad de Humanidades: Psicología y Educación.

Código de la muestra	Facultad de Humanidades: Psicología y Educación	pH
MoradoALLAPE	Agosto	5,27
VerdeSLLAPE	Septiembre	6,81
AzulIOLLAPE	Octubre	7,30

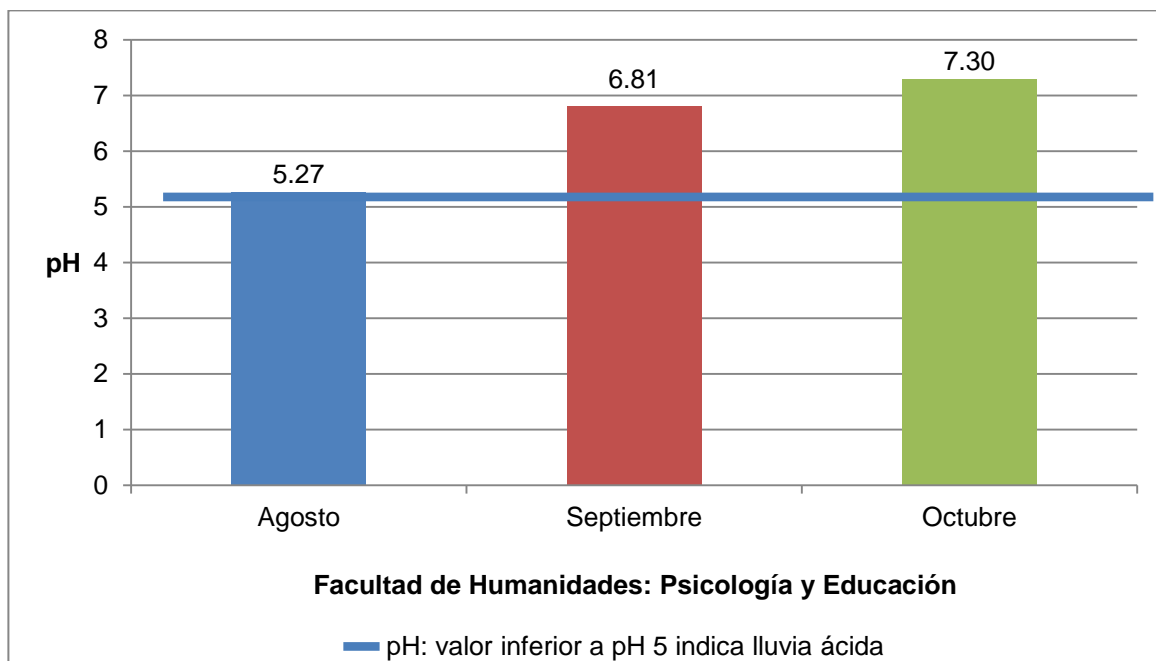


Figura N° 28. Gráfico de resultados obtenidos de pH por mes, facultad de Humanidades: Psicología y Educación.

En la Figura N°28 se puede observar que:

- En la facultad de Humanidades: Psicología y Educación, la muestra de agua lluvia con menor valor de pH es la del mes de agosto (pH = 5,27) y la que presenta mayor valor (pH = 7,30) es la del mes de octubre.
- En todos los meses los valores de pH son mayores a pH 5, por lo que se concluye que en la facultad de Humanidades: departamento de Psicología y Educación no se determinó presencia de lluvia ácida, porque sólo la lluvia que presenta pH inferior a 5 se considera lluvia ácida.

Cuadro N° 29. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Nitratos por mes, facultad de Humanidades: Psicología y Educación.

Código de la muestra	Facultad de Humanidades: Psicología y Educación	Absorbancia (A)	Concentración Nitratos (mg/L)
MoradoANJC	Agosto	0,146	0,491
VerdeSNJC	Septiembre	0,033	0,061
AzulONJC	Octubre	0,227	0,684

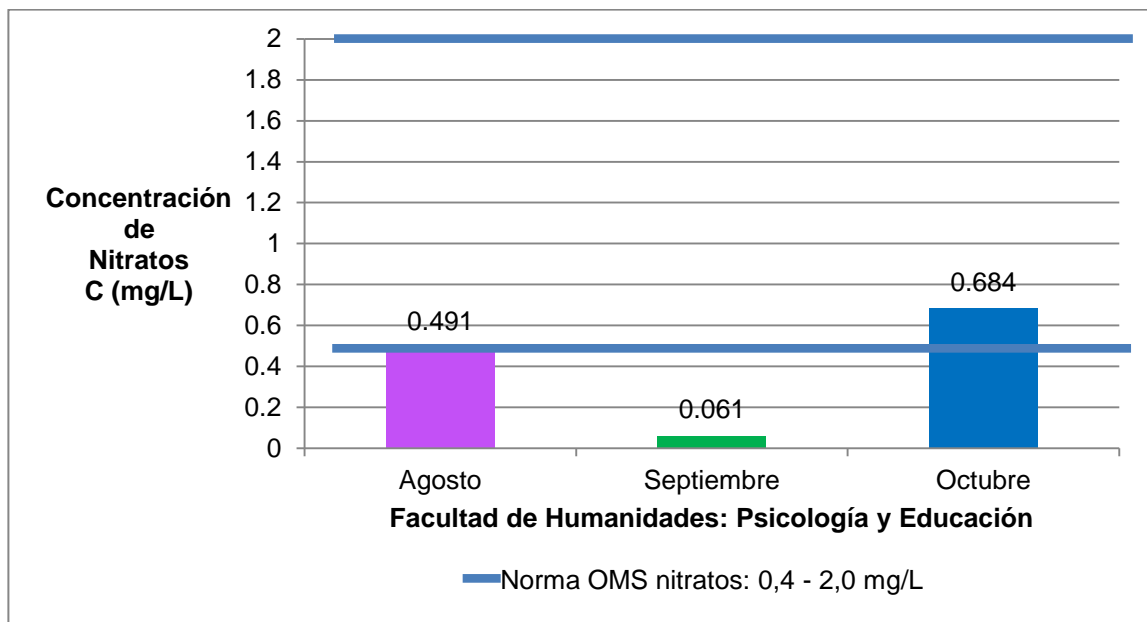


Figura N° 29. Gráfico de resultados de concentración de nitratos por mes, facultad de Humanidades: Psicología y Educación.

En la Figura N°29 se puede observar que:

- Los valores de nitratos determinados para la facultad de Humanidades: Psicología y Educación durante los meses de análisis cumplen con la normativa para dicho contaminante ya que todos los resultados están dentro de los límites

permitidos por la Organización Mundial de la Salud (0,4 – 2,0 mg/L nitratos). Sin embargo, la presencia de nitratos en agua lluvia se debe al tráfico vehicular que hay en la zona de muestreo; ya que en base al ciclo del nitrógeno, el uso de combustibles por parte del transporte automotor emite gases a la atmósfera (óxidos de nitrógeno y azufre) y las actividades industriales, contribuyendo a la formación de nitratos debido al proceso de nitrificación, los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- En octubre las lluvias disminuyeron por el cambio de época lluviosa a época seca; por esa razón hubo mayor concentración de nitratos ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.

Cuadro N° 30. Resultados de absorbancia de las muestras de agua lluvia y su respectiva concentración de Sulfatos por mes, facultad de Humanidades: Psicología y Educación.

Código de la muestra	Facultad de Humanidades: Psicología y Educación	Absorbancia (A)	Concentración Sulfatos (mg/L)
MoradoASJC	Agosto	0,049	5,104
VerdeSSJC	Septiembre	0,047	4,896
AzulOSJC	Octubre	0,097	12,025

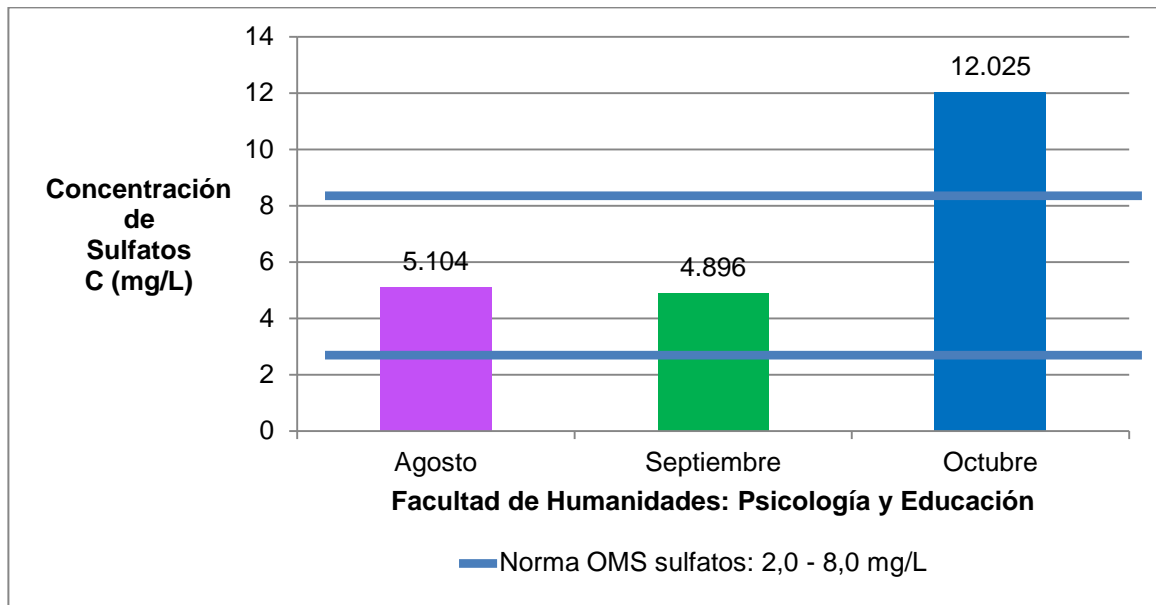


Figura N° 30. Gráfico de resultados de concentración de sulfatos por mes, facultad de Humanidades: Psicología y Educación.

En la Figura N°30 se puede observar que:

- En la facultad de Humanidades: departamento de Psicología y Educación los valores de Sulfatos determinados en el mes de agosto y septiembre cumplen con la normativa establecida, pero para el mes de octubre el valor obtenido (12,025 mg/L sulfatos) no cumple con la normativa OMS para dicho contaminante, debido a que el resultado está fuera de los límites permitidos (2-8 mg/L). Esto se debe a la presencia de tráfico vehicular presente en dicha zona de muestreo, que genera gases contaminantes (óxidos de azufre y nitrógeno) debido a la quema de combustibles fósiles, los óxidos de azufre sufren transformaciones en la atmósfera, por acción de microorganismos como bacterias que descomponen la materia orgánica y los oxidan, contribuyendo a la formación de sulfatos los cuales son arrastrados a la superficie terrestre por las precipitaciones.

- En octubre hubo mayor concentración de sulfatos en el agua, ya que en época seca hay mayor presencia de contaminantes en la atmósfera debido a la deposición seca que consiste en el retorno al medio de gases como los óxidos de azufre y de nitrógeno en forma de partículas o de aerosoles, siendo depositados en forma seca.