



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TITULO:

“DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS DE SULFATOS
Y NITRATOS EN EL PUERTO DE MANTA EN LA PROVINCIA DE MANABÍ.”

AUTORES:

BRITHANY NADIESKA CALDERÓN TOALA
LUIS DAYANNE RIVAS RIVAS

TUTOR:

DRA. SANDRA RONQUILLO CASTRO

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2023



ANEXO V.- CERTIFICADO DEL DOCENTE- TUTOR DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

Guayaquil, 14 de agosto, 2023

Sr./Sra.

Dra. Fabiola Villa Sánchez, MSc.

Directora de la Carrera De Ingeniería Química

Facultad de Ingeniería Química

Universidad de Guayaquil

Ciudad Guayaquil

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Integración Curricular **DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS DE SULFATOS Y NITRATOS EN EL PUERTO DE MANTA EN LA PROVINCIA DE MANABÍ** de los estudiantes **Calderón Toala Brithany Nadieska y Rivas Rivas Luis Dayanne**, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de Integración Curricular, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que los estudiantes están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



SANDRA RONQUILLO del
CONSEJO RONQUILLO
CASTRO

Ing. Sandra Ronquillo Castro, PhD

C.I. 0910572866

FECHA: 14/08/2023

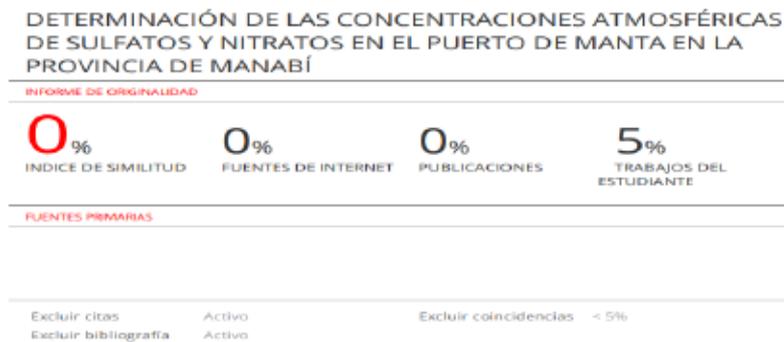


ANEXO VI.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Habiendo sido nombrado **Dra. Sandra Ronquillo Castro** tutor del trabajo de Integración Curricular certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **Calderón Toala Brithany Nadieska** y **Rivas Rivas Luis Dayanne**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **Ingeniero Químico**.

Se informa que el trabajo de Integración Curricular: **“DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS DE SULFATOS Y NITRATOS EN EL PUERTO DE MANTA EN LA PROVINCIA DE MANABÍ”** ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa anti-plagio Turnitin quedando el 0% de coincidencia.



<https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?s=1&o=2145881911&u=1133713922&lang=es>



Ing. Sandra Ronquillo Castro, PhD
C.I. 0910572866
FECHA: 14/08/2023



ANEXO VII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Guayaquil, 25 de agosto de 2023

Sr. /Sra.

Dra. Fabiola Villa Sánchez, Msc
Directora de la carrera ingeniería química
Facultad de ingeniería química
Universidad de guayaquil
Ciudad Guayaquil

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Integración Curricular “DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS DE SULFATOS Y NITRATOS EN EL PUERTO DE MANTA EN LA PROVINCIA DE MANABÍ” de los estudiantes CALDERÓN TOALA BRITHANY NADIESKA y RIVAS RIVAS LUIS DAYANNE. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 19 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad. La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 20 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de Integración Curricular. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

**GONZALO
IVAN VILLA
MANOSALV
AS**

**ING GONZALO VILLA MANOSALVAS MSc
DOCENTE TUTOR REVISOR
C.I. 0907348189
FECHA: 25/08/2023**

Firmado digitalmente por GONZALO
IVAN VILLA MANOSALVAS
DN: cn=GONZALO IVAN VILLA
MANOSALVAS, o=EC, ou=QUITO,
c=SENAO, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE
Módulo: Soy el autor de este
documento
Ubicación:
Fecha: 2023-08-25 21:40:10-00



ANEXO X.- FICHA DE REGISTRO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN		
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS DE SULFATOS Y NITRATOS EN EL PUERTO DE MANTA EN LA PROVINCIA DE MANABÍ.	
AUTOR/ ES:	<ul style="list-style-type: none"> • Calderón Toala Brithany Nadieska • Rivas Rivas Luis Dayanne 	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES):	Tutor: Dra. Sandra Ronquillo Castro PhD. Revisor:	
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil	
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Química	
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:		
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero Químico	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	No. DE PÁGINAS	129
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería y Tecnología del medio ambiente.	
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	contaminación atmosférica, ión sulfato, ión nitrato, Puerto de Manta.	
RESUMEN:	<p>La contaminación atmosférica es una de las mayores preocupaciones para las poblaciones a causa de las actividades antropogénicas de sus habitantes; en el Puerto de Manta el transporte marítimo es uno de los principales generadores de contaminantes a la atmósfera debido al proceso de combustión. Para este estudio se determinó el uso de muestreadores pasivos y realizar monitoreos en un periodo de tres meses de mayo a julio en un lapso de 22 días midiendo las concentraciones de sulfatos y nitratos en zonas que incluía el Puerto de Manta y otros lugares aledaños de la Provincia de Manabí, siendo analizadas en el Laboratorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). A través de los resultados se logró determinar las concentraciones para iones sulfatos e iones nitratos, siendo las más altas en la Comuna Sancán de 51,42 mg/L de SO_4^- y 61,51 mg/L de NO_3^-, donde supera los límites permisibles; las concentraciones más bajas se las obtiene en el mes de mayo en la Capitanía del Puerto de Manta donde se obtuvo para iones sulfatos una concentración de 6,42 mg/L y para la comuna Sancán de 7,38 mg/L cuyos resultados no sobrepasan los límites permisibles para sulfatos.</p>	
ADJUNTO PDF:	SI	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: BrithanyCalderón:0939924907 Luis Rivas: 0981575742	E-mail: brithany.calderont@ug.edu.ec luis.rivasr@ug.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Universidad de Guayaquil Teléfono: (04) 228-7072, 228-7258, 222-8695, 228-4505	



ANEXO XI.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS.

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Nosotros, **Calderón Toala Brithany Nadieska con C.I. No. 0958669061** y **Rivas Rivas Luis Dayanne con C.I. No. 0929512432**, certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de Integración Curricular, cuyo título es **“DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS DE SULFATOS Y NITRATOS EN EL PUERTO DE MANTA EN LA PROVINCIA DE MANABÍ”** son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizamos el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.

Brithany Nadieska Calderón Toala
C.I. 0958669061

Luis Dayanne Rivas Rivas
C.I. 0929512432

***CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS,
CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899 - Dic./2016)**

Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado a Dios por darme salud, fuerzas para lograr mis objetivos guiándome por el buen camino.

A mis padres, Julio e Yvonne por siempre brindarme su apoyo incondicional, paciencia, consejos y valores inculcados que me han permitido ser quien soy, fomentando en mí el deseo de superación y triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la obtención de este logro.

A mi abuelita Martha que ha sido mi ejemplo de vida y me ha encaminado por el buen sendero de la vida.

A mis hermanos para quienes he querido ser su ejemplo a seguir y mostrarles que todo se puede con disciplina y esfuerzo. Y a toda mi familia que de alguna u otra forma con sus consejos y palabras me han acompañado a lo largo de todo este proceso.

A Jorge Franco por estar a mi lado apoyándome a lo largo de todo este proceso. Finalmente, a mis amigos que con sus palabras de aliento no me permitieron rendirme en el camino y me supieron brindar su apoyo.

Brithany Nadieska Calderón Toala.

AGRADECIMIENTO

Quiero brindar mi profundo agradecimiento a todas las autoridades de la Universidad de Guayaquil por haberme dado la oportunidad de prepararme y haber financiado el proyecto FCI0018 con la prestación de sus instalaciones.

A la Facultad de Ingeniería Química, a mis profesores en especial a la Dra. Olga Quevedo y el Ing. Thyrone Alcívar que con sus conocimientos, dedicación y apoyo hicieron que pueda crecer en este proyecto como profesional.

Con especial cariño a mi tutora de trabajo de titulación la Dra. Sandra Ronquillo por brindarme su confianza, colaboración, dirección y conocimiento durante el desarrollo de este trabajo.

A la institución ESPOL por proporcionar los materiales y equipos necesarios que contribuyen al desarrollo de esta investigación.

Brithany Nadieska Calderón Toala.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Luis y Kenya, quienes me formaron e inculcaron el deseo de superación. Gracias, ustedes son mi fortaleza, los amo.

A mis hermanos, quienes me han brindado su apoyo incondicional para cumplir mis metas.

A un ser especial, mi abuelita, que ya no se encuentra conmigo físicamente, pero sé que nuestros corazones están conectados y estaría alegre de verme culminar esta etapa.

Luis Dayanne Rivas Rivas.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme salud y fortaleza para llegar a cumplir una meta tan anhelada.

Un especial agradecimiento a la Dra. Olga Quevedo Pinos quien me permitió ser parte de este proyecto y brindó su ayuda en el mismo desde el primer día junto a sus colaboradores.

A nuestra tutora de trabajo de titulación PhD. Sandra Ronquillo Castro por sus recomendaciones, correcciones y sugerencias en la elaboración del proyecto.

A las personas que conocí durante el trayecto de esta etapa que con el pasar del tiempo se convirtieron en amigos, fueron muy especiales en todos estos años donde compartimos muchas risas, enojos y tristezas, les agradezco por pasar junto a mi en mis momentos que serán inolvidables.

Luis Dayanne Rivas Rivas.

ÍNDICE

<i>DEDICATORIA</i>	<i>VI</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>VII</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>VIII</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i>	<i>IX</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>1</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>2</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>3</i>
<i>CAPITULO I</i>	<i>4</i>
1. MARCO LÓGICO.....	4
1.1. TÍTULO DEL PROYECTO	4
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.4. LIMITACIONES GEOGRÁFICAS.....	5
1.4.1. Delimitación temporal	5
1.4.2. Delimitación espacial	5
1.5. ALCANCE DE ESTUDIO	6
1.6. OBJETIVOS	6
1.6.1. Objetivo general	6
1.6.2. Objetivos específicos.....	7
1.7. JUSTIFICACIÓN.....	7
1.7.1. Justificación teórica	7
1.7.2. Justificación práctica	7
1.8. HIPÓTESIS.....	8
1.9. VARIABLES.....	8
1.9.1. Variable independiente	8
1.9.2. Variable dependiente	8
1.9.3. Operacionalización de las variables.....	8
<i>CAPITULO II</i>	<i>9</i>
2. MARCO REFERENCIAL	9

2.1.	ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	9
2.2.	MARCO TEÓRICO	10
2.2.1.	Contaminación del aire	10
2.2.2.	Gases de efecto invernadero.....	11
2.2.3.	Lluvia ácida.....	11
2.2.4.	Contaminantes atmosféricos	12
2.2.5.	Clasificación de los contaminantes atmosféricos	13
2.2.5.1.	Por su origen.....	13
2.2.5.2.	Por su composición química	14
2.2.5.3.	Por su estado de agregación molecular	14
2.2.6.	Fuentes de contaminación atmosférica	14
2.2.6.1.	Fuentes móviles	14
2.2.6.2.	Fuentes fijas o estacionarias	15
2.3.	MARCO CONCEPTUAL	15
2.3.1.	Principales tipos de contaminantes gaseosos	15
2.3.1.1.	Dióxido de azufre (SO ₂)	15
2.3.1.2.	Monóxido de carbono (CO).....	16
2.3.1.3.	Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	16
2.3.1.4.	Compuestos orgánicos volátiles (COV).....	16
2.3.1.5.	Ozono Troposférico (O ₃).....	16
2.3.1.6.	Salud.....	16
2.3.1.7.	Salud ambiental	17
2.3.1.8.	Salud pública	17
2.3.1.9.	Efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud	17
2.3.2.	MARCO CONTEXTUAL.....	19
2.3.2.1.	Calidad aire.....	19
2.3.2.2.	Sulfatos.....	19
2.3.2.3.	Sulfatos en la calidad del aire ambiente	19
2.3.2.4.	Nitratos	20
2.3.2.5.	Nitratos en la calidad del aire ambiente	20
2.3.2.6.	Aportación de gases en la atmosfera por actividad en los puertos	20
2.3.2.7.	Afectaciones en la ciudad, bosques e infraestructuras debido a los gases producidos por los puertos.....	21

3. MARCO METODOLÓGICO	22
3.1. Metodología de la investigación	22
3.1.1. Metodología cualitativa	22
3.1.2. Metodología cuantitativa	22
3.2. Tipo de investigación	22
3.2.1. Investigación aplicada	22
3.3. Diseño de la investigación	22
3.3.1. Unidad de análisis.....	23
3.3.2. Categorización de sitios.....	23
3.3.3. Indicadores medibles	24
3.4. Fórmulas para emplearse	24
3.5. Metodología de muestreo	27
3.5.1. Descripción de los dispositivos de muestreo pasivo.	29
3.6. Metodología de extracción	29
3.7. Proceso para la determinación de sulfatos en muestras de depósitos atmosféricos:	30
3.7.1. Disolución acondicionadora o Buffer	31
Materiales, equipos y reactivos.....	31
3.7.2. Patrones	31
3.7.2.1. Solución estándar de Sulfato	31
Materiales, equipos y reactivos.....	31
Procedimiento.....	32
3.7.2.2. Solución estándar de Sulfatos	32
Materiales, equipos y reactivos.....	32
Procedimiento.....	32
3.7.3. Calibración del espectrofotómetro	33
Materiales, equipos y reactivos.....	33
Procedimiento.....	33
3.7.4. Lectura de las muestras en el espectrofotómetro	33
Materiales, equipos y reactivos.....	33
Procedimiento.....	34

3.7.5.	Curva de calibración de sulfatos	34
3.8.	Proceso para la determinación de nitrato en muestras de depósitos atmosféricos:.....	36
3.8.1.	Método de sulfato de brucina	36
3.8.2.	Preparación de Disolución de ácido sulfúrico concentrado (H ₂ SO ₄)	36
	Materiales, equipos y reactivos.....	36
	Procedimiento.....	36
3.8.3.	Preparación de Disolución de arsenito de sodio	37
	Materiales, equipos y reactivos.....	37
	Procedimiento.....	37
3.8.4.	Preparación de Disolución de cloruro de sodio	37
	Materiales, equipos y reactivos.....	37
	Procedimiento.....	38
3.8.5.	Preparación de Disolución de sulfato de brucina-ácido sulfanílico.....	38
	Materiales, equipos y reactivos.....	38
	Procedimiento.....	38
3.8.6.	Patrones.....	39
3.8.6.1.	Preparación de Disolución madre de nitratos (100 µg/ml de N-NO ₃ ⁻).....	39
	Materiales, equipos y reactivos.....	39
	Procedimiento.....	39
3.8.6.2.	Preparación de Disolución estándar intermedia de nitratos (1.0 µg/ml de N- NO ₃ ⁻).....	39
	Materiales, equipos y reactivos.....	39
	Procedimiento.....	40
3.8.7.	Calibración del espectrofotómetro	40
	Materiales, equipos y reactivos.....	40
	Procedimiento.....	41
3.8.8.	Lectura de las muestras en el espectrofotómetro	41
	Materiales, equipos y reactivos.....	41
	Procedimiento.....	42
3.8.9.	Curva de calibración de Nitratos.....	43
3.9.	Normativas	44

CAPITULO IV	45
4. RESULTADOS	45
4.1. TABLA DE RESULTADOS	45
4.1.1. Datos de sulfatos en el período de mayo - julio 2023	45
4.1.2. Datos de nitratos período mayo - julio 2023.....	45
4.2. ANÁLISIS	46
4.2.1. Distribución de sulfatos y nitratos en sitios de estudio	46
4.2.2. Temporalidad de sulfatos y nitratos en sitios de estudio.....	48
4.3. DISCUSIÓN	54
CAPITULO V	55
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
5.1. Conclusión.....	55
5.2. Recomendaciones	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	64
Anexo 1. Abreviaturas	64
Anexo 2. Unidades	64
Anexo 3. Equipos utilizados	65
Anexo 4. Flujos totales anual de sulfatos y nitratos en los sitios de muestreo.	66
Anexo 5. Precipitaciones, temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento mensuales en Manta de mayo – julio 2023	66
Anexo 6. Armado de los muestreadores pasivos.	69
Anexo 7. Salidas de campo a las zonas de estudio	71
Anexo 8. Lavado de muestreadores de sulfatos y nitratos en el laboratorio de la ESPOL	72
Anexo 9. Lecturas de las concentraciones de sulfatos y nitratos en el laboratorio de la ESPOL	73
Anexo 10. Normativas Técnicas Mexicanas.	75
Norma Técnica Mexicana para sulfatos.	75
Norma Técnica Mexicana para nitratos.	86
Anexo 11. Normas Ambientales Colombianas.	107

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Ubicaciones de los muestreadores colocados en la ciudad de Manta.....	5
Tabla 2. Variables Operacionales.	8
Tabla 3. Componentes del aire.....	11
Tabla 4. Descripción de los principales contaminantes atmosféricos químicos y sus fuentes.	12
Tabla 5. Principales efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre diferentes indicadores de salud.....	18
Tabla 6. Sitios de estudio en la provincia de Manabí.	23
Tabla 7. Unidad de análisis de los sitios.	24
Tabla 8. Acondicionamiento de las muestras.	24
Tabla 9. Datos de la curva de calibración standard sulfatos.	35
Tabla 10. Datos de la curva de calibración standard de nitratos.....	43
Tabla 11. Datos de absorbancia de las muestras de sulfato durante el período de estudio.....	45
Tabla 12. Datos de la concentración en mg/l de iones de sulfatos durante el período de estudio.	45
Tabla 13. Datos de absorbancia de las muestras de nitratos durante el período de estudio.....	46
Tabla 14. Datos de la concentración en mg/l de iones de nitratos durante el período de estudio.	46
Tabla 15. Parámetros empleados para caracterizar la lluvia ácida.	54
Tabla 16. Datos de concentraciones de los sitios durante el tiempo de estudio.	54
Tabla 17. Flujos de azufre y nitrógeno en kg ha ⁻¹ año ⁻¹ obtenidos en los sitios de muestreo.	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de muestreo en la ciudad de Manta.	6
Figura 2. Clasificación de los contaminantes atmosféricos.	13
Figura 3. Representación de los diferentes efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud.	18
Figura 4. Sitios de estudio.	23
Figura 5. Embudo.	27
Figura 6. Unión.	27
Figura 7. Tubo PVC.	28
Figura 8. Válvula de paso.	28
Figura 9. Neplo flex.	29
Figura 10. Tubo PVC.	29
Figura 11. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de mayo en Manta.	66
Figura 12. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de junio en Manta.	67
Figura 13. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de julio en Manta.	67
Figura 14. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de mayo en Sancán.	68
Figura 15. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de junio en Sancán.	68
Figura 16. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de julio en Sancán.	69

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1. Curva de Calibración Standard de Sulfatos.	35
Gráfico 2. Curva De Calibración Standard de Nitratos.	44
Gráfico 3. Distribución de concentración de sulfatos por sitios de estudio.	47
Gráfico 4. Distribución de concentración de nitratos por sitios de estudio.	47
Gráfico 5. Concentración de sulfatos en la Comuna Sancán durante tres meses.	48
Gráfico 6. Concentración de sulfatos en la Capitanía del Puerto de Manta durante tres meses.	49
Gráfico 7. Concentración de sulfatos en el Barrio Elegole durante tres meses.	49
Gráfico 8. Concentración de sulfatos en el Barrio San Ignacio Loyola durante tres meses. ..	50
Gráfico 9. Concentraciones de sulfatos en los cuatro sitios de estudios.	50
Gráfico 10. Concentración de nitratos en la Comuna Sancán durante tres meses.	51
Gráfico 11. Concentración de nitratos en la Capitanía del Puerto de Manta durante tres meses.	52
Gráfico 12. Concentración de nitratos en el Barrio Elegole durante tres meses.	52
Gráfico 13. Concentración de nitratos en el Barrio San Ignacio Loyola durante tres meses..	53
Gráfico 14. Concentraciones de nitratos en los cuatro sitios de estudios.	53



ANEXO XII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR (ESPAÑOL)

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS DE
SULFATOS Y NITRATOS EN EL PUERTO DE MANTA EN LA PROVINCIA DE
MANABÍ.”**

Autores: Brithany Nadieska Calderón Toala, Luis Dayanne Rivas Rivas

Tutor: Dra. Sandra Ronquillo Castro

RESUMEN

La contaminación atmosférica es una de las mayores preocupaciones para las poblaciones a causa de las actividades antropogénicas de sus habitantes; en el Puerto de Manta el transporte marítimo es uno de los principales generadores de contaminantes a la atmósfera debido al proceso de combustión. Para este estudio se determinó el uso de muestreadores pasivos y realizar monitoreos en un periodo de tres meses de mayo a julio en un lapso de 22 días midiendo las concentraciones de sulfatos y nitratos en zonas que incluía el Puerto de Manta y otros lugares aledaños de la Provincia de Manabí, siendo analizadas en el Laboratorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). A través de los resultados se logró determinar las concentraciones para iones sulfatos e iones nitratos, siendo las más altas en la Comuna Sancán de 51,42 mg/L de SO_4^- y 61,51 mg/L de NO_3^- , donde supera los límites permisibles; las concentraciones más bajas se las obtiene en el mes de mayo en la Capitanía del Puerto de Manta donde se obtuvo para iones sulfatos una concentración de 6,42 mg/L y para la comuna Sancán de 7,38 mg/L cuyos resultados no sobrepasan los límites permisibles para sulfatos.

Palabras claves: contaminación atmosférica, ión sulfato, ión nitrato, Puerto de Manta.



**ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(INGLES)**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DETERMINATION OF ATMOSPHERIC CONCENTRATIONS OF SULPHATES AND
NITRATES IN THE PORT OF MANTA IN THE PROVINCE OF MANABÍ.”**

Autores: Brithany Nadieska Calderón Toala, Luis Dayanne Rivas Rivas

Tutor: Dra. Sandra Ronquillo Castro

ABSTRACT

Atmospheric pollution is one of the greatest concerns for populations due to anthropogenic activities of its inhabitants; in the Port of Manta, maritime transport is one of the main generators of pollutants into the atmosphere due to the combustion process. For this study it was determined to use passive samplers and to carry out monitoring in a period of three months from May to July in a period of 22 days measuring the concentrations of sulfates and nitrates in areas that included the Port of Manta and other neighboring places of the Province of Manabí, being analyzed in the Laboratory of the Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Through the results it was possible to determine the concentrations for sulfate ions and nitrate ions, being the highest in the Sancán Commune of 51.42 mg/L of SO₄⁻ and 61.51 mg/L of NO₃⁻, which exceed the permissible limits; the lowest concentrations were obtained in May in the Port Captaincy of Manta where a concentration of 6.42 mg/L was obtained for sulfate ions and for the Sancán Commune of 7.38 mg/L, whose results do not exceed the permissible limits for sulfates.

Keywords: atmospheric pollution, sulfate ion, nitrate ion, Port of Manta.

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica se produce por un emisor al momento de realizar un proceso de combustión, se llegan a emitir contaminantes que son atraídos por el viento en una dirección y velocidad, esto hace que los contaminantes se lleguen a dispersar y van directos a la atmósfera donde se eliminan mediante fenómenos como la precipitación siendo depositados estos en el suelo. (Herrera, 2016) Esta contaminación se da por vehículos de transporte tanto marítimos como terrestres por uso de combustible derivados del petróleo donde se generan el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono que afectan directamente la calidad del aire.

El presente estudio se relaciona con el análisis de concentraciones atmosféricas de nitratos y sulfatos que se producen mediante un proceso de combustión, quienes ocasionan efectos adversos en la calidad del aire, la salud y ecosistemas.

La calidad del aire es importante para la vida de los seres vivos, su contaminación puede conllevar a causar graves consecuencias no solo en perjuicio del ser vivo, sino incluso el deterioro de recursos renovables de origen natural. La generación de gases tiene como consecuencia la lluvia ácida donde los gases reaccionan con el oxígeno del aire y vapor de agua produciendo ácidos que son depositados en la superficie terrestre.

Este estudio contempla lograr resultados que permitan contribuir a través de la investigación de la determinación de la calidad del aire en uno de los puertos de las zonas costeras del perfil ecuatoriano, a través de muestreadores pasivos analizando las concentraciones atmosféricas de iones de sulfato y nitrato, considerando normas ambientales vigentes. Conllevando a la contribución de mitigación de las afectaciones al aire.

CAPITULO I

1. MARCO LÓGICO

1.1.TÍTULO DEL PROYECTO

Determinación de las concentraciones atmosféricas de sulfatos y nitratos en el puerto de Manta en la provincia de Manabí.

1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación aire ambiente puede conllevar consecuencias a la vida humana e incluyendo el deterioro de recursos renovables de origen natural. El aire es un compuesto que se encuentra en estado gaseoso cuya composición química es de por lo menos 79% de Nitrógeno, 20% de Oxígeno y pequeñas proporciones de gases inertes. El cambio climático se ve afectado por contaminaciones de compuestos de SO₂, NO₂, O₃, PM10, PS, COV y CO que dan origen a la llamada lluvia ácida que tiene efectos negativos. En Ecuador las principales fuentes que generan mayor cantidad de gases que contaminan el aire son manufactureras, refinación de petróleo, generación y distribución de energía eléctrica. (Ángel, 2018)

El puerto de Manta se divide en dos terminales principales: Terminal Internacional de Autoridad Portuaria de Manta y Terminal Pesquero y de Cabotaje de Manta, cabe recalcar que Manta es la capital internacional del atún. Durante el primer semestre del año 2022 en el puerto de Manta se movilizaron un total de 256 buques del cual el 51% corresponde a buques pesqueros, 37% buques mercantes, 1% buques turísticos y el 11% a buques sin carga (Autoridad Portuaria de Manta, Boletín de Estadísticas Portuarias, 2022). La quema de gas carbón y petróleo son la principal fuente de emisión de CO₂, esta quema es utilizada en procesos industriales, sector petróleo y transporte a su vez la quema de Diésel Oil es causante de grandes problemas ambientales como la lluvia ácida, el calentamiento global y la calidad del agua. (Pérez D. , 2018)

La lluvia ácida se produce por el consumo de combustibles fósiles y de prácticas agrícolas como las quemadas, estas actividades liberan sustancias como óxidos de azufre y nitrógeno formando dos tipos de ácidos que retornan a la superficie terrestre en estado líquido o gaseoso y afectando a los ecosistemas naturales. Al momento de caer en forma de gotas de lluvia o nieve llegan a reaccionar con compuestos orgánicos o inorgánicos causando irritación de mucosas tanto como en las personas y animales, en los vegetales provoca deterioro en la cutícula, en dichos casos facilita la entrada de patógenos y por último reduce la producción agrícola. (Garcés & Hernández, 2004)

1.3.FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué medida las concentraciones de iones de sulfatos y nitratos provocan alteraciones en la calidad del aire ambiente en el puerto de Manta?

1.4.LIMITACIONES GEOGRÁFICAS

1.4.1. Delimitación temporal

Se dispone de un periodo de cuatro meses a partir de mayo del presente año para desarrollar y recopilar toda la información para este proyecto.

1.4.2. Delimitación espacial

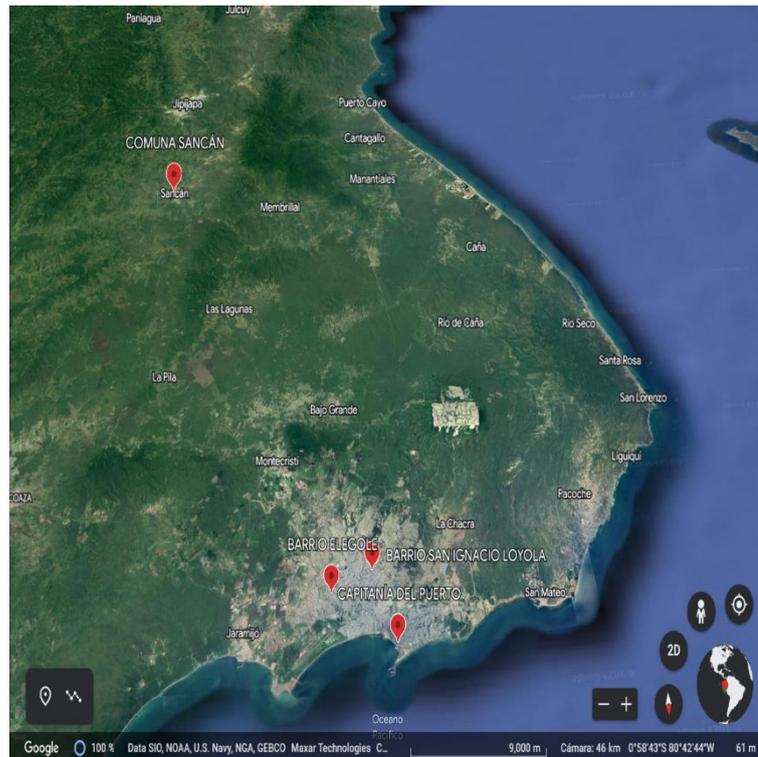
Para el desarrollo del presente estudio se seleccionaron diferentes zonas de la ciudad de Manta. Estas fueron escogidas bajo parámetros como zonas cercanas al puerto.

Tabla 1. Ubicaciones de los muestreadores colocados en la ciudad de Manta.

Número Muestreador	Localidad	Coordenada
1	Comuna Sancán	1°15'23.1"S 80°34'52.7"W
2	Capitanía del Puerto de Manta	0°56'35.2 "S 80°43'30.9"W
3	Barrio Elegole	0°58'12.9"S 80°41'21.7"W
4	Barrio San Ignacio Loyola	0°58'44.7"S 80°42'50.8"W

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Puntos de muestreo en la ciudad de Manta.



Fuente: Elaboración propia.

1.5.ALCANCE DE ESTUDIO

El principal propósito es analizar de manera cuantificable las concentraciones de sulfatos y nitratos presentes en zonas cercanas al puerto naviero de la ciudad de Manta, para definir si están en el rango permitido por las normas y que los datos obtenidos sirvan de ayuda para instaurar medidas de control de emisiones a las autoridades correspondientes.

1.6.OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo general

Determinar la calidad aire ambiente respecto a las concentraciones atmosféricas de sulfatos y nitratos emitidos por el Puerto de Manta.

1.6.2. *Objetivos específicos*

- ✓ Establecer las zonas de monitoreo apropiadas en el Puerto de Manta para instalar los muestreadores pasivos.
- ✓ Analizar las concentraciones atmosféricas de los iones de sulfatos y nitratos en el Puerto de Manta a través de la utilización de muestreadores pasivos.
- ✓ Evaluar los resultados obtenidos de la calidad aire ambiente en el Puerto Naviero de Manta en la provincia de Manabí.

1.7.JUSTIFICACIÓN

1.7.1. *Justificación teórica*

Las altas concentraciones de contaminantes sulfurados y nitrogenados al reaccionar con la humedad dan formación a los ácidos sulfúrico y nítrico, estos ácidos son los causantes de disminuir el pH de la lluvia a un valor inferior de 5.6 generando la denominada lluvia ácida (Bravo, Soto, Sosa, & Sánchez, 2003), mediante estudios algunos científicos determinan que el aumento de temperatura es ocasionado principalmente por el Ser humano debido a su trabajo, en especial a aquellos de forma industrial, este caso se lo conoce como calentamiento global. (Bula, 2009)

1.7.2. *Justificación práctica*

La investigación va a aportar datos cuantificables sobre las concentraciones de los sulfatos y nitratos emitidos por los transportes marinos en el terminal portuario de Manta, los que pueden estar causando daños al medio ambiente y al ser humano. Una vez con los datos recopilados por medio de los muestreadores pasivos y dependiendo de los resultados de las muestras se contribuirá a que las autoridades correspondientes planteen medidas para reducir las emisiones de estas partículas.

1.8.HIPÓTESIS

Con la determinación de las concentraciones atmosféricas de sulfatos y nitratos en el puerto de Manta en la provincia de Manabí será posible sean más altos que en otros lugares de la provincia debido a la actividad portuaria.

1.9.VARIABLES

1.9.1. Variable independiente

Concentraciones atmosféricas de sulfatos y nitratos

1.9.2. Variable dependiente

Calidad aire ambiente de la capitania del Puerto de Manta, Sancán y zonas urbanas.

1.9.3. Operacionalización de las variables

Las variables determinadas de acuerdo con su operacionalización se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Variables Operacionales.

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores
Dependiente:				
Flujos de dióxidos de azufre y nitrógeno presentes en las zonas de estudio.	Niveles de ion sulfato y nitrato examinados en los diferentes sitios de estudio de la ciudad de Manta precipitados en los muestreadores pasivos.	Flujo de depósito atmosférico de iones de sulfato y nitrato.	Cantidad en Kg/ha año de sulfato y nitrato.	Nivel de emisiones atmosféricas, niveles de incidencia de quema de fuel oíl.
Independiente:				
Sitios de muestreo	Lugares o zonas en las cuales se recogen los muestreadores pasivos que obtienen cifras	Parroquias de la ciudad de Manta.	Sitios de cogida de muestras. (Domicilios, entidades públicas y privadas)	Zonas con alta incidencia de quema de fuel oíl.

	previamente a analizar.			
Tiempo de muestreo	Lapso determinado en el cual se realiza la recolección de datos o muestreadores.	Épocas del año.	Meses de estudio.	Período determinado para la recolección de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1.ANTECEDENTES DE ESTUDIO

La provincia de Manabí con una población de 1'585.372 de habitantes (INEC, 2022) en especial el puerto de Manta es conocido como la capital internacional del Atún, tiene un área total de 25.64 hectáreas, de las cuales se encuentran delegadas al Gestor privado Terminal Portuario de Manta un total de 18.68 ha correspondiente a la operación del Terminal Internacional en un 72,85% del puerto y la diferencia del área no delegada corresponde al Terminal Pesquero y de Cabotaje. El censo pesquero del 2013 registró 270 embarcaciones industriales, 3.983 embarcaciones de pesca artesanal. Este último es el que utiliza mayor cantidad de diésel para sus procesos productivos (Autoridad Portuaria de Manta, 2014).

En la ciudad de Manta el Departamento encargado de la recolección y disposición final de residuos sólidos y peligrosos hasta el año 2012 fue el departamento de Salud e Higiene Ambiental, y a partir del año 2013 existe la empresa denominada COSTA LIMPIA que es la responsable por los ámbitos de la contaminación ambiental en el Puerto de Manta, quien a la vez también investiga la calidad del aire, estudios de monitoreo y control de material particulado, gases en automotores e industrias. El monitoreo del aire se realiza a través de la Dirección de Gestión Ambiental implementado por el Programa de monitoreo mencionado, donde la administración, operación, mantenimiento y calibración de los equipos, análisis;

procesamiento y control de la calidad de datos que están bajo la responsabilidad de Laboratorio físico – químico y microbiológico. (Barreiro, 2013)

En Ecuador se han llevado a cabo estudios sobre la calidad del aire en ciudades como: Esmeraldas, Ambato, Guayaquil y Quito, la última dispone de un sistema de monitoreo continuo. En el año de 1986 en Cuenca se establece el monitoreo de la calidad del aire, 21 años después el monitoreo se encuentra a cargo del Municipio de Cuenca operando en 18 puntos una red de monitoreo pasivo de concentraciones de NO₂, O₃ Y SO₂. (Palacios & Espinoza, 2014)

2.2.MARCO TEÓRICO

2.2.1. Contaminación del aire

Se define la contaminación del aire como la presencia de sustancias en la atmósfera, estas sustancias expuestas al aire son resultantes de la actividad humana o procesos naturales, bajo circunstancias que intervienen con el confort, bienestar, salud de los seres vivos y del ambiente. (Ministerio del Ambiente, 2010)

Desde hace años la contaminación del aire es un problema de atención relacionado al medio ambiente. Esto se debe a la extracción, transporte del crudo, cuyo proceso de transporte hasta su destino juega un rol importante. Las embarcaciones y el transporte terrestre consumen combustible durante su viaje, este proceso de combustión emana una serie de GEI a la atmósfera. (Moreira , 2018)

La principal fuente de contaminación atmosférica es la combustión debido a que los vehículos de combustión interna son los mayores emisores de contaminación por su funcionamiento, proliferación y calidad de combustible utilizado. (Ojeda, 2019)

Tabla 3. Componentes del aire.

Componente	Símbolo Químico	% aproximado
Nitrógeno	N	78.084
Oxígeno	O ₂	20.946
Argón	Ar	0.934
Dióxido de Carbono	CO ₂	0.033
Otros		0.003

Fuente: (Ojeda, 2019).

2.2.2. Gases de efecto invernadero

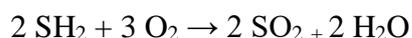
Existen dos tipos de gases de efecto invernadero, los directos e indirectos, estos gases han incrementado su crecimiento debido a las emisiones antropogénicas. El Dióxido de carbono (CO₂) se produce por el consumo masivo de combustibles fósiles, el gas Metano (CH₄) se produce por actividades agrícolas, disposición de residuos, tratamientos anaeróbicos de aguas residuales tanto industriales como domésticas y otra fuente la producción del crudo, se estima que por fermentación intestinal se produce 37% de metano. El óxido nitroso representa el 6% de este efecto siendo su fuente de carácter natural y antropogénico. El ozono se produce mediante reacciones de compuestos orgánicos de carácter volátil con óxidos de nitrógeno. (Benavides & León, 2007)

Las concentraciones de sulfatos y nitratos se presentan en cualquier clima, pero en épocas de lluvias se presentan concentraciones elevadas en el aire dando lugar a la precipitación ácida. (García, y otros, 2006)

2.2.3. Lluvia ácida

Según (Industria & Química, 2020) existen cantidades relevantes de sulfuro de hidrógeno en la atmósfera que son resultantes de la descomposición de la materia orgánica en diferentes tipos de ambientes: terrestres, marítimos y humedales. El sulfuro de hidrógeno se

caracteriza por su oxidación por partes al reaccionar con el ozono de la tropósfera dando lugar a esta reacción:



La lluvia ácida se genera por el dióxido de azufre, producido por el hombre mediante la actividad industrial, siendo una de las fuentes principales la combustión de carbón y derivados del petróleo. Los hidrocarburos al oxidarse generan dióxido de carbono y agua. Los productos derivados del petróleo como las naftas, gasoil y fracciones pesadas de crudo están compuestas por azufre tanto en cantidades mayores como menores y se presentan en forma de sulfuros metálicos u orgánicos. (Industria & Química, 2020)

2.2.4. Contaminantes atmosféricos

La contaminación atmosférica especifica un estado de impurificación de la atmósfera por la presencia de materias líquidas, sólidas, radiaciones solares o gaseosas que son ajenas a la composición natural, cualquier sustancia que se añada al aire alterará las propiedades tanto físicas y químicas del aire. Para que una sustancia se la considere contaminante atmosférico su concentración debe ser superior a la que normalmente presenta. (Pérez L. , 2013)

Tabla 4. Descripción de los principales contaminantes atmosféricos químicos y sus fuentes.

Contaminante	Formación	Estado físico	Fuentes
Partículas en suspensión PM: PM10. Humos negros	Primaria y secundaria	Sólido, líquido	Vehículos Procesos industriales Humo del tabaco
Dióxido de azufre (SO ₂)	Primaria	Gas	Procesos industriales Vehículos
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Primaria y secundaria	Gas	Vehículos Estufas y cocinas de gas Vehículos
Monóxido de Carbono (CO)	Primaria	Gas	Combustiones en interiores Humo de tabaco
Compuestos orgánicos volátiles (COV _s)	Primaria, secundaria	Gas	Vehículos, industria, humo del tabaco y

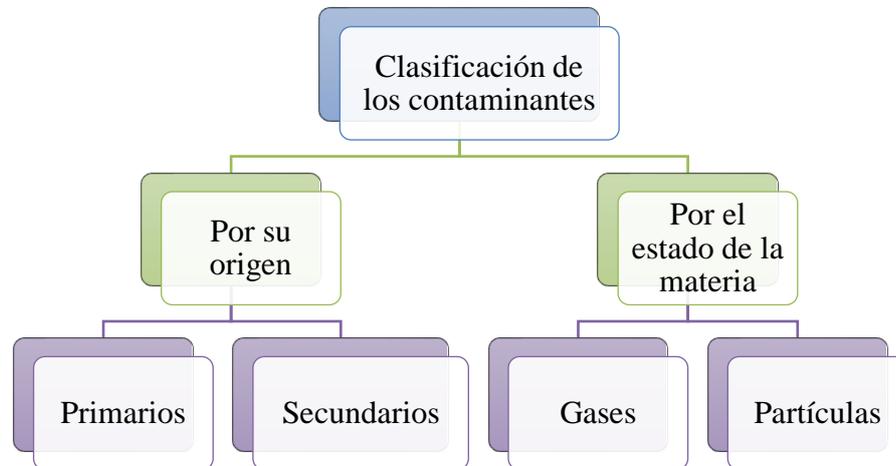
			combustiones en interiores
Plomo (Pb)	Primaria	Sólido (partículas finas)	Vehículos, industria
Ozono (O ₃)	Secundaria	Gas	Vehículos (secundario a fotooxidación de NO _x y COV _s)

Fuente: (Ballester F. , 2005).

2.2.5. Clasificación de los contaminantes atmosféricos

Se los puede clasificar de acuerdo con su origen, composición química o estado de agregación molecular.

Figura 2. Clasificación de los contaminantes atmosféricos.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.5.1. Por su origen

Se los puede clasificar en contaminantes primarios y secundarios.

Los contaminantes primarios son los que permanecen en el medio ambiente tales como: óxidos de azufre, hidrocarburos, partículas, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono. Los contaminantes secundarios son aquellos que se encuentran sometidos a cambios químicos o resultan de reacciones entre dos o más contaminantes primarios. (Gualpa, 2018)

Los gases y partículas que son enviados directamente a la atmósfera pueden comportarse de maneras diferentes:

- Desplazarse en el sentido de dirección del viento con una difusión progresiva vertical y lateral.
- Reacciones en los contaminantes primarios produciendo otros más tóxicos por medio de la acción fotoquímica.
- Pérdida de la calidad de la atmosfera por distintos procesos naturales. (Barreiro, 2013)

2.2.5.2. Por su composición química

Se pueden clasificar en orgánicos e inorgánicos. Los compuestos de composición orgánica son aquellos que contienen elementos como el hidrógeno, carbono, oxígeno, fósforo, nitrógeno y azufre; a su vez los inorgánicos son los óxidos de carbono (CO_x), los óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) y compuestos que contienen halógenos. (Díaz, 2002)

2.2.5.3. Por su estado de agregación molecular

Se pueden clasificar en dos categorías: gases y partículas. Los gases son aquellos que a condiciones normales de presión y temperatura no son ni sólidos y líquidos. Las partículas a diferencia de los gases pueden ser sólidas y líquidas. (Díaz, 2002)

2.2.6. Fuentes de contaminación atmosférica

Existen dos grupos de fuente de contaminación atmosférica denominadas fuentes fijas o estacionarias y móviles.

2.2.6.1. Fuentes móviles

Las fuentes móviles son aquellas con autorización para transitar por caminos públicos y también aquellas que no circulan por carretera. Este tipo de fuentes se originan por la combustión y evaporación de combustible. (Hidalgo, 2015)

Algunos factores meteorológicos y topográficos que intervienen en la contaminación atmosférica:

- ✓ Lluvia.
- ✓ Presión barométrica.
- ✓ Topografía del terreno.
- ✓ Edificaciones existentes.
- ✓ Vientos: dirección y velocidad.
- ✓ Espacio de difusión

El espacio de difusión es el área por la cual se mueven los contaminantes y la máxima altura hasta donde pueden llegar. (Barreiro, 2013)

2.2.6.2.Fuentes fijas o estacionarias

Las industrias estacionarias, manufactureras o de producción las cuales producen emisiones por medio de ductos de venteo o chimeneas, las que son consideradas de fuentes fijas. Y producto de las actividades de combustión de petróleo y carbón se generan las denominadas fuentes estacionarias. Se dan gran variedad de contaminantes como resultado de otras fuentes estacionarias. (Cruz & Hernández, 2021)

2.3.MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Principales tipos de contaminantes gaseosos

2.3.1.1.Dióxido de azufre (SO₂)

Compuesto en estado gaseoso, incoloro, no inflamable, irritante y con un olor fuerte. Está conformado por un átomo de azufre y dos de oxígeno. Este gas se emite al medio ambiente mediante la quema de combustible. Con el pasar de días y horas el dióxido de azufre se oxida más transformándose en sulfato y ácido sulfúrico. (Pin, 2015)

2.3.1.2.Monóxido de carbono (CO)

Compuesto formado por un átomo de carbono y oxígeno, siendo incoloro, inodoro, estable, con un tiempo de vida de 2 a 4 meses en la atmósfera. Cuando este compuesto se oxida se convierte en CO₂ en la atmósfera. Se forma como producto intermedio entre el oxígeno y combustibles carbonados mediante una reacción química. (Delgado, 2016)

2.3.1.3.Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Compuesto gaseoso contaminante formado por un átomo de nitrógeno y oxígeno, se encuentra en el medio ambiente por la actividad vehicular y se lo considera un factor de riesgo para enfermedades respiratorias. (Gutiérrez , y otros, 2018)

2.3.1.4.Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Son compuestos de carbono que intervienen en la formación de ozono troposférico. Sus principales fuentes de emisión son la combustión, evaporación de combustibles y el uso de disolventes. (EMOV, 2021)

2.3.1.5.Ozono Troposférico (O₃)

Gas componente de la atmósfera. El ozono troposférico se caracteriza por ser irritante el cual promueve el envejecimiento prematuro y la rigidez de los tejidos pulmonares. (EMOV, 2021)

2.3.1.6.Salud

Es el bienestar mental, social, físico, emocional, espiritual. La salud es un derecho que todo ser humano conlleva. (Alcántara, Gustavo, 2008)

2.3.1.7.Salud ambiental

Se define a la salud ambiental como la ciencia que ocupa las interrelaciones negativas y positivas del hombre con el medio ambiente, donde se incluye a todos los seres vivos, cambios artificiales o naturales del lugar y la contaminación del medio ambiente producida por el hombre que conlleva a la afectación de la salud y al desarrollo sostenible. (Renfigo, 2008)

2.3.1.8.Salud pública

Contemplado en la constitucion politica ecuatoriana:

“La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir”.

La constitución de la República del Ecuador en su Registro Oficial No. 449 que se realizó el 20 de octubre de 2008, menciona en su artículo 14 lo siguiente “ El ser humano tiene derecho a vivir en un medio ambiente sano y equilibrado, que garantice el buen vivir, *sumak kawsay*”. (Asamblea Nacional del Ecuador , 2008)

El capítulo dos, sección 1 de la Constitución de la República del Ecuador denominado “Naturaleza y Ambiente”, del artículo 395 hasta 399 expone el cuidado del ambiente, biodiversidad y preservación de los ecosistemas. Todo aquel que perjudique el ambiente obtendrá sanciones y deberá restaurar lo afectado. (Asamblea Nacional del Ecuador , 2008)

2.3.1.9.Efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud

En la salud humana, animal, a menudo es necesario atender los efectos a causa de contaminación atmosférica que es variada. Los más estudiados son los que se producen a corto tiempo, esto quiere decir en el lapso de pocos días después de la exposición.

Figura 3. Representación de los diferentes efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud.



Fuente: (Ballester, Tenías, & Pérez, 1999).

Estos efectos conservan una gradación en la gravedad de sus consecuencias a la población afectada. Al momento de mencionar los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud se establece una diferencia entre la contaminación que se puede dar a cabo en invierno y en verano. En invierno la contaminación se puede llevar a cabo debido a condiciones de estancamiento en el aire, sucede cuando los contaminantes que se generan en la combustión se acumulan en la atmósfera, siendo los principales el SO_2 y partículas en suspensión. En verano la contaminación ocurre en días calurosos y soleados en donde las reacciones fotoquímicas de los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno conllevan a que se forme el ozono y otras sustancias tóxicas. (Ballester, Tenías, & Pérez, 1999)

Tabla 5. Principales efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre diferentes indicadores de salud.

Efectos a corto plazo
Aumento de la mortalidad Total y por causas específicas
Incrementos de la utilización de los servicios sanitarios
Ingresos hospitalarios
Visitas a urgencias
Visitas a consultas médicas
Alteraciones de diferentes índices funcionales pulmonares
Incremento de los síntomas de enfermedad y el uso de fármacos

Fuente: (Barreiro, 2013).

2.3.2. MARCO CONTEXTUAL

2.3.2.1. Calidad aire

La calidad aire es un reto mundial. La Organización Mundial de la Salud (OMS) se ha fijado en las muertes prematuras a causa de la contaminación atmosférica siendo alrededor de 4,2 millones al año. (Baque & Veliz, 2020)

La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), atribuye al impacto de este contaminante 391 000 muertes prematuras anuales, pero en un estudio anunciado en European Heart Journal evidencia que es alta la probabilidad de las muertes atribuidas que podrían alcanzar las 790 000/año. (Querol X. , 2019)

2.3.2.2. Sulfatos

Son compuestos químicos que contienen un átomo de azufre que tiene una carga negativa y cuatro átomos de oxígeno con una carga positiva. Son muy abundantes en la naturaleza producida naturalmente en el suelo y agua derivados por los procesos de combustión, centrales termoeléctricas, generadores eléctricos, procesos metalúrgicos, erupciones volcánicas y uso de fertilizantes esto debido a que los sulfatos se forman por la oxidación del dióxido de azufre ocasionada por la actividad humana. (Bolaños Alfaro, Cordero Castro, & Segura Araya, 2017)

2.3.2.3. Sulfatos en la calidad del aire ambiente

Los sulfatos son uno de los principales contaminantes del aire ambiente los cuales provienen principalmente de la combustión de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, así como de la producción de cemento y del uso de fertilizantes. Estos compuestos pueden liberarse en el aire debido a que están formados de dióxido de azufre que al reaccionar con el vapor del agua en la atmósfera forman ácido sulfúrico lo cual luego se descompone en pequeñas partículas de sulfato que pueden ser inhaladas y contraer problemas para la salud.

Con el objetivo de disminuir la cantidad de sulfatos en el aire, se deben tomar medidas que reduzcan la cantidad de combustibles fósiles quemados y el uso de fertilizantes. (García Lázaro, 2019)

2.3.2.4.Nitratos

Son compuestos químicos formados por un átomo de nitrógeno y tres átomos de oxígeno y pueden provenir de diferentes fuentes que pueden ser el suelo, el agua y los alimentos. La generación de nitratos viene de los resultados de procesos naturales sean de efectos directos o indirectos de las actividades antropogénicas. (Singler & Bauder, 2012)

2.3.2.5.Nitratos en la calidad del aire ambiente

Los nitratos se encuentran en el aire como producto de la combustión de combustibles fósiles en motores de combustión interna. Estos compuestos también se pueden emitir al aire a través de los desechos de la industria, los fertilizantes y los líquidos de refrigeración. Los nitratos en el aire pueden tener un efecto desfavorable en la salud humana, animal y medio ambiente. Si los niveles de nitratos en el aire son altos, pueden provocar problemas respiratorios, alergias e incluso cáncer. También pueden afectar la calidad del agua, debido a que en ocasiones los nitratos son transportados a los acuíferos a través de la lluvia o ríos, afectando el agua para uso humano. Es importante mantener los niveles de nitratos en el aire a niveles permisibles. (Rina Fernández , 2005)

2.3.2.6.Aportación de gases en la atmosfera por actividad en los puertos

Los puertos marítimos generan gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático incluyendo los sulfatos y óxidos de nitrógeno quienes actúan como capa de aislamiento en la atmósfera, reteniendo el calor del sol en lugar de permitir que se escape al espacio lo que hace que la temperatura promedio de la tierra aumente y a la vez influye en los patrones climáticos mundiales. (Quevedo Pinos, 2015)

2.3.2.7. Afectaciones en la ciudad, bosques e infraestructuras debido a los gases producidos por los puertos.

Los gases producidos por los puertos marítimos pueden afectar de forma significativa la calidad del aire de una ciudad. Esto se debe a que los gases producidos por los puertos marítimos contienen una gran cantidad de partículas finas, de dióxido de azufre, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. Estas partículas finas pueden ser inhaladas por los residentes de la ciudad, aumentando el riesgo de enfermedades respiratorias e incluso cáncer y causando un incremento de la temperatura. (Gilma & Zulady, 2021)

Los gases producidos por los puertos marítimos tienen un impacto negativo en los bosques a causa de óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, monóxido de carbono, principal fuente de su contaminación. Estos gases se acumulan en la atmósfera y se transportan a largas distancias, contribuyendo al aumento de la acidez en el suelo y de los niveles de ozono, produciendo una disminución de la productividad de los bosques, resistencia a enfermedades y plagas, y mayor susceptibilidad al fuego. (Gilma & Zulady, 2021)

Estos gases pueden afectar a las infraestructuras de edificios y casas debido a que contienen dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, material particulado y otros contaminantes. Estos pueden contribuir a la formación de ácido sulfúrico y ácido nítrico en el aire, siendo corrosivos para la pintura, el metal y la madera; acumulándose en los edificios, causando daños estructurales a largo plazo. (Ajiaco Parra, Barrera Barrera, & Ulloa Barón, 2017)

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Metodología cualitativa

Según (Sampieri R. H., 2010), la metodología cualitativa va orientado hacia la exploración, descripción y el entendimiento lo cual va de una forma general y amplio por eso es aplicada a este proyecto ya que nos permite generalizar los resultados obtenidos más ampliamente y nos facilita la comparación entre estudios similares.

3.1.2. Metodología cuantitativa

Según (Sampieri R. H., 2010), la metodología cuantitativa va orientada hacia la descripción, predicción y explicación de forma específica y acotada que va orientada a la obtención de datos observables y medibles, y en este proyecto está metodología permite hacer comparaciones estadísticas de resultados con estudios previos.

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación aplicada

(Sampieri R. H., 2010) “define que la investigación aplicada es el estudio de un problema destinado a la acción y el cual permite aportar hechos nuevos para resolver necesidades que se plantea la sociedad o el ser humano.” Es tipo de investigación complementa este proyecto puesto que está dirigido a obtener datos de análisis y estadísticos para contribuir en la problemática presenta que afecta a la comunidad.

3.3. Diseño de la investigación

Para está investigación se realizó un previo reconocimiento de los sitios de muestreo donde se colocaron los muestreadores pasivos posteriormente en lugares altos o espacios

abiertos, cada 22 días en un tiempo empleado de tres meses donde fueron rotulados con su fecha de colocación y número en cada salida de campo para su correcta recolección previo a los análisis en el laboratorio. El diseño de esta investigación tiene la finalidad de evaluar los resultados finales obtenidos para proponer recomendaciones si algún sitio de estudio se sale de los límites permisibles de sulfatos y nitratos.

3.3.1. Unidad de análisis

La unidad de análisis está compuesta por los muestreadores pasivos que se ubicaron en cuatro zonas diferentes de la provincia de Manabí. Se identificaron cada una de las zonas determinándole un número para su respectiva identificación en los análisis del laboratorio.

Tabla 6. Sitios de estudio en la provincia de Manabí.

Ítems	Sitios de Estudio	Cantón	Parroquia	Sector	Tiempo (Meses)
1	Comuna Sancán	Jipijapa	-	Suroeste	3
2	Capitanía del Puerto de Manta	Manta	Manta	Suroeste	3
3	Barrio Elegole	Manta	Los Esteros	Suroeste	3
4	Barrio San Ignacio Loyola	Manta	Eloy Alfaro	Suroeste	3

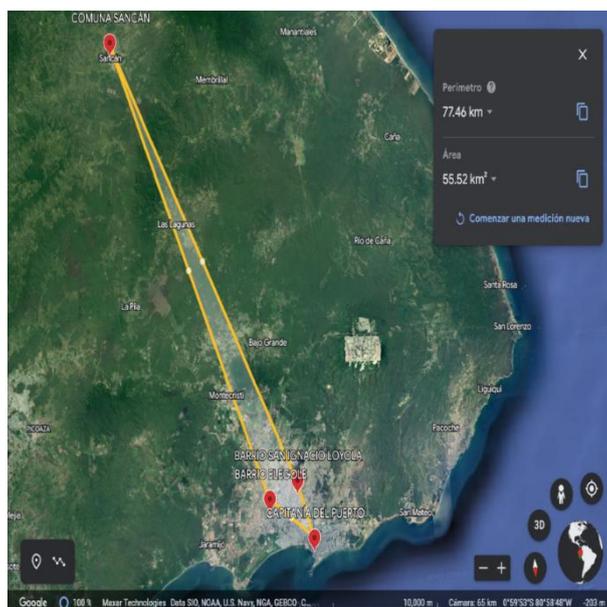
Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Categorización de sitios

El área de estudio tiene una superficie de 55.52 Km² con un perímetro de 77,46 Km que comprende los 4 sitios de estudio de muestreo vinculados entre sí en la provincia de Manabí.

Para la realización del estudio se definió que el área a estudiar debe cumplir con parámetros debidos, se escogió sitios específicos donde exista un mayor flujo naviero, vehicular e industrial.

Figura 4. Sitios de estudio.



Fuente: (Earth, 2023)

3.3.3. Indicadores medibles

Tabla 7. Unidad de análisis de los sitios.

Unidad de análisis	Categorización	# Muestras	Totales de muestras	Estacionalidad	Tiempo
Colectores pasivos	4 sitios	4	12	Seca Lluviosa	May-Jul 2023

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Acondicionamiento de las muestras.

# muestras	Lavado	Extracción del ion azufre y nitrógeno	UV
4	Agua destilada y cloruro de potasio	Solución madre de sulfatos	420 nm
4	Agua destilada	Solución madre de nitratos	410 nm

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Fórmulas para emplearse

3.4.1. Fórmula para determinación de concentración de Sulfatos

Para el cálculo de iones sulfato (SO_4^{2-}) se plantea la fórmula que determina mediante la ecuación de la recta $y=m*x +b$ la concentración en unidades mg/L. Esta determinación, define la relación entre la absorbancia y la concentración de manera no lineal, por lo cual se ve

implicada la longitud de onda a la que se realiza la medición en el espectrofotómetro. La ecuación nos dice que, la concentración de iones sulfatos ($\gamma(SO_4^{2-})$) será igual a la diferencia de la absorbancia a la longitud de onda ($\alpha(\lambda)$) y el valor de la ordenada de origen (b), en relación inversa con el valor de la pendiente (b) dada en la curva de calibración.

EC.1.

$$\gamma(SO_4^{2-}) = \frac{[\alpha(\lambda) - a]}{b}$$

Donde:

$\gamma(SO_4^{2-})$: Concentración másica de iones de Sulfatos expresado en mg/L.

$\alpha(\lambda)$: Absorbancia de iones SO_4^{2-} en la longitud de onda $\lambda = 420nm$.

a : valor de la ordenada de origen.

b : valor de la pendiente de la curva de calibración.

3.4.2. Fórmulas para determinación de concentración de Nitratos

Para el cálculo de iones nitrato (NO_3^-) se plantea la fórmula que determina mediante la ecuación de la recta $y=m*x +b$ la concentración en unidades mg/L. Esta determinación, define la relación entre la absorbancia y la concentración de manera no lineal, por lo cual se ve implicada la longitud de onda a la que se realiza la medición en el espectrofotómetro. La ecuación nos dice que, la concentración de iones nitratos ($\gamma(NO_3^-)$) será igual a la diferencia de la absorbancia a la longitud de onda ($\alpha(\lambda)$) y el valor de la ordenada de origen (b), en relación inversa con el valor de la pendiente (b) dada en la curva de calibración.

EC.2.

$$\gamma(NO_3^-) = \frac{[\alpha(\lambda) - a]}{b}$$

Donde:

$\gamma(NO_3^-)$: Concentración másica de iones de Nitratos expresado en mg/L.

$\alpha(\lambda)$: Absorbancia de iones NO_3^- en la longitud de onda $\lambda = 410nm$.

a : valor de la ordenada de origen.

b : valor de la pendiente de la curva de calibración.

3.4.3. Cálculo de flujo atmosférico

Los resultados en unidad de concentración se requieren de factores de conversión para obtener un flujo atmosférico en Kg/Ha*año. La concentración en miligramos por litro se multiplica por el factor asociado a unidad de kilogramo; partido entre el producto del área de superficie del embudo dado en centímetros cuadrados (se aplica la fórmula para hallar la superficie de la boca del embudo), se lleva a hectárea y por la unidad de tiempo en año, se lo despeja para el periodo que ha estado ubicado el muestreador (22 días).

EC. 3.

$$Cx = A * (1 \times 10^{-6} kg/mg)$$

$$\text{Área} = \pi * r^2 * (1 \times 10^{-8} Ha/cm^2)$$

$$Fat = \frac{Cx}{\text{Área} * \text{año}}$$

Donde:

Cx : Concentración mg/L de SO_4^{2-} o NO_3^- .

A : Alícuota dada en Litro.

Área : Área del embudo dado en cm^2 .

Fat: Flujo atmosférico dado en kg/Ha*año.

3.5. Metodología de muestreo

Paso 1: Se inserta un embudo cuyo diámetro superior es 20 cm y de descarga.



Figura 5. Embudo.

Paso 2: Se usa la unión de 1 pulgada para unir por un extremo el embudo y por el otro la columna. El extremo superior de la unión debe tener untado pegamento para adherirse al tubo de PVC.



Figura 6. Unión.

Paso 3: Colocar un tubo PVC de 1 pulgada de 22 cm de largo. En su interior debe colocarse lana de vidrio en la parte inferior sirviendo de soporte a 30 gramos de resina, y en la parte superior otra cierta cantidad de lana de vidrio que hace la función de filtro. Este debe ser cambiado periódicamente durante cada muestreo por otro igual con resina nueva.



Figura 7. Tubo PVC.

Paso 4: se coloca la válvula de paso de 1 pulgada en posición vertical, en el extremo inferior de la columna.



Figura 8. Válvula de paso.

Paso 5: El neplo flex de 1 pulgada debe ubicarse en la parte inferior de la válvula de paso para favorecer la descarga de la muestra.



Figura 9. Neplo flex.

Paso 6: Al tubo PVC de 4 pulgadas de ancho y 30 cm de largo se le harán cuatro agujeros pequeños donde se introducirá alambre el cual sujetará al muestreador pasivo al introducirlo a este tubo donde la resina quedará tapan y no le dará el sol.



Figura 10. Tubo PVC.

3.5.1. Descripción de los dispositivos de muestreo pasivo.

El diseño de la columna de resina fue elegido, considerando que es una técnica recomendable para la captura de iones en muestras por escurrimiento conforme al flujo se dirige a través de la columna de resina de intercambio iónico (IER). También porque el diseño de la columna de IER es que la resina no está en contacto con la superficie del suelo y que las mismas que están ubicadas en el interior de la columna, se pueden extraer fácilmente en el laboratorio, para los análisis respectivos.

3.6. Metodología de extracción

Se adapta el sistema de extracción al tubo que contiene la resina (muestra colectada), se retira la tapa de la parte inferior del tubo con la resina, verificando que el agujero de drenaje esté limpio y con la ayuda de una pinza se desecha la lana de vidrio de la parte superior del tubo, controlando que la válvula se encuentre cerrada.

Los tubos se colocan de forma vertical utilizando soportes universales y pinzas respectivas, por debajo de cada válvula se coloca un vaso de precipitado. Luego de verificar que todo este correctamente se vierten 100 ml de agua destilada dentro del tubo y se deja reposar aproximadamente 20 minutos. Transcurrido el tiempo respectivo se abre ligeramente la válvula de modo que la velocidad de goteo sea de aproximadamente 2 gotas por segundo y se lo deja de forma continua durante 10 minutos pasado estos para completar el drenaje del agua se abre toda la válvula y así obtendremos el lavado de los nitratos.

Se asegura que la válvula esté cerrada nuevamente y se vierten 100 ml de la solución de KCl 2N (149.1 g aforados a 1 litro) en el tubo de resina, se espera 20 minutos y se abre la válvula ligeramente de modo que la velocidad de goteo sea de 2 gotas por segundo. Se deja el goteo continuo de la columna durante 10 minutos, se abre la válvula completamente para permitir que la solución restante salga de la columna. El volumen total captado debe ser aproximadamente 100 ml, estos extractos pueden ser almacenados en frascos de polietileno y refrigerados hasta su análisis.

Posteriormente los iones retenidos son extraídos de la resina a través de soluciones de extracción específicas para recuperar los elementos muestreados. Los iones sulfato retenidos en la resina son extraídos dentro de la misma columna con una solución 2 N de KCl y analizados turbidimétricamente.

3.7. Proceso para la determinación de sulfatos en muestras de depósitos

atmosféricos:

*Secretaria de comercio y fomento industrial norma mexicana nmx-aa-074-1981
"análisis de agua - determinación del ion sulfato" dirección general de normas.*

3.7.1. Disolución acondicionadora o Buffer

Materiales, equipos y reactivos

- Glicerol
- Matraz aforado de 500 ml
- Probeta (500 ml)
- Pipeta
- Pipeteador o pera
- Ácido clorhídrico concentrado (HCl)
- Agua Destilada
- Alcohol etílico (C₂H₆O) a 95 %
- Cloruro de Sodio (NaCl)
- Vaso de precipitación de 800 ml

1 Procedimiento

1. Mezclar 50 ml de glicerol con una solución que contenga 30 ml de ácido clorhídrico concentrado, 300 ml de agua, 100 ml de alcohol etílico al 95% y 75 g de cloruro de sodio. (Realizar este procedimiento en la cámara de gases debido a a la manipulación de HCl).
2. Almacenar en matraz aforado.

3.7.2. Patrones

3.7.2.1.Solución estándar de Sulfato

Materiales, equipos y reactivos

- Ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0.01 M
- Vaso de precipitación de 200 ml
- Pipeta

- Pipeteador o pera
- Probeta (100 ml)
- Agua Destilada

Procedimiento

1. Medir 10,4 ml de disolución de referencia valorada de ácido sulfúrico 0,0100 mol/L.
2. Llevar a un volumen de 100 ml con agua destilada.

3.7.2.2.Solución estándar de Sulfatos

Materiales, equipos y reactivos

- Balón aforado (1000 ml)
- Probeta (500 ml)
- Balanza analítica
- Sulfato de Sodio Anhidro (Na_2SO_4)
- Pipeta
- Agua Destilada
- Agitador
- Embudo

Procedimiento

1. Disolver en agua 147.9 mg de sulfato de sodio anhidro.
2. Llevar al aforo a 1 000 ml. Este estándar puede adquirirse comercialmente.

3.7.3. Calibración del espectrofotómetro

Materiales, equipos y reactivos

- Espectrofotómetro (UVIS)
- Celda 1 cm
- Pipeta
- Solución estándar de sulfato
- Agua Destilada
- Vasos de precipitación

Procedimiento

1. Encender el espectrofotómetro y estabilizarlo de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
2. Empleando la solución estándar de SO_4^{2-} , preparar las disoluciones de trabajo en el intervalo de concentración de masa de 0 mg/L a 10 mg/L. Medir 1,0, 3,0, 5,0, 7,0 y 10,0 ml y llevar a 100 ml. Los estándares se colocan en vaso de precipitación de 150 ml por cada estándar.
3. Transferir una alícuota de cada estándar en la celda de 1,0 cm y medir su absorbancia a 420 nm.
4. Construir una curva de calibración con un mínimo de 5 puntos además del blanco, dentro del intervalo de 0 mg/L a 10 mg/L de SO_4^{2-} .

3.7.4. Lectura de las muestras en el espectrofotómetro

Materiales, equipos y reactivos

- Espectrofotómetro (UVIS)
- Celda 1 cm

- Agitador magnético de velocidad de agitación constante, de tal modo que no ocurran salpicaduras y con magnetos de forma y tamaños idénticos.
- Pipeta
- Pipeteador o pera
- Vaso de precipitación de 100 ml
- Cloruro de Bario (Ba_2Cl)
- Cucharilla medidora
- Muestras
- Solución Buffer
- Cronómetro

Procedimiento

1. Transferir una alícuota de 40 ml de la muestra al vaso de precipitación.
2. Añadir 2 ml de la solución Buffer o acondicionadora.
3. Llevar a la plancha agitadora.
4. Añadir 3 cristales de Cloruro de Bario y seguir agitando
5. Una vez homogenizada la mezcla, inmediatamente (< 1 minuto) se procede la lectura en el espectrofotómetro.
6. La lectura se la realiza en 4 minutos con intervalos de 30 segundos.
7. Se anotan las 8 lecturas, pero se toma en consideración el último intervalo de absorbancia.

3.7.5. Curva de calibración de sulfatos

1. Obtener una curva de calibración graficando la absorbancia contra la concentración de SO_4^{2-} de los estándares.

2. Calcular las concentraciones de la muestra directamente de la curva de calibración.
3. Hacer una gráfica con los valores de la curva de calibración y asegurarse obtener el coeficiente de correlación aceptable.
4. Reportar mg SO₄⁻² /L con la precisión correspondiente.

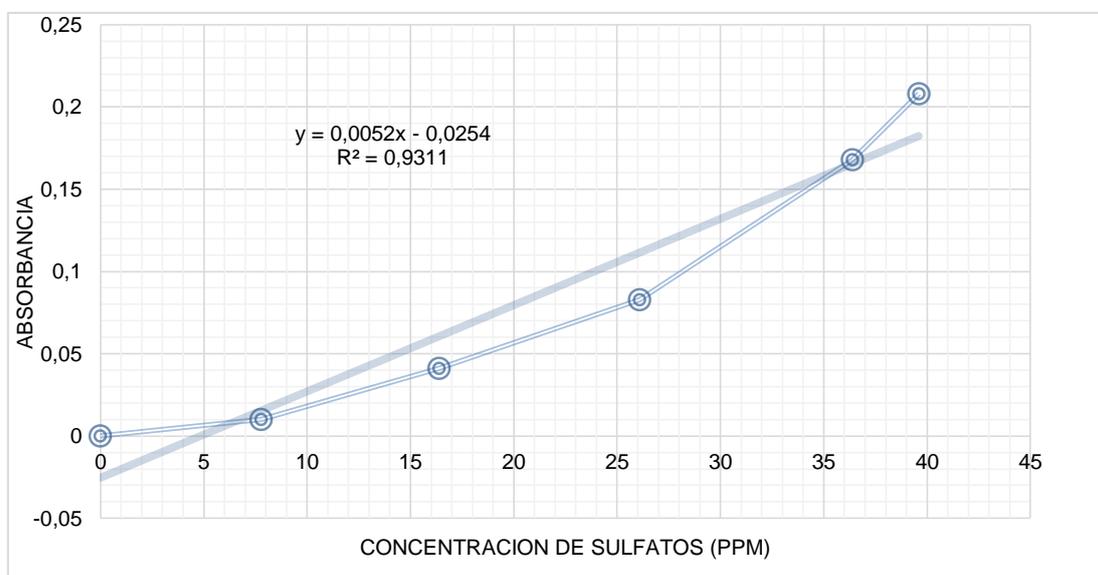
Tabla 9. Datos de la curva de calibración standard sulfatos.

Concentración	Absorbancia
0	0
7,78	0,01
16,4	0,041
26,1	0,083
36,4	0,168
39,6	0,208

Fuente: Proyecto FCI0022

Gráfico 1. Curva de Calibración Standard de Sulfatos.

Fuente: Proyecto FCI0022



3.8. Proceso para la determinación de nitrato en muestras de depósitos

atmosféricos:

Análisis de aguas - determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la nmx-aa-079-1986).

3.8.1. Método de sulfato de brucina

La brucina es un complejo que reacciona con los nitratos bajo condiciones ácidas y temperatura elevada para producir un complejo de color amarillo. Generalmente, las muestras deben ser diluidas para obtener una concentración de nitrógeno, en nitratos en el intervalo de concentraciones de 0,1 mg/L a 1,0 mg/L. La intensidad del color desarrollado es función del tiempo y la temperatura; ambos factores deben ser cuidadosamente controlados.

3.8.2. Preparación de Disolución de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄)

Materiales, equipos y reactivos

- Vaso de precipitación
- Frasco oscuro
- Probeta (100 ml)
- Pipeta
- Pipeteador o pera
- Ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄)
- Agua Destilada
- Agitador

Procedimiento

1. Añadir 500 ml de ácido sulfúrico concentrado a 125 ml de agua destilada.
Enfriar a temperatura ambiente.

2. Mantener el frasco bien tapado para evitar la adsorción de humedad atmosférica.

3.8.3. Preparación de Disolución de arsenito de sodio

Materiales, equipos y reactivos

- Vaso de precipitación (1000 ml)
- Frasco claro
- Probeta (500 ml)
- Balanza analítica o balanza electrónica
- Arsenito de Sodio (NaAsO_2)
- Agua Destilada
- Agitador

Procedimiento

1. Pesar 5 g de arsenito de sodio.
2. Llevar a 1 L con agua.

3.8.4. Preparación de Disolución de cloruro de sodio

Materiales, equipos y reactivos

- Vaso de precipitación (1000 ml)
- Frasco claro
- Probeta (500 ml)
- Balanza analítica o balanza electrónica
- Cloruro de Sodio (NaCl)
- Agua Destilada
- Agitador

Procedimiento

1. Pesar 300 g de cloruro de sodio.
2. Disolver y aforar a 1 L con agua.

3.8.5. Preparación de Disolución de sulfato de brucina-ácido sulfanílico

Materiales, equipos y reactivos

- Vaso de precipitación (500 ml)
- Ácido clorhídrico concentrado (HCl)
- Frasco oscuro
- Probeta (500 ml)
- Pipeta
- Balanza analítica o balanza electrónica
- Sulfato de brucina $[(C_{23}H_{26}N_2O_4)_2 H_2SO_4 \cdot 7H_2O]$
- Ácido Sulfanílico ($C_6H_7NO_3S$)
- Agua Destilada
- Agitador
- Reverbero

Procedimiento

1. Disolver 1 g de sulfato de brucina y 0,1 g de ácido sulfanílico en 70 ml de agua caliente.
2. Añadir 3 ml de ácido clorhídrico concentrado, enfriar y aforar a 100 ml.
3. Almacenar en botella oscura y en refrigeración.

Esta solución es estable durante varios meses. El color rosa que desarrolla lentamente no afecta la utilidad de la disolución.

3.8.6. Patrones

3.8.6.1.Preparación de Disolución madre de nitratos (100 µg/ml de N-NO₃⁻)

Materiales, equipos y reactivos

- Estufa
- Vidrio reloj
- Frasco oscuro
- Probeta (500 ml)
- Balanza analítica
- Nitrato de Potasio (KNO₃)
- Pipeta
- Agua Destilada
- Agitador
- Cloroformo

Procedimiento

1. Secar 1 g de nitrato de potasio en una estufa a 105°C por 24 h.
2. Pesar 0,7218 g de Nitrato de Potasio.
3. Diluir en agua y aforar a 1 L; se conoce que 1,00 ml = 100 µg NNO₃⁻
4. Preservar la disolución con 2 ml de cloroformo, la disolución es estable al menos por 6 meses.

3.8.6.2.Preparación de Disolución estándar intermedia de nitratos (1.0 µg/ml de N-NO₃⁻)

Materiales, equipos y reactivos

- Frasco oscuro

- Probeta (500 ml)
- Balanza analítica
- Disolución madre de nitratos (KNO_3)
- Pipeta
- Agua Destilada
- Agitador
- Cloroformo

Procedimiento

1. Tomar una alícuota de 10 ml de la disolución madre de nitratos y aforar a 1 L, con agua destilada; se tiene que $1,00 \text{ ml} = 1,0 \mu\text{g N-NO}_3$.
2. Preservar la disolución con 2 ml de cloroformo, la disolución es estable por 6 meses.

3.8.7. Calibración del espectrofotómetro

Materiales, equipos y reactivos

- Espectrofotómetro (UVIS)
- Celda 1 cm
- Tubos de reacción de 50 ml con tapa
- Gradilla
- Pipeta
- Disolución estándar intermedia de nitratos ($1.0 \mu\text{g/ml de N-NO}_3^-$)
- Disolución de Ácido sulfúrico.
- Disolución de Cloruro de Sodio.
- Disolución de brucina-ácido sulfanílico

Procedimiento

1. Encender el espectrofotómetro y estabilizarlo de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
2. Empleando la disolución estándar intermedia de N-NO_3^- , preparar las disoluciones de trabajo en el intervalo de 0,01 a 1,0 mg N-NO_3^- /L. Medir 1,0, 2,0, 4,0, 7,0 y 10,0 ml y llevar a 10 ml en un tubo de reacción.
3. Colocar la gradilla en un baño de agua fría y añadir 2,0 ml de la disolución de cloruro de sodio a cada tubo. Mezclar y añadir 10,0 ml de disolución de ácido sulfúrico. Mezclar y enfriar.
4. Si se desarrolla color o turbiedad sacar los tubos y leer los testigos de muestra contra el testigo de reactivos a 410 nm.
5. Colocar la gradilla en el baño de agua fría y añadir 0,5 ml del reactivo brucina (ácido sulfanílico). Mezclar y colocar la gradilla en el baño de agua en ebullición manteniendo la temperatura de ebullición. Después de 20 min exactamente sacar los tubos y sumergirlos en agua fría hasta alcanzar equilibrio térmico.
6. Transferir una alícuota de cada estándar en la celda de 1,0 cm y medir su absorbancia a 410 nm.
7. Verificación de la calibración de la balanza analítica
8. Si se desarrolla color o turbiedad sacar los tubos y leer los testigos de muestra contra el testigo de reactivos a 410 nm.

3.8.8. Lectura de las muestras en el espectrofotómetro

Materiales, equipos y reactivos

- Espectrofotómetro (UVIS)

- Celda 1 cm
- Tubos de reacción de 50 ml con tapa
- Gradilla
- Pipeta
- Agua fría
- Agua caliente
- Recipiente de forma rectangular donde la gradilla encaje
- Muestras
- Disolución de Arsenito de sodio (Si la muestra contiene cloro residual libre)
- Disolución de Ácido sulfúrico.
- Disolución de Cloruro de Sodio.
- Disolución de brucina-ácido sulfanílico
- Filtro de 0,45 μ m

Procedimiento

1. Si la muestra contiene cloro residual libre, remover por adición de una gota (0,05 ml) de disolución de arsenito de sodio por cada 0,10 mg de cloro y mezclar.
2. Filtrar la muestra para remover turbiedad.
3. Transferir una alícuota de 10 ml de muestra o una alícuota diluida a 10 ml, al tubo de reacción.
4. Colocar en la gradilla los tubos de reacción necesarios incluyendo un tubo para el testigo y patrones.
5. Colocar la gradilla en un baño de agua fría y añadir 2,0 ml de la disolución de cloruro de sodio a cada tubo. Mezclar y añadir 10,0 ml de disolución de ácido sulfúrico. Mezclar y enfriar.

6. Si se desarrolla color o turbiedad sacar los tubos y leer los testigos de muestra contra el testigo de reactivos a 410 nm.
7. Colocar la gradilla en el baño de agua fría y añadir 0,5 ml del reactivo brucina - ácido sulfanílico. Mezclar y colocar la gradilla en el baño de agua en ebullición manteniendo la temperatura de ebullición. Después de 20 min exactamente sacar los tubos y sumergirlos en agua fría hasta alcanzar equilibrio térmico.
8. A temperatura ambiente, leer los patrones y muestras contra el testigo de reactivo a 410 nm.

3.8.9. Curva de calibración de Nitratos

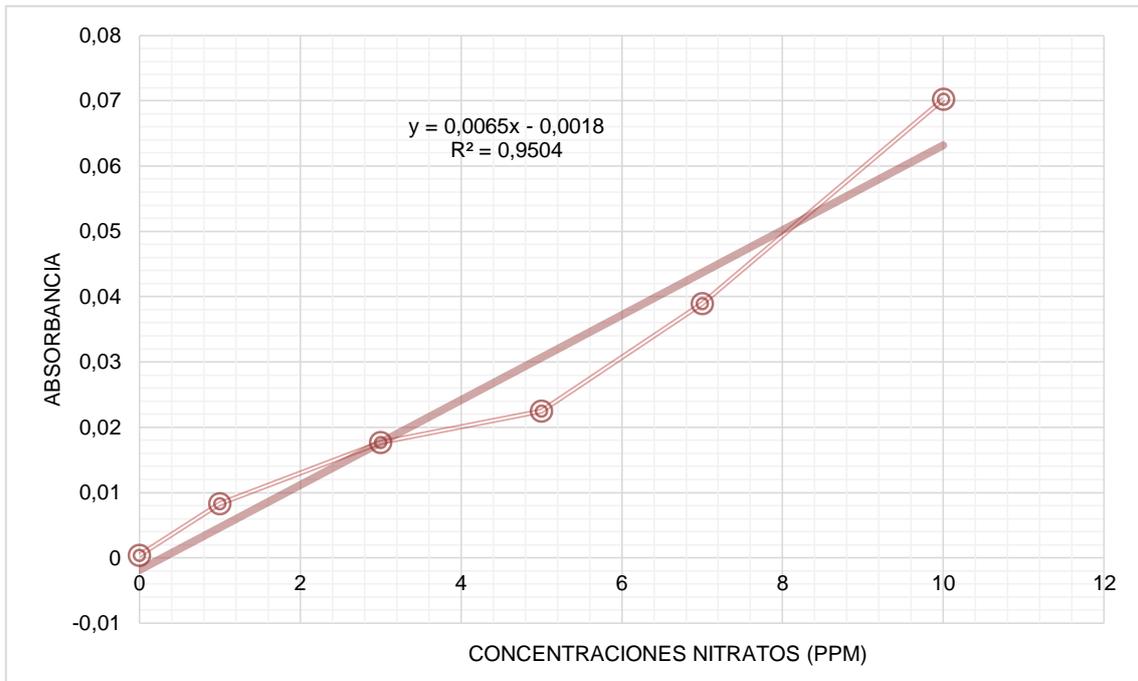
1. Obtener una curva de calibración graficando la absorbancia contra la concentración de N-NO_3^- de los estándares.
2. Calcular las concentraciones de la muestra directamente de la curva de calibración.
3. Reportar como miligramos de N por L (la suma de N-NO_3^- más N-NO_2^-) a menos que la concentración de N-NO_2^- se determine y reste separadamente.
4. Hacer una gráfica con los valores de la curva de calibración y asegurarse obtener el coeficiente de correlación aceptable.
5. Reportar mg N-NO_3^- /L con la precisión correspondiente.

Tabla 10. Datos de la curva de calibración standard de nitratos.

Concentración	Absorbancia
0	0,0004
1	0,0083
3	0,0177
5	0,0225
7	0,0389
10	0,0702

Fuente: Proyecto FCI0022

Gráfico 2. Curva De Calibración Standard de Nitratos.



Fuente: Proyecto FCI0022

3.9. Normativas

Para el lavado de los muestreadores pasivos para la obtención de las concentraciones de nitrato y sulfatos se utilizó la normativa mexicana NMX-AA-079-SCFI-2001 (**Ver anexo 10**), para la evaluación de los resultados para verificar si se encuentran dentro de los límites permisibles se realiza la comparación con los parámetros que detalla el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) (**ver anexo 11**).

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. TABLA DE RESULTADOS

4.1.1. Datos de sulfatos en el período de mayo - julio 2023

En la Tabla 11. se muestran las lecturas de absorbancias en las muestras de sulfatos elaboradas en el espectrofotómetro de luz visible a 420 nm mismo que fue facilitado por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), para los meses de mayo a julio del 2023.

Tabla 11. Datos de absorbancia de las muestras de sulfato durante el período de estudio.

Sitio	Absorbancia		
	Mayo	Junio	Julio
Comuna Sancán	0,013	0,242	0,038
Capitanía del Puerto	0,008	0,027	0,062
Barrio Elegole	0,029	0,083	0,049
Barrio San Ignacio Loyola	0,046	0,109	0,086

Fuente: Elaboración propia. Supervisado por la Dra. Olga Quevedo.

Tabla 12. Datos de la concentración en mg/l de iones de sulfatos durante el período de estudio.

Sitio	Mayo	Junio	Julio
Comuna Sancán	7,38	51,42	12,19
Capitanía del Puerto	6,42	10,08	16,81
Barrio Elegole	10,46	20,85	14,31
Barrio San Ignacio Loyola	13,73	25,85	21,42

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Datos de nitratos período mayo - julio 2023

En la Tabla 13. se muestran las lecturas de absorbancias en las muestras de nitratos elaboradas en el espectrofotómetro de luz visible a 410 nm mismo que fue facilitado por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), para los meses de mayo a julio del 2023.

Tabla 13. Datos de absorbancia de las muestras de nitratos durante el período de estudio.

Absorbancia			
Sitio	Mayo	Junio	Julio
Comuna Sancán	0,064	0,208	0,398
Capitanía del Puerto	0,189	0,105	0,379
Barrio Elegole	0,096	0,104	0,367
Barrio San Ignacio Loyola	0,065	0,204	0,373

Fuente: Elaboración propia. Supervisado por la Dra. Olga Quevedo.

Tabla 14. Datos de la concentración en mg/l de iones de nitratos durante el período de estudio.

Sitio	Mayo	Junio	Julio
Comuna Sancán	10,12	32,28	61,51
Capitanía del Puerto	29,35	16,43	58,58
Barrio Elegole	15,05	16,28	56,74
Barrio San Ignacio Loyola	10,28	31,66	57,66

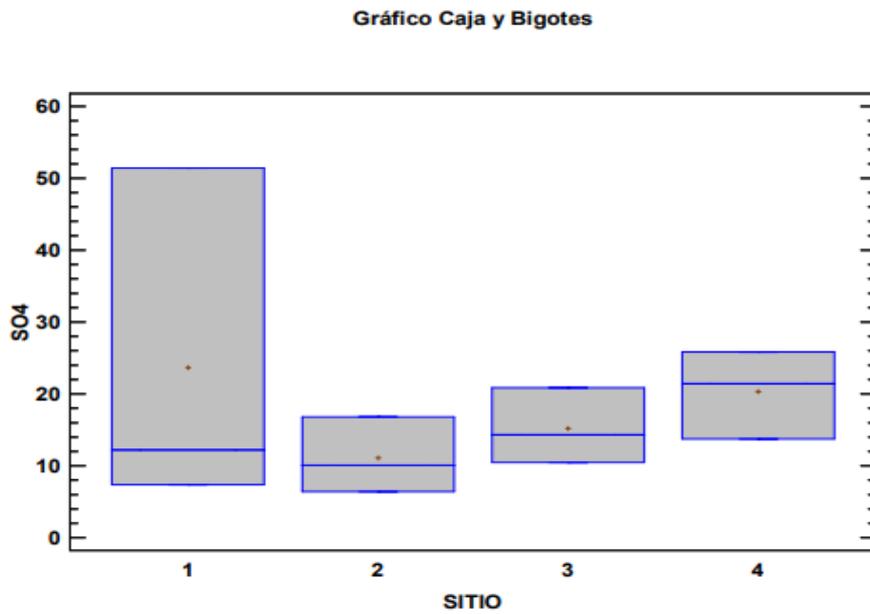
Fuente: Elaboración propia.

4.2. ANÁLISIS

4.2.1. Distribución de sulfatos y nitratos en sitios de estudio

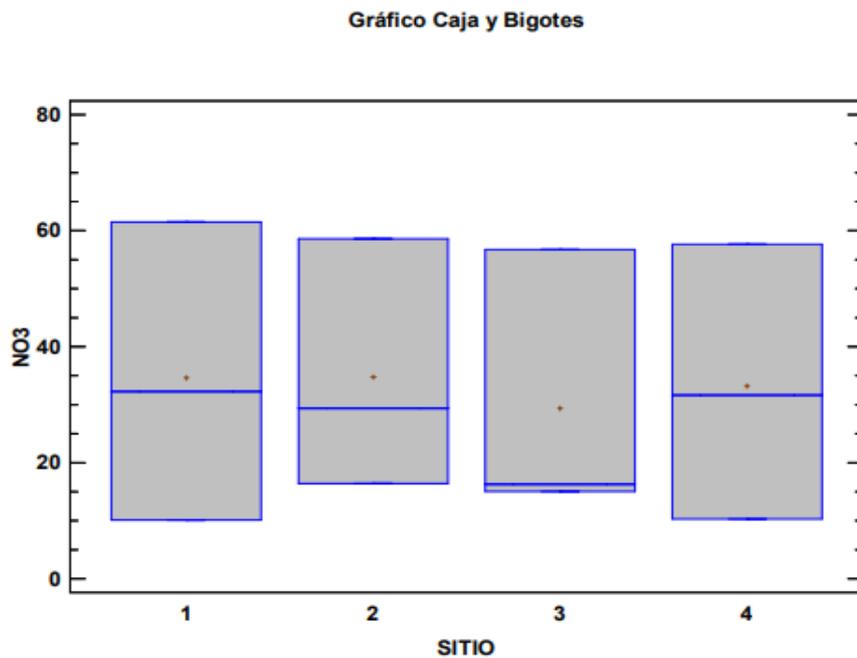
Se analiza que los muestreadores ubicados en la comuna Sancán (1), Capitanía del Puerto de Manta (2), Barrio Elegole (3) y Barrio San Ignacio Loyola (4) presentan valores mínimos y máximos. La mediana de las muestras de nitratos se presenta en formas parecidas a diferencia del sitio 3 que se encuentra por debajo de las otras muestras, (**ver gráfico 4**). En sulfatos la mediana se encuentra con una diferencia poco notable en los sitios 1, 2, y 3, en el sitio 4 se aleja (**ver gráfico 3**). La mediana nos indica como se distribuyen estos contaminantes atmosféricos.

Gráfico 3. Distribución de concentración de sulfatos por sitios de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4. Distribución de concentración de nitratos por sitios de estudio.



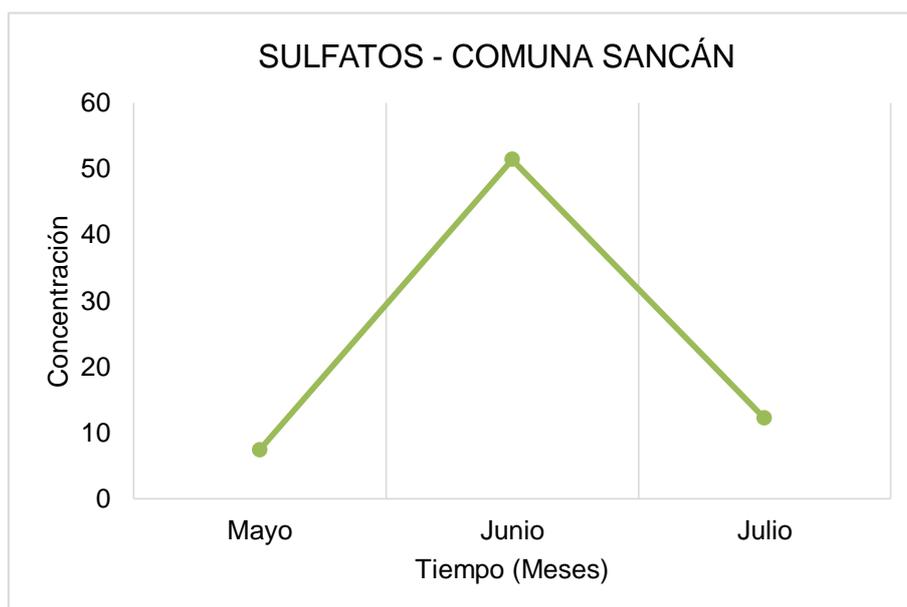
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Temporalidad de sulfatos y nitratos en sitios de estudio

En los siguientes gráficos se hace un análisis de las concentraciones de sulfatos y nitratos para los 4 sitios de estudio, en donde se podrá determinar en qué mes existió mayor emisión de estos contaminantes a la atmósfera.

4.2.2.1. Sulfatos

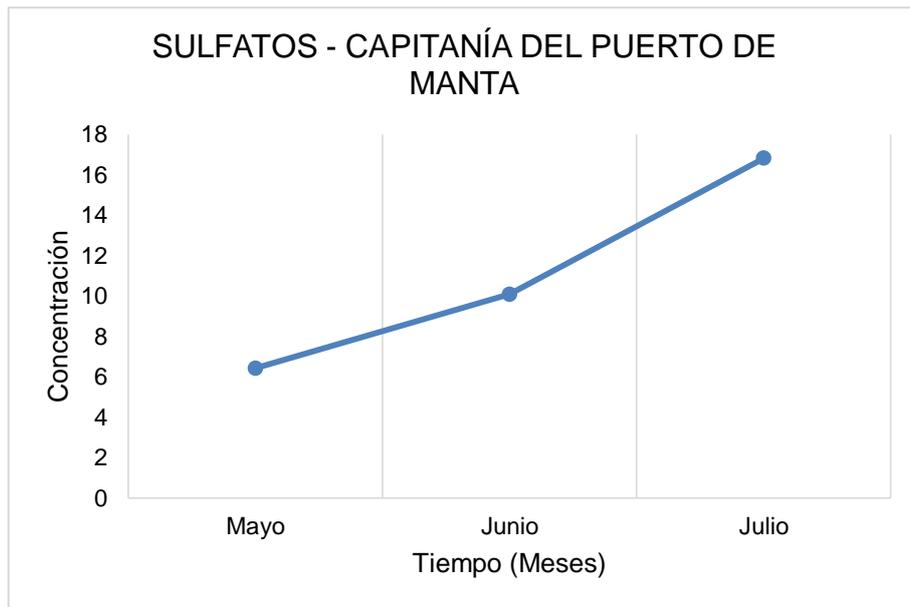
Gráfico 5. Concentración de sulfatos en la Comuna Sancán durante tres meses.



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 5 se puede observar que las concentraciones de la Comuna Sancán se encuentran alternadas, en el mes de mayo y julio se ve que las concentraciones son más bajas de 7,38 mg/L y 12,19 mg/L, a diferencia del mes de junio que es el punto más alto con una concentración de 51,42 mg/L.

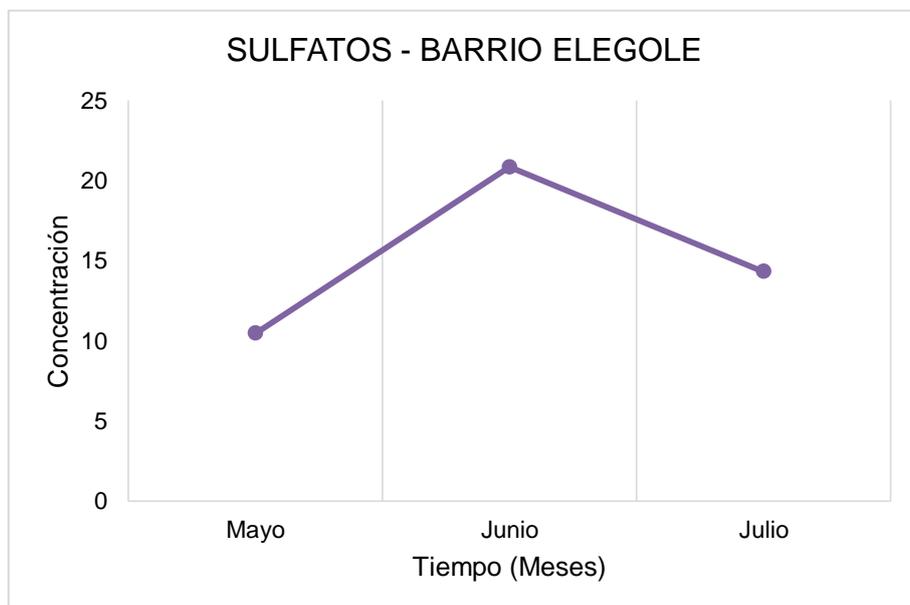
Gráfico 6. Concentración de sulfatos en la Capitanía del Puerto de Manta durante tres meses.



Fuente: Elaboración propia.

El en Gráfico 6 se observar que las concentraciones en la Capitanía del Puerto de Manta van en forma ascendente hasta llegar al punto más alto, pero aun así las concentraciones obtenidas en este sitio no sobrepasan los 20 mg/L a diferencia de los otros sitios de estudio siendo el punto más alto en esta zona de 16,81 mg/L.

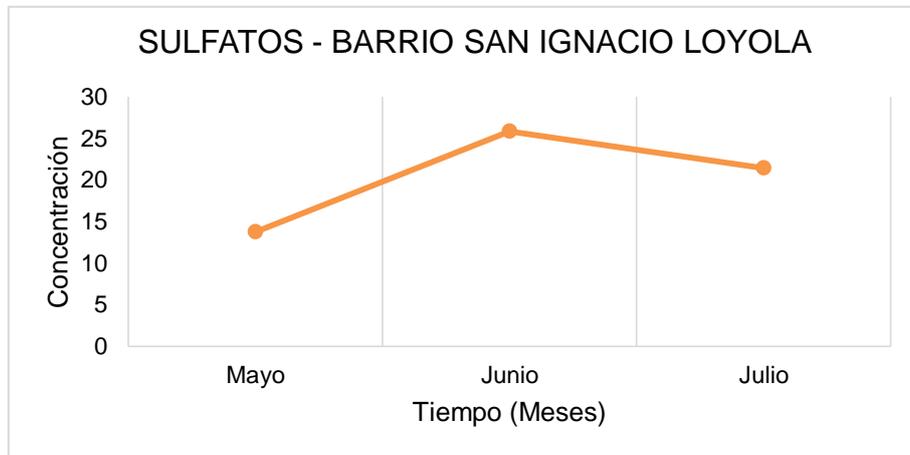
Gráfico 7. Concentración de sulfatos en el Barrio Elegole durante tres meses.



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 7 se pueden observar las concentraciones del Barrio Elegole siendo bajas en los meses de mayo y julio en comparación con el mes de junio que se obtuvo una concentración de 20,85 mg/L siendo el pico más alto durante los meses de estudio.

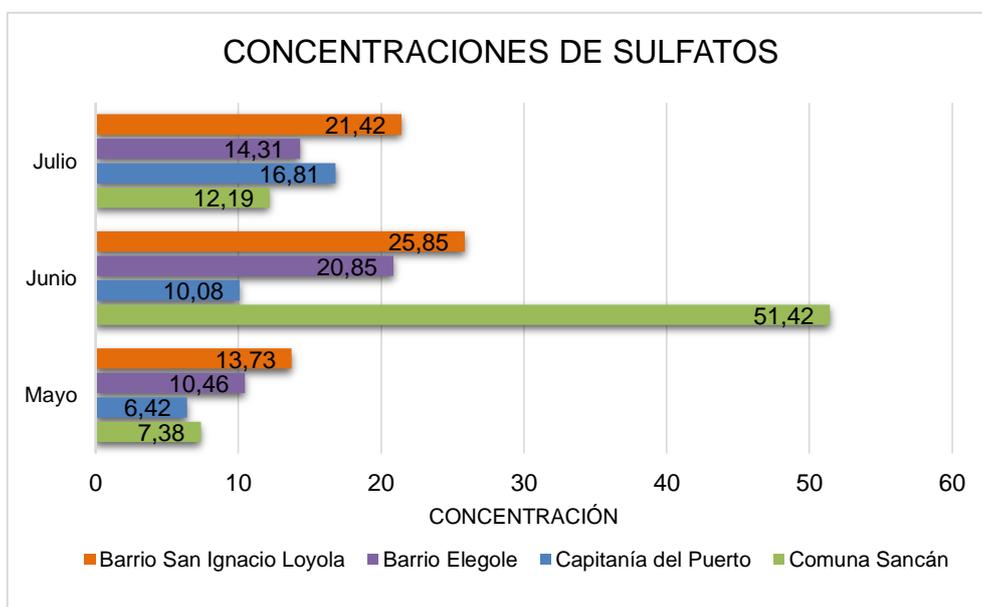
Gráfico 8. Concentración de sulfatos en el Barrio San Ignacio Loyola durante tres meses.



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 8 se puede observar las concentraciones del Barrio San Ignacio Loyola donde se puede ver que la concentración más baja fue de 13,73 mg/L durante el mes de mayo y que fue aumentando la concentración de sulfatos siendo el mes de junio más alto con 25,85 mg/L de iones de sulfato.

Gráfico 9. Concentraciones de sulfatos en los cuatro sitios de estudios.

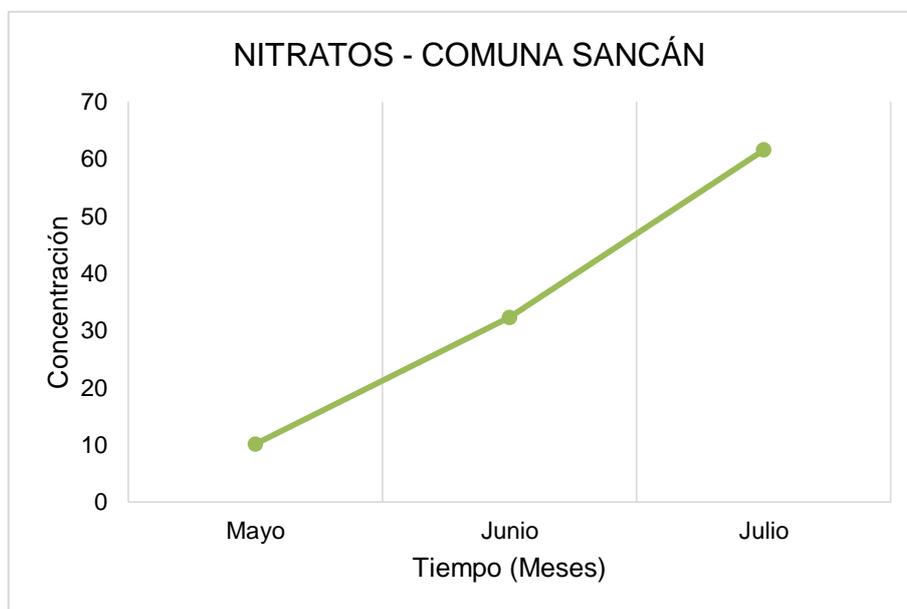


Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 9 se encuentran todos los sitios de muestreo con los meses respectivos, sus incrementos y disminuciones de concentraciones. En el cual se puede ver que las concentraciones más altas se originaron en el mes de junio en los sitios 1, 3 y 4 siendo el punto más alto en la Comuna Sancán con una concentración de 51,42 mg/L a diferencia del mes de mayo que se obtuvieron concentraciones bajas siendo la Capitanía del Puerto de Manta con la menor concentración de 6,42 mg/L. Los factores que influyen para que se llegue a dar estos sucesos de variar concentraciones en meses pueden ser la dirección y velocidad del viento, lluvias.

4.2.2.2. Nitratos

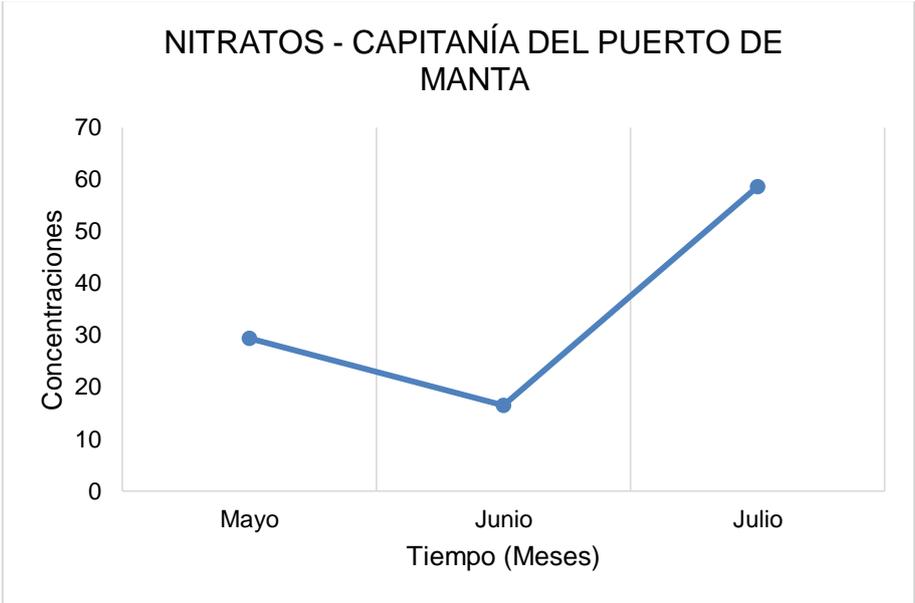
Gráfico 10. Concentración de nitratos en la Comuna Sancán durante tres meses.



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 10 se puede observar las concentraciones de nitratos en la Comuna Sancán que durante los tres meses hubo un incremento de iones nitratos en el mes de junio y julio llegando a una concentración de 61,51 mg/L.

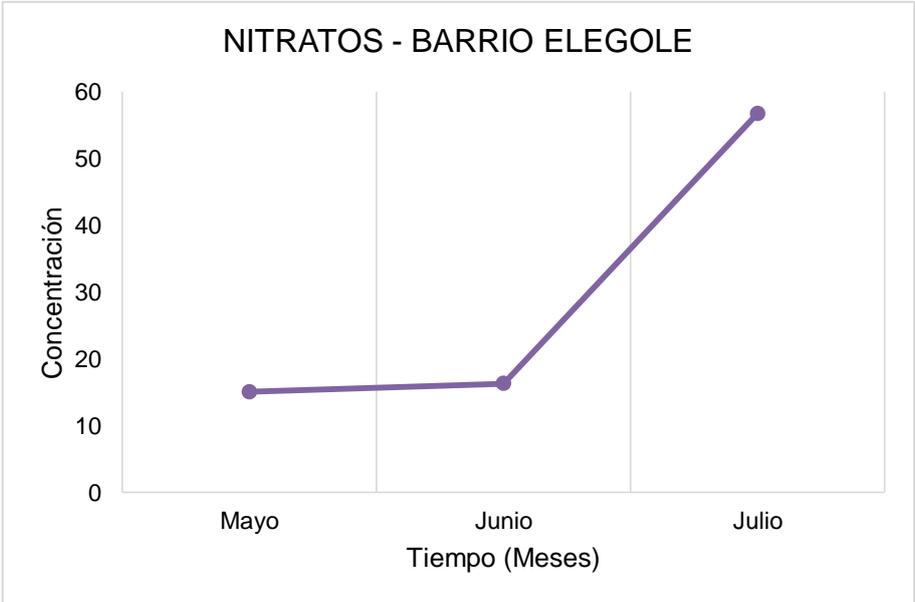
Gráfico 11. Concentración de nitratos en la Capitanía del Puerto de Manta durante tres meses.



Fuente: Elaboración propia

Se observa en el Gráfico 11 que durante los tres meses de estudio en la Capitanía del Puerto de Manta hubo un incremento de iones nitratos en el mes de mayo y julio llegando a una concentración de 58,58 mg/L, tomando en consideración que en el mes de junio existió la concentración más baja de 16,43 mg/L.

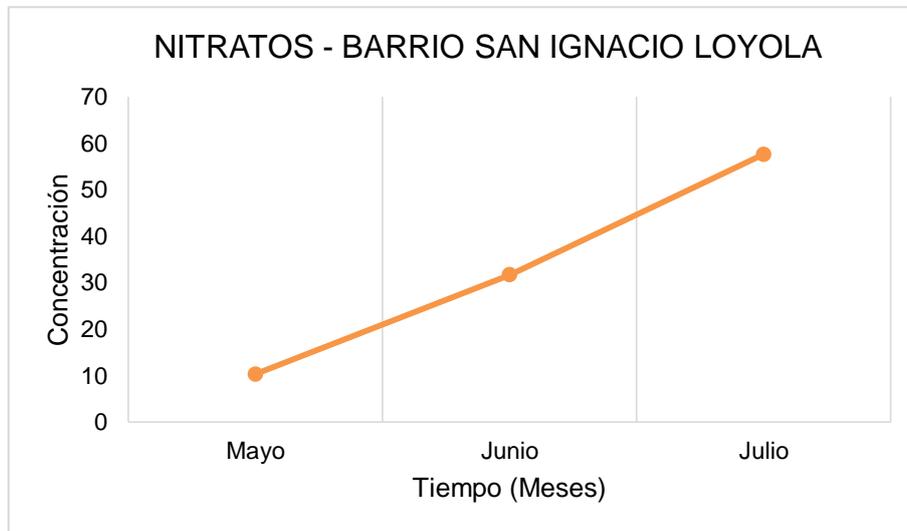
Gráfico 12. Concentración de nitratos en el Barrio Elegole durante tres meses.



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 12 se puede observar que durante los tres meses de estudio en el Barrio Elegole la concentración de nitratos en el mes de mayo y junio no existe una diferencia notable, al contrario del mes de junio con el pico más alto alcanzando una concentración de 56,74 mg/L.

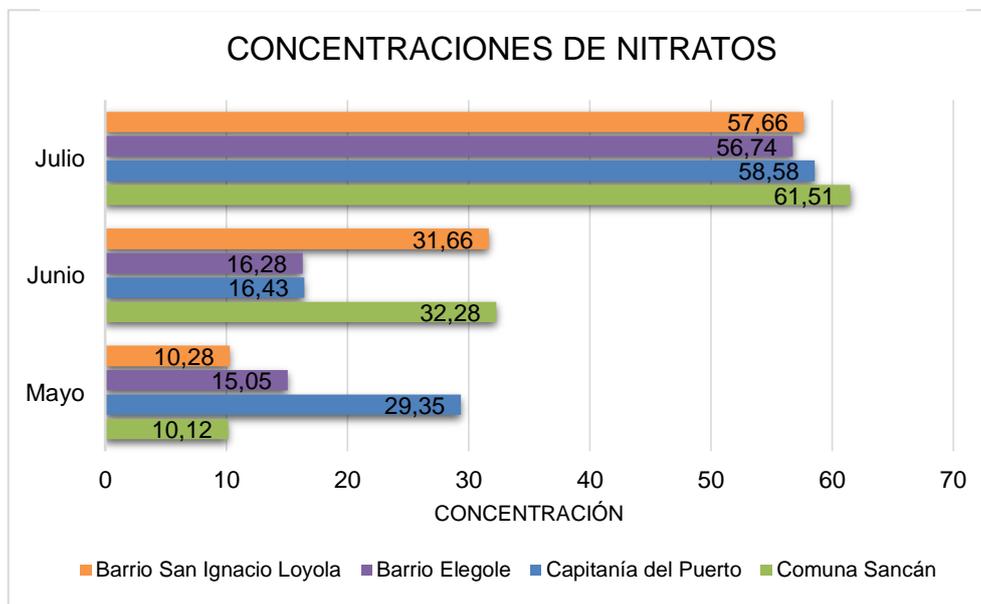
Gráfico 13. Concentración de nitratos en el Barrio San Ignacio Loyola durante tres meses.



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 13 se observa que las concentraciones del Barrio San Ignacio Loyola van en incremento mes inicial, comenzando de una concentración de 10,28 mg/L hasta llegar a una concentración de 57,66 mg/L en el último de estudio.

Gráfico 14. Concentraciones de nitratos en los cuatro sitios de estudios.



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 14 se encuentran todas las concentraciones en nitratos de los sitios de muestreo con los meses respectivos donde se observó que en el mes de julio en todas las zonas de estudio las concentraciones de iones nitratos incrementaron siendo el más alto de 61,51 mg/L en la Comuna Sancán a diferencia del mes de mayo donde en los cuatro sitios tuvieron menor concentración de nitratos siendo el más bajo de 10,12 mg/L y esto puede suceder debido a que puede haber un incremento vehicular durante estos meses y a eso agregarle los factores como la dirección y velocidad del viento que influyen mucho en este estudio.

4.3.DISCUSIÓN

Tabla 15. Parámetros empleados para caracterizar la lluvia ácida.

Parámetro	Limites permisibles	Unidades
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	2,0 – 8,0	mg/L
Nitratos (NO ₃ ⁻)	0,4 – 2,0	mg/L

Fuente: (IDEAM, 2020)

Tabla 16. Datos de concentraciones de los sitios durante el tiempo de estudio.

SITIO	MESES	NO ₃ (mg/L)	SO ₄ (mg/L)
1	1	10,12	7,38
2	1	29,35	6,42
3	1	15,05	10,46
4	1	10,28	13,73
1	2	32,28	51,42
2	2	16,43	10,08
3	2	16,28	20,85
4	2	31,66	25,85
1	3	61,51	12,19
2	3	58,58	16,81
3	3	56,74	14,31
4	3	57,66	21,42

Sitio 1: Comuna Sancán; Sitio 2: Capitanía del Puerto de Manta; Sitio 3: Barrio Elegole; Sitio 4: Barrio San Ignacio Loyola.

En el análisis de la emisión de contaminantes atmosféricos, a través de muestreo se puede determinar que en ciertos sitios existen concentraciones altas y bajas tanto de nitratos como sulfatos, esto se debe al comportamiento del viento donde influye su velocidad y dirección; otro factor que interviene son las lluvias.

El viento influye en los sitios de muestreo al momento de la velocidad, si la velocidad es baja se acumulará mayor concentración de sulfatos y nitratos en ese sitio, por lo tanto, si la velocidad va en aumento las concentraciones se esparcen de manera homogénea por sus alrededores por lo cual se distribuirá en proporciones iguales.

La lluvia influye empujando todas las partículas que se encuentran en el aire hacia el suelo.

La evaluación de las concentraciones obtenidas en el tiempo estimado para el estudio en comparación a los límites permisibles que establece el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) permite determinar que los resultados obtenidos son superiores en nitratos y sulfatos a excepción de los lugares: comuna Sancán y Capitanía del Puerto de Manta; los que presentan en el mes de mayo concentraciones dentro del rango permisible para sulfatos.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión

- En función de los parámetros de trayectoria y velocidad del viento; de las diversas actividades que se desarrollan en el Puerto de Manta que dan origen a la generación de sulfatos y nitratos, de los resultados obtenidos de la investigación se establecieron que los puntos considerados eran los pertinentes.

- Los resultados de las concentraciones de ion sulfato y nitrato obtenidos mediante los muestreadores pasivos ubicados en distintas zonas de la provincia de Manabí entre los meses de mayo a julio dieron un promedio 11,10 mg/L de ion sulfato y determinando que en el mes de mayo fue la de menor concentración siendo esta de 6,42 mg/L y el mes de julio con la más alta concentración de 16,81 mg/L. Para ion nitrato se obtuvo un promedio de 34,79 mg/L, siendo en junio la concentración más baja de 16,43 mg/L y en el mes de julio es donde se obtuvo la concentración más alta siendo esta de 58,58 mg/L.
- Se concluye que, de los 4 sitios de estudio ubicados en la Provincia de Manabí, las concentraciones de sulfatos se encuentran en promedio más bajas a diferencia de los nitratos esto se debe a que en época de lluvia el azufre se encuentra en menor concentración en relación con los nitratos, lo cual se debe a que durante los meses de estudio se presentaron precipitaciones fluviales permitiendo que el nitrógeno se transforme en nitrato.

5.2.Recomendaciones

- El muestreador pasivo es un equipo de costo accesible que permite incrementar la densidad de la malla de muestreo aportando información confiable de los contaminantes de la atmósfera, a diferencia de muestreadores automáticos que tienen costos elevados de instalación y operación.
- Es recomendable el uso de resina de intercambio iónico por las ventajas que presenta en el proceso de lavado, favoreciendo la confiabilidad de los resultados.
- Se recomienda realizar más estudios de muestreo de SO_4 y NO_3 en la Comuna Sancán en otros trabajos de investigación para lograr monitorear con mayor atención esta zona debido a que durante los meses de monitoreo en este estudio para ambas concentraciones se muestran resultados superiores al límite permisible, trayendo consigo impactos negativos a los seres vivos que se encuentran en ellas.

- Es necesario que las autoridades pertinentes tomen acciones que permitan controlar y mitigar las afectaciones al ambiente a causa de las actividades antropogénicas.

BIBLIOGRAFÍA

Ajiaco Parra, A., Barrera Barrera, C., & Ulloa Barón, T. (2 de Enero de 2017). *ustatunja.edu.co*.

ustatunja.edu.co:

<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieur/article/view/1658>

Alcántara, Gustavo. (2008). La definición de salud de la Organización Mundial de la Salud y la interdisciplinariedad. *Redalyc*, 5-6.

Ángel, M. (2018). Contaminación del aire en el medio ambiente por las emisiones de gases tóxicos de empresas industriales en Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 3(7), 8.

Araque, M., & Muñoz, L. (2018). *Fundación Universidad de América*. Desarrollo de una mejora en el proceso de soldadura partiendo del control de las propiedades del Agua Destilada usada como refrigerante para la empresa perfiaceros de Colombia SAS: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6693/1/6121881-2018-1-IQ.pdf>

Asamblea Nacional del Ecuador . (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. 4.

Autoridad Portuaria de Manta. (2014). *Reporte de Evaluación de Impacto Ambiental y Social - Reias*.

Autoridad Portuaria de Manta. (2022). *Boletín de Estadísticas Portuarias*. Manta: República del Ecuador.

Ballester, F. (2005). CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA, CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD. *Revista Española de Salud Pública*, 2.

- Ballester, F., Tenías, J., & Pérez, S. (1999). *EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SOBRE LA SALUD: UNA INTRODUCCIÓN*. Revista Española de Salud Pública: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1135-57271999000200002&script=sci_arttext#tab1
- Baque, A., & Veliz, L. (2020). *VALORACIÓN DE LOS DEPÓSITOS SECOS Y HÚMEDOS DE AZUFRE DEL 2018 - 2019 DEL PUERTO MARÍTIMO DE GUAYAQUIL - PROVINCIA DEL GUAYAS ECUADOR*. Repositorio Ug: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/51093/1/BINGQ-IQ-20P39.pdf>
- Barreiro, I. (2013). *CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA E IMPACTO EN LA SALUD DE HABITANTES DE LA VIA MANTA-ROCAFUERTE, DEBIDO A CONCENTRACIONES DE MP 10, PERIODO ENERO 2012-JUNIO 2013*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí: <http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/4182/1/7%20%20YAZMIN%20YURIDIA%20-%20VANESSA%20ITZEL%20tesis.pdf>
- Benavides, H., & León, G. (Diciembre de 2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM : file:///C:/Users/DELL/Downloads/INFORMACION_TECNICA_SOBRE_GASES_DE_EFECTO.pdf
- Bolaños Alfaro, J. D., Cordero Castro, G., & Segura Araya, G. (8 de Mayo de 2017). *Scielo*. Retrieved 30 de Marzo de 2023, from Scielo: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822017000400015&script=sci_arttext

- Bravo, H., Soto, R., Sosa, R., & Sánchez, P. (Julio de 2003). Efecto de la lluvia ácida en el material constituyente de los monumentos mayas mexicanos. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 2-2. Ingeniería Investigación y Tecnología: <https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/v04n4-02.php>
- Bula, A. (2009). Calentamiento global: verdades y especulaciones. *Dimens. empres.*, VII(2), 33-39. Dialnet: <file:///C:/Users/DELL/Downloads/Dialnet-CalentamientoGlobalVerdadesYESpeculaciones-3990330.pdf>
- Consulsua. (Mayo de 2017). *Estudio de impacto ambiental para la construcción y operación de la terminal internacional del puerto de Manta fase IA-IB*. Terminal Portuario de Manta: <https://tpm.ec/wp-content/uploads/2021/08/EIA-TPM.pdf>
- Cruz, V., & Hernández, Y. (Mayo de 2021). *Censo de contaminación atmosférica generada por fuentes fijas y móviles en la cabecera municipal de Álamo Temapache, Veracruz*. Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, Veracruz: <http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/4182/1/7%20%20YAZMIN%20YURIDIA%20-%20VANESSA%20ITZEL%20tesis.pdf>
- Delgado, P. (2016). *Evaluación de la Calidad del Aire Referente a Emisiones de Gases de Combustión: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂) y Dióxido de Nitrogeno (NO₂) Generados por los Vehículos que transitan en el Sector de Durán*. Repositorio Ug: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/35521/1/Estudio%20del%20caso%20Emisiones%20de%20gases%20tesina%202016%20-07-02.pdf>
- Díaz, J. A. (2002). *Introducción a la Ingeniería Ambiental*. Naucalpan: Alfaomega Grupo Editor.
- EMOV. (2021). *INFORME DE CALIDAD AIRE*. CUENCA: Cuenca Alcaldía.

- Flannery, T. (2011). *La amenaza del cambio climático*. Taurus.
- Garcés, L., & Hernández, M. (2004). La lluvia ácida: un fenómeno fisicoquímico de ocurrencia local. *Revista Lasallista de Investigación*, 6.
- García Lázaro, A. I. (2019). *repositorio.uncp.edu.pe*. *repositorio.uncp.edu.pe*: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4931/Garc%C3%ADa%20L%C3%A1zaro%20.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- García, M., Ramírez, H., Meulenert, Á., García, F., Alcalá, J., Arellano, J., . . . De la Torre, O. (31 de Mayo de 2006). Influencia de los contaminantes SO₂ y NO₂ en la formación de lluvia ácida en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. *e-Gnosis*, 4, 17. Redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/730/73000407.pdf>
- Gilma, F. P., y Zulady, P. P. (16 de Noviembre de 2021). *Google academic*. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/11725/FuentesGilma2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gualpa, R. (SEPTIEMBRE de 2018). *DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE*. REPOSITORIO UG: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40636/1/TESIS%20COMPLETA%20DARIO%20GUALPA.pdf>
- Gutiérrez, A., Ferrero, A., Estarlich, M., Esplugues, A., Iñiguez, C., & Ballester, F. (2018). Exposición ambiental a dióxido de nitrógeno y salud respiratoria a los 2 años en la Cohorte INMA-Valencia. *Scielo*, 3.
- Hidalgo, J. (2015). *ESTIMACIÓN Y PROSPECTIVA DE EMISIONES DE PARTÍCULAS (PM₁₀, PM_{2.5}, CARBONO NEGRO) Y GASES DE EFECTO INVERNADERO, ORIGINADAS EN LA COMBUSTIÓN DOMÉSTICA*. INSTITUTO POLITÉCNICO

NACIONAL: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17835/25-1-16788.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Industria & Química. (Septiembre de 2020). *Revista de la Asociación Química Argentina*, 29-33. ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Rocio-Medina-7/publication/347455766_El_Fitobioma_y_sus_Interacciones_con_los_Componentes_del_Sistema_Inmune_de_las_Plantas/links/603d0ace299bf1e0784ce797/El-Fitobioma-y-sus-Interacciones-con-los-Componentes-del-Sistem

INEC. (2022). *INEC*. Ecuador en cifras: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>

Ministerio del Ambiente. (2010). *Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Libro-Resumen-Inventario-13-02-2014-prensa.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2010). *PLAN NACIONAL DE LA CALIDAD DE AIRE*. Ministerio del Ambiente: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

Moreira , Á. (2018). Contaminación del aire en el medio ambiente por las emisiones de gases tóxicos de empresas industriales en Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 3(7), 8.

Ojeda, R. (Abril de 2019). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN MISANTLA POR EFECTO DE PM10 T PM2.5*. INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA : <http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/5196/1/TIA%2027%20EVALUACI%c3%93N%20DE%20LA%20CALIDAD%20DEL%20AIRE%20EN%20MISANTLA%20POR%20EFECTOS%20DE%20PM%20Y%20PM.pdf>

- Palacios , E., & Espinoza, C. (2014). Contaminación del aire exterior. Cuenca - Ecuador. 2009-2013. Posibles efectos en la salud . *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca*, 5.
- Pérez, D. (2018). Estudio De Emisiones Contaminantes Utilizando Combustibles Locales. *INNOVA Research Journal*, 2(23-24), 12.
- Pérez, L. (Mayo de 2013). *Diagnóstico y monitoreo de la calidad del aire en los predios de la Universidad Central del Ecuador*. Dspace: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6072/1/T-UCE-0008-P004.pdf>
- Pin, J. (2015). *SIMULACIÓN DE SENSORES ATMOSFÉRICOS MEDIANTE LA PLATAFORMA DE LABVIEW SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE CONTAMINANTES GASEOSOS EN EL SECTOR NOROESTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Repositorio Ug: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6984/1/Trabajo%20de%20Titulaci%3%b3n%20Simulaci%3%b3n%20de%20Sensores%20atmosfericos%20mediante%20la%20plataforma%20de%20Labview%20sobre%20el%20comportamiento%20de%20co~1.pdf>
- Querol, X. (2018). *La calidad del aire en las ciudades*. Madrid, España: Fundación Gas Natural Fenosa. <https://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>
- Querol, X. (2019). Calidad del aire urbano en Europa: retos científicos y de política ambiental . *Revista de Salud Ambiental* , 1.
- Quevedo Pinos, O. (09 de Noviembre de 2015). *researchgate*. https://www.researchgate.net/profile/Olga-Pinos/publication/312339210_Afectaciones_referenciales_del_SO2_en_el_ecosistem

a_de_manglar_del_Puerto_de_Guayaquil/links/590e80cea6fdccad7b10e037/Afectaciones-referenciales-del-SO2-en-el-ecosistema-de-manglar-del-

Renfigo, H. (2008). *Conceptualización de la salud ambiental: teoría y práctica*. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000400010

Rina Fernández, N. (2005). *Google academic*. <https://www.uflo.edu.ar/files/varios/volumen4/trabajo%204/TRABAJO.pdf>

Romero, M., Olite, F., & Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1561-30032006000200008

Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW - HILL. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n._Rutas_cuantitativa__cualitativa_y_mixta-libre.pdf?1601784484=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_LAS_RUTA.pdf&Expires=

Sampieri, R. H. (2010). *Metodología de la investigación*. <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>

Singler, A., & Bauder, J. (2012). *GoogleAcademic*. Retrieved 30 de Marzo de 2023, from GoogleAcademic: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf

ANEXOS

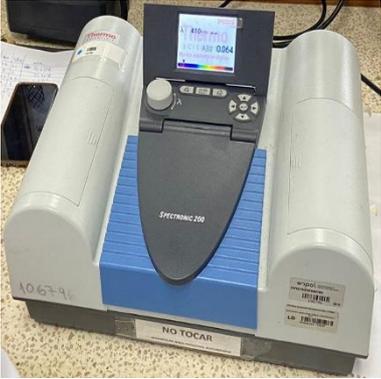
Anexo 1. Abreviaturas

AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente
GEI	Gases de efecto invernadero
OMS	Organización Mundial de la Salud
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
SO₂	Dióxido de azufre
NO₂	Dióxido de Nitrógeno
O₃	Ozono
CO	Monóxido de carbono
pH	Potencial de Hidrogeno
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia

Anexo 2. Unidades

µg/m³	Microgramos por metro cúbico
µm	Micrómetros
Kg/ha año	Kilogramos por hectárea por año
mg/L	Miligramos por litros
cm	Centímetros
g	Gramo
mg	Miligramos
L	Litro
ml	Mililitro
m/s	Metros por segundo
nm	Nanómetros

Anexo 3. Equipos utilizados

EQUIPO	MARCA
<p data-bbox="373 461 616 495">Espectrofotómetro</p>  <p>The image shows a Thermo Scientific Spectronic 200 spectrophotometer. It is a benchtop instrument with a blue and grey color scheme. It features a digital display on the front panel showing '0.00' and '084'. The brand name 'SPECTRONIC 200' is visible on the front. There are two large cylindrical components on either side of the main body, likely for sample compartments. A 'NO TOCAR' (Do Not Touch) warning is printed on the front panel.</p>	<p data-bbox="979 651 1216 685">Thermo Scientific</p>
<p data-bbox="357 949 632 983">Balanza de precisión</p>  <p>The image shows a KERN KB precision scale. It is a compact, white and grey device with a flat weighing pan on top. The front panel features a digital display showing '0.00 g' and several control buttons. The brand name 'KERN' is visible on the front.</p>	<p data-bbox="1038 1160 1158 1193">KERN_{KB}</p>
<p data-bbox="363 1476 625 1509">Agitador magnético</p>  <p>The image shows an HSD180 magnetic stirrer. It is a white and blue device with a flat weighing pan on top. The front panel has a digital display showing '0000' and a large rotary knob for speed control. The brand name 'HSD' is visible on the front.</p>	<p data-bbox="1038 1677 1158 1711">HSD180</p>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Flujos totales anual de sulfatos y nitratos en los sitios de muestreo.

Tabla 17. Flujos de azufre y nitrógeno en kg ha-1 año-1 obtenidos en los sitios de muestreo.

Provincia de Manabí			
Mes	Sitios	NOx	SOx
Mayo	1	0,37	1,08
	2	1,08	0,94
	3	0,55	1,54
	4	0,38	2,01
Junio	1	1,18	7,54
	2	0,60	1,48
	3	0,60	3,06
	4	1,16	3,79
Julio	1	2,26	1,79
	2	2,15	2,47
	3	2,08	2,10
	4	2,12	3,14

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Precipitaciones, temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento mensuales en Manta de mayo – julio 2023.

Mayo - Manta

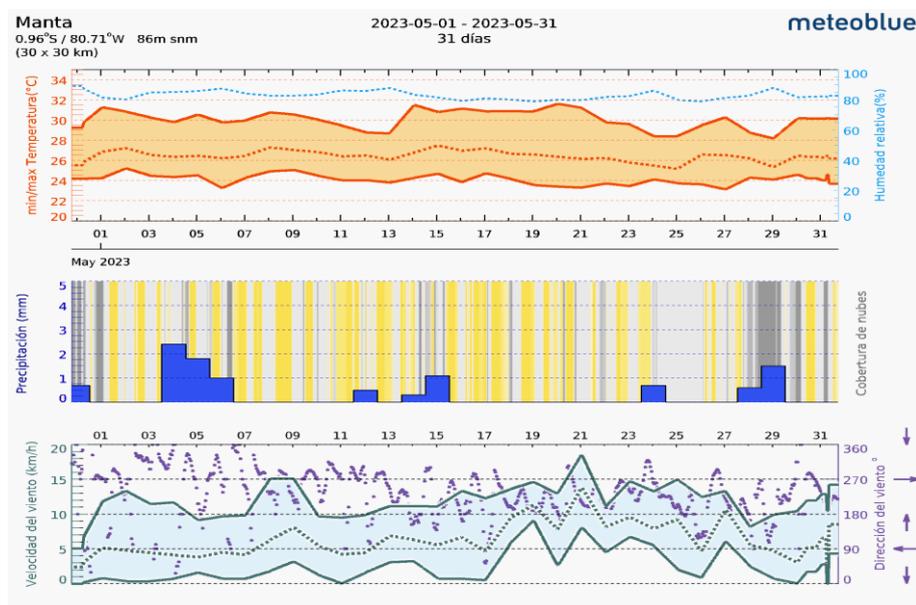


Figura 11. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de mayo en Manta.

Junio - Manta

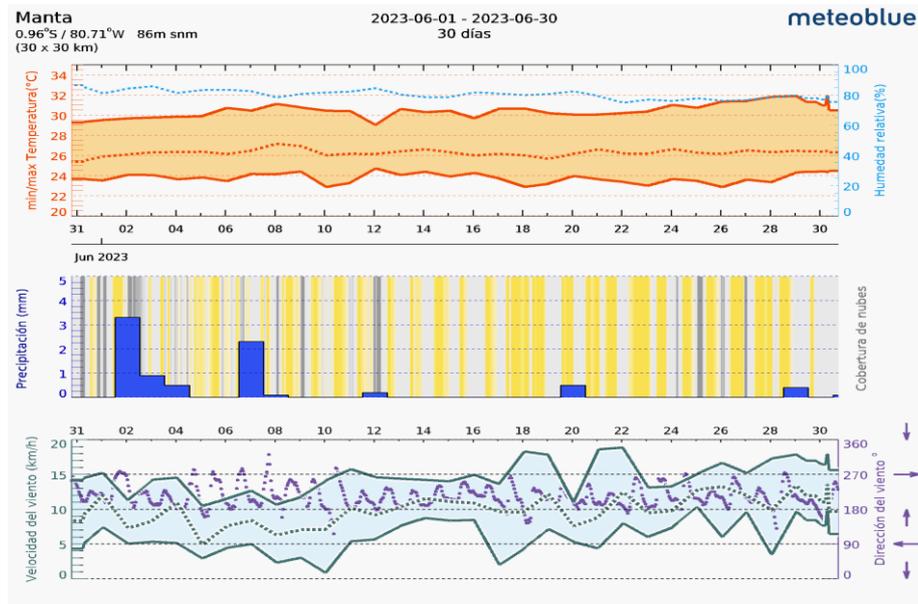


Figura 12. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de junio en Manta.

Julio - Manta

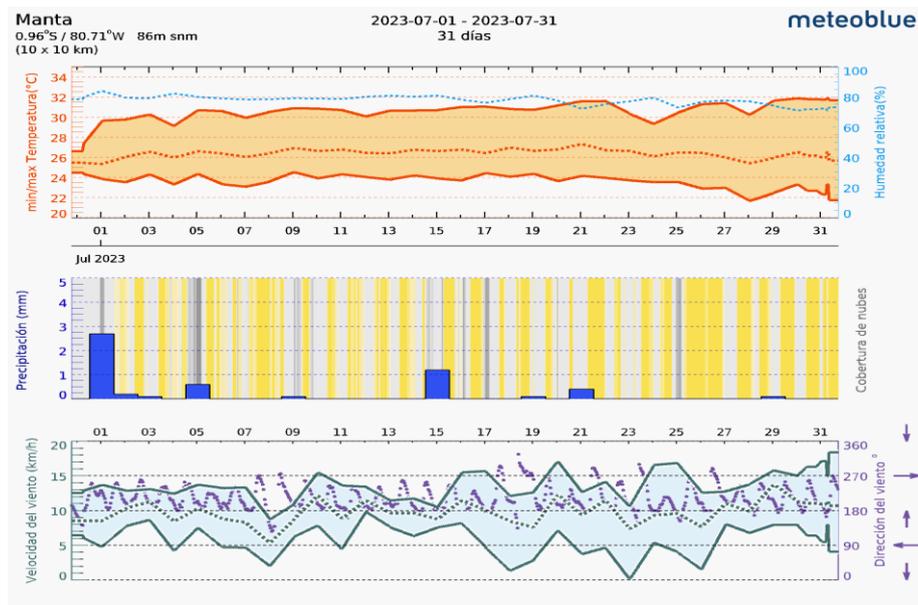


Figura 13. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de julio en Manta.

Mayo – Comuna Sancán

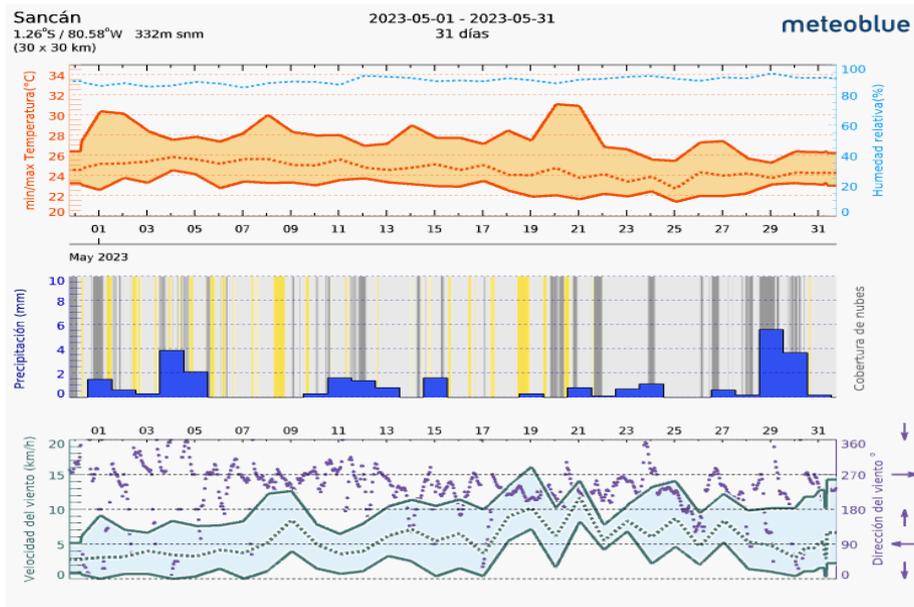


Figura 14. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de mayo en Sancán.

Junio – Comuna Sancán

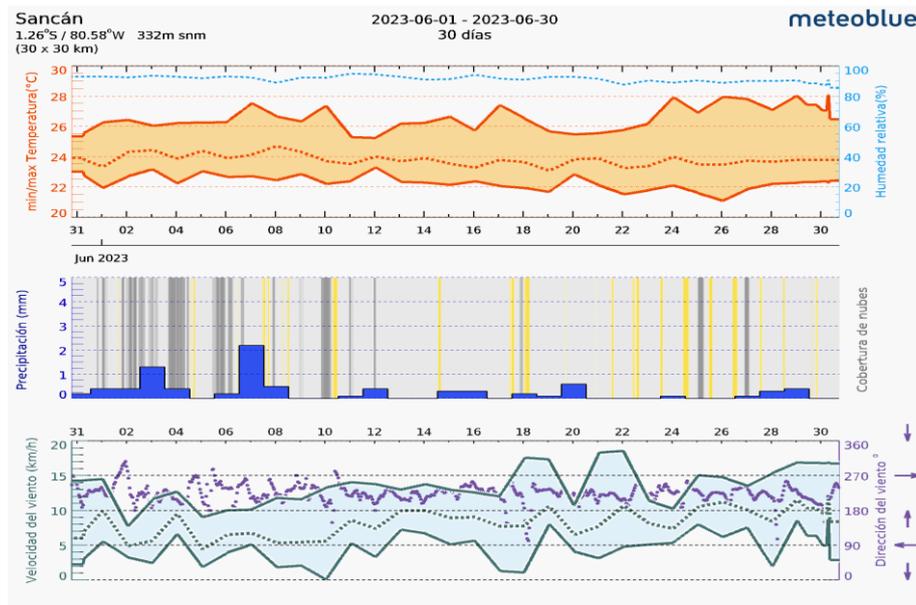


Figura 15. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de junio en Sancán.

Julio – Comuna Sancán

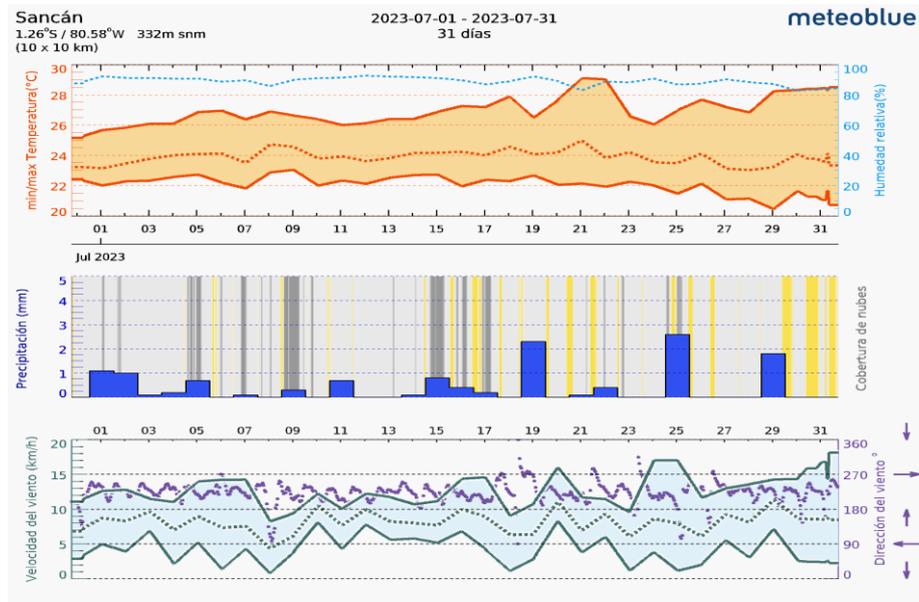


Figura 16. Temperaturas, precipitaciones y velocidad de viento del mes de julio en Sancán.

Anexo 6. Armado de los muestreadores pasivos.



Ilustración 1. Resina que permite el intercambio iónico.



Ilustración 2. Llenado de los muestreadores con la resina.



Ilustración 3. Colocación de lana de vidrio en los muestreadores.



Ilustración 4. Muestreadores listos para ensamble final.

Anexo 7. Salidas de campo a las zonas de estudio



Ilustración 5. Ubicación del muestreador en la Comuna Sancán.



Ilustración 6. Ubicación del muestreador en la Capitanía del Puerto de Manta.



Ilustración 7. Ubicación del muestreador en el Barrio Elegole.



Ilustración 8. Ubicación del muestreador en el Barrio San Ignacio Loyola

Anexo 8. Lavado de muestreadores de sulfatos y nitratos en el laboratorio de la ESPOL.

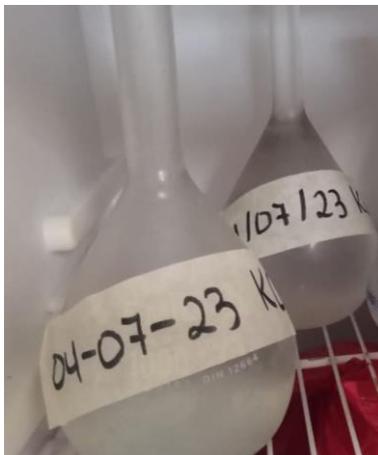


Ilustración 9. Solución de KCl para sulfatos.



Ilustración 10. Lavado de muestreadores con solución KCl para sulfatos.



Ilustración 11. Lavado de muestreadores con agua destilada para nitratos.

Anexo 9. Lecturas de las concentraciones de sulfatos y nitratos en el laboratorio de la ESPOL.



Ilustración 12. Incorporación del reactivo acondicionador y cloruro de bario a las muestras de sulfato.



Ilustración 13. Soluciones de ácido sulfúrico, cloruro de sodio y brucina.

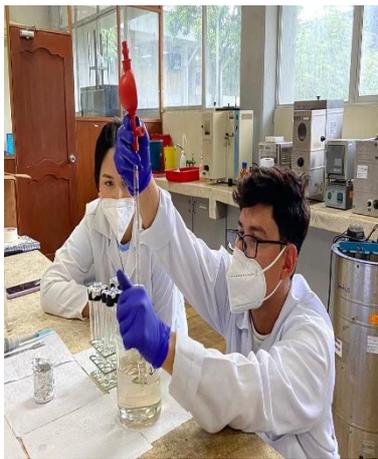


Ilustración 14. Incorporación de las soluciones de cloruro de sodio, ácido sulfúrico y brucina para las muestras de nitrato.

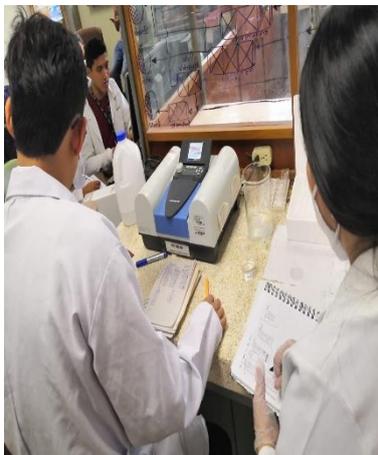


Ilustración 15. Estudio de espectrofotometría.

Anexo 10. Normativas Técnicas Mexicanas.

Norma Técnica Mexicana para sulfatos.



NORMA MEXICANA

NMX-AA-074-SCFI-2014

**ANÁLISIS DE AGUA – MEDICIÓN DEL ION SULFATO EN
AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES
TRATADAS – MÉTODO DE PRUEBA - (CANCELA A LA
NMX-AA-074-1981).**

**WATER ANALYSIS – MEASUREMENT OF SULFATE ION IN
NATURAL WATERS, WASTEWATERS AND TREATED
WASTEWATERS – TEST METHOD**



División de Ciencias Básicas e Ingeniería
Depto. de Ciencias Básicas
Área de Química

- UNIVERSIDAD DEL NORESTE, A.C.
UNELAB - Centro Multidisciplinario de Servicios Ambientales y de Alimentos

- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Química
Instituto de Ingeniería



ÍNDICE DEL CONTENIDO

Número del capítulo		Página
0	INTRODUCCIÓN	1
1	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1
2	PRINCIPIO O FUNDAMENTO	1
3	REFERENCIAS	2
4	DEFINICIONES	2
5	EQUIPOS Y MATERIALES	2
6	REACTIVOS Y PATRONES	3
7	RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS	4
8	CONTROL DE CALIDAD	4
9	CURVA DE CALIBRACIÓN	5
10	PROCEDIMIENTO	5
11	CÁLCULOS	6
12	INTERFERENCIAS	6
13	VIGENCIA	7
14	BIBLIOGRAFÍA	7
15	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	8



NORMA MEXICANA

NMX-AA-074-SCFI-2014

ANÁLISIS DE AGUA – MEDICIÓN DEL IÓN SULFATO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS – MÉTODO DE PRUEBA - (CANCELA A LA NMX-AA-074-1981).

WATER ANALYSIS – MEASUREMENT OF SULFATE ION IN NATURAL WATERS, WASTEWATERS AND TREATED WASTEWATERS – TEST METHOD

0 INTRODUCCIÓN

Los sulfatos (SO_4^{2-}) están ampliamente distribuidos en la naturaleza y pueden estar presentes en aguas naturales, en concentraciones que varían desde pocos hasta miles de miligramos por litro, los desechos del drenaje de minas pueden contribuir con grandes cantidades de iones sulfatos (SO_4^{2-}) a través de la oxidación de pirita.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana es de aplicación nacional y establece el método turbidimétrico para la medición del ión sulfato en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.

Este método es aplicable en el intervalo de concentraciones de 1 mg/L a 40 mg/L de SO_4^{2-} .

2 PRINCIPIO O FUNDAMENTO

2.1 El ion sulfato precipita con cloruro de bario, en un medio ácido, formando cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme. La

La Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía aprobó la presente norma, cuya declaratoria de vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el: 13 de enero de 2014



concentración de masa del ion sulfato se mide por comparación de la lectura con una curva de calibración analítica.

3 REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de esta norma mexicana se deben consultar las siguientes normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

- NMX-AA-089/1-SCFI-2010 Protección al ambiente - Calidad del agua - Vocabulario - Parte 1 (Cancela a la NMX-AA-089-1-1986). Declaratoria de vigencia publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 03 de marzo de 2011.
- NMX-AA-089/2-SCFI-2010 Protección al ambiente - Calidad del agua - Vocabulario - Parte 2. (Cancela a la NMX-AA-089/2-1992). Declaratoria de vigencia publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 29 de agosto de 2013.
- NMX-AA-115-SCFI-2001 Análisis de agua - Criterios generales para el control de la calidad de resultados analíticos. Declaratoria de vigencia publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 17 de abril de 2001.

4 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma mexicana, aplican los términos y definiciones contenidos en las normas mexicanas NMX-AA-089/1-SCFI-2010 y NMX-AA-089/2-SCFI-2010, (véase 3 Referencias).

5 EQUIPOS Y MATERIALES

Sólo se mencionan los equipos y materiales que son de relevancia para el presente método.

5.1 Equipo



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

- 5.1.1** Agitador magnético de velocidad de agitación constante, de tal modo que no ocurran salpicaduras y con imanes de forma y tamaños idénticos.
- 5.1.2** Nefelómetro.
- 5.1.3** Espectrofotómetro, para utilizarse a 420 nm, y equipado con celdas de 1 cm o mayor de paso óptico de luz.
- 5.1.4** Fotómetro de filtro, equipado con filtro violeta que tenga una transmitancia máxima cercana a 420 nm y que suministre un paso de luz de 4 a 5 cm.
- 5.1.5** Balanza analítica con precisión de 0,1 mg
- 5.1.6** Cronómetro
- 5.2** Materiales

Todo el material volumétrico utilizado en este procedimiento debe ser clase A con certificado y/o verificado.

- 5.2.1** Cucharilla medidora.

6 REACTIVOS Y PATRONES

Todos los productos químicos usados en este método deben ser grado reactivo analítico, a menos que se indique otro grado.

Agua, con las siguientes características: Conductividad máxima 5,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 $^{\circ}\text{C}$ y pH de 5,0 a pH 8,0.

- 6.1** Disoluciones buffer
 - 6.1.1** Disolución buffer A. Disolver 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 de potasio (KNO_3) o 0,84 g de nitrato de sodio (NaNO_3) y 20 mL de ácido acético (99 %) (CH_3COOH), en 500 mL de agua destilada y llevar al aforo a 1 000 mL.
 - 6.1.2** Disolución buffer B. (Esta disolución es requerida cuando las muestras de sulfatos tienen concentraciones menores a 10 mg/L

SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

de SO_4^{2-}). Disolver 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 de potasio (KNO_3) o 0,84 g de nitrato de sodio (NaNO_3), 0,111 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y 20 mL de ácido acético (99 %) (CH_3COOH), en 500 mL de agua destilada y llevar al aforo a 1 000 mL.

- 6.2** Cloruro de bario ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en cristales de 20 a 30 mallas (o de tamaño de partículas similar, de manera que se pueda medir de 0,2 g a 0,3 g de forma uniforme utilizando una cucharilla medidora).
- 6.3** Disolución de referencia de concentración de masa de ion sulfato de $\gamma(\text{SO}_4^{2-}) = 100 \text{ mg/L}$ de SO_4^{2-} . Preparada como se describe en 6.3.1, ó en 6.3.2.
- 6.3.1** Disolver en agua 147,9 mg de sulfato de sodio anhidro y llevar al aforo a 1 000 mL. Este estándar puede adquirirse comercialmente.
- 6.3.2** Medir 10,4 mL de disolución de referencia valorada de ácido sulfúrico 0,0100 mol/L y llevar a un volumen de 100 mL con agua.

7 RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

- 7.1** Tomar la muestra en frascos de plástico o de vidrio.
- 7.2** Tomar un volumen mínimo de 200 mL.
- 7.3** Todas las muestras deben refrigerarse a una temperatura de $4 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta su análisis.
- 7.4** Conservando la muestra en refrigeración puede mantenerse hasta 28 días.

8 CONTROL DE CALIDAD

- 8.1** Cada laboratorio que utilice este método debe operar un programa de control de calidad en referencia a la norma mexicana NMX-AA-115-SCFI-2001, (véase 3 Referencias).



9 CURVA DE CALIBRACIÓN

- 9.1** Empleando la disolución de referencia de concentración de masa de $\gamma(\text{SO}_4^{2-}) = 100 \text{ mg/L}$ de SO_4^{2-} , preparar las disoluciones de calibración, según requiera, dentro del intervalo de concentración de masa de 0 mg/L a 40 mg/L de SO_4^{2-} .

Arriba de 40 mg/L, decrece la exactitud del método y pierden estabilidad las suspensiones de sulfato de bario.

Seguir el procedimiento que se describe para las muestras para el desarrollo de la turbiedad véase capítulo 10. Incluir un blanco de reactivo.

- 9.2** Para curva de calibración con intervalo de concentración de masa de 0 mg/L a 40 mg/L de SO_4^{2-} , utilizar celdas de paso óptico de luz de 1 cm o mayor.
- 9.3** Construir una curva de calibración con un mínimo de 5 puntos además del blanco, dentro del intervalo de 0 mg/L a 40 mg/L de SO_4^{2-} .

10 PROCEDIMIENTO

- 10.1** Formación de turbiedad de sulfato de bario.
- 10.1.1** Transferir a un matraz Erlenmeyer de 250 mL una muestra de 100 mL, o una porción conveniente llevada al aforo con agua a 100 mL. Añadir 20 mL del reactivo buffer A (véase 6.1.1) o B (véase 6.1.2) según sea el caso y mezclar en el aparato agitador.
- 10.1.2** Mientras la disolución se está agitando, añadir el contenido de una cucharilla (véase 5.2.1) llena de cristales de cloruro de bario (véase 6.2) y empezar a medir el tiempo inmediatamente. Agitar durante un minuto a una velocidad constante (véase nota 1).

NOTA 1: La velocidad exacta de agitación no es crítica, pero debe ser constante para cada corrida de muestras y de patrones, y debe ajustarse a casi el máximo al cual no ocurran salpicaduras.



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

10.1.3 Una vez concluida la agitación vaciar a la celda y medir la turbiedad en unidades de absorbancia o nefelométricas después de 5 min \pm 0,5 min. Leer la absorbancia de las muestras y las disoluciones de referencia a 420 nm en una celda de 1 cm o mayor de longitud de paso óptico de luz.

10.1.4 Corrección por el color o turbiedad de la muestra.

Correr un blanco de muestra sin agregar cloruro de bario y restarlo a la muestra que contiene color y/o turbiedad.

11 CÁLCULOS

11.1 Si se usó la disolución buffer A, calcular la concentración de la muestra directamente.

11.2 Si se usó la disolución buffer B, se debe restar la concentración del blanco, de la concentración de la muestra, esto debido a que la curva de calibración no es una línea recta y por lo tanto no es equivalente a restar la absorbancia del blanco a la absorbancia de la muestra.

11.3 Calcular la concentración de masa de $\gamma(\text{SO}_4^{2-})$ expresada en mg/L de SO_4^{2-} , utilizando la siguiente ecuación:

$$\gamma(\text{SO}_4^{2-}) = [\alpha(\lambda) - a] / b$$

Donde:

b es la pendiente;
 a es la ordenada al origen;
 $\alpha(\lambda)$ es la absorbancia del ion sulfato a la longitud de onda λ , y
 $\gamma(\text{SO}_4^{2-})$ es la concentración de masa del ion sulfato expresada en mg/L de SO_4^{2-} .

Multiplicar por el factor de dilución cuando aplique.

12 INTERFERENCIAS



SECRETARÍA DE
ECONOMÍA

- 12.1** En este método, interfieren la materia en suspensión en grandes cantidades y el color. La materia suspendida puede eliminarse parcialmente por filtración. Si ambos interferentes producen lecturas pequeñas en comparación con la de la concentración del ion sulfato, la interferencia se corrige según 10.1.4. La sílice en concentración de masa de 500 mg/L y la materia orgánica en concentraciones altas, también interfieren, imposibilitando la precipitación satisfactoria del sulfato de bario.

En aguas potables, no existen otros iones además del sulfato, que formen compuestos insolubles con bario, bajo condiciones fuertemente ácidas.

13 VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor 120 días naturales después de la publicación de la declaratoria de vigencia en el **Diario Oficial de la Federación**.

14 BIBLIOGRAFÍA

- NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida. Declaratoria de vigencia publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 27 de noviembre de 2002.
- NMX-AA-003-1980 Aguas residuales - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 25 de marzo de 1980.
- NMX-AA-014-1980 Cuerpos receptores - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 5 de septiembre de 1980.
- NMX-AA-116-SCFI-2001 Análisis de agua - Guía de solicitud para la presentación de métodos alternos. Declaratoria de vigencia publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 17 de abril de 2001.
- Method 4500-SO₄²⁻ E, "Turbidimetric Method", Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, America Public Health Association, Washington,



DC 20001-3710, 22st Edition , 2012, pp. 4-190
a pp. 4-191.

15 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no coincide con la Norma Internacional ISO 22743:2006 Water quality - Determination of sulfates — Method by continuous flow analysis (CFA), no es posible concordar con el concepto internacional por las razones siguientes:

La Norma Internacional establece el método de inyección de flujo continuo y la mayoría de los laboratorios no cuentan con ese tipo de equipos por el alto costo. Este tema será materia de otra norma.

México D. F., a 13 de enero de 2015

EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

ALBERTO ULISES ESTEBAN MARINA

Norma Técnica Mexicana para nitratos.

NMX-AA-079-SCFI-2001

CDU: 614.7:656.11:543.062
CANCELA A LA
NMX-AA-079-1986



ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-079-1986)

WATERS ANALYSIS - DETERMINATION OF NITRATE IN NATURAL, DRINKING, WASTEWATERS AND WASTEWATERS TREATED - TEST METHOD

0 INTRODUCCIÓN

El nitrato es una de las formas de nitrógeno de mayor interés en las aguas naturales, residuales y residuales tratadas, se presenta generalmente a nivel de trazas en el agua de superficie, pero puede alcanzar niveles elevados en las subterráneas.

El nitrato se encuentra sólo en pequeñas cantidades en las aguas residuales domésticas, pero en el diluyente de las plantas de tratamiento biológico desnitrificante, el nitrato puede encontrarse en concentraciones de hasta 30 mg de nitrato como N/L. El nitrato es un nutriente esencial para muchos autótrofos fotosintéticos, y en algunos casos ha sido identificado como el determinante del crecimiento de estos.

Una concentración alta de nitratos es indicio de una etapa mayor de mineralización de los compuestos nitrogenados. En las aguas de algunos pozos suele encontrarse cantidades apreciables de nitratos, lo que es objetable desde el punto de vista sanitario.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece dos métodos de prueba para la determinación de nitratos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.



2 PRINCIPIO DEL MÉTODO

2.1 Método de reducción con cadmio cuperizado

El nitrato (NO_3^-) siempre se reduce cuantitativamente a nitrito (NO_2^-) en presencia de cadmio (Cd). Este método emplea gránulos de cadmio, disponible comercialmente, tratado con sulfato de cobre (CuSO_4) y empacado en columna de vidrio.

El nitrito producido se determina entonces por diazotización de la Sulfanilamida acoplada con dihidrocloruro de N-(1-naftil) etilendiamina para formar un azo compuesto altamente colorido que se mide espectrofotométricamente o colorimétricamente.

Para determinar la presencia de nitritos en la muestra y realizar las correcciones necesarias se puede hacer un análisis sin el paso de reducción.

Este método es aplicable en el intervalo de concentraciones entre 0,01 mg de $\text{N-NO}_3/\text{L}$ a 1,0 mg de $\text{N-NO}_3/\text{L}$. El método se recomienda especialmente para niveles de nitrato por debajo de 0,1 mg N/L, donde otros métodos carecen de la sensibilidad adecuada.

2.2 Método de sulfato de brucina

La brucina es un complejo que reacciona con los nitratos bajo condiciones ácidas y temperatura elevada para producir un complejo de color amarillo. Generalmente las muestras deben ser diluidas para obtener una concentración de nitrógeno de nitratos en el intervalo de concentraciones de 0,1 mg/L a 1,0 mg/L. La intensidad del color desarrollado es función del tiempo y la temperatura; ambos factores deben ser cuidadosamente controlados.

3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma mexicana se establecen las siguientes definiciones:

3.1 Aguas naturales

Se define como agua natural el agua cruda, subterránea, de lluvia, de tormenta, residual y superficial.

3.2 Aguas residuales



Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas.

3.3 Análisis de blanco analítico

Es el someter una alícuota de agua reactivo a todo el proceso de análisis por el cual pasa una muestra real. Los laboratorios deben realizar los análisis de blancos para corregir la señal de fondo del sistema de medición. El análisis de blancos se realizará en forma periódica o con cada lote de muestras según lo requiera el método.

3.4 Bitácora

Cuaderno de laboratorio debidamente foliado e identificado, en el cual los analistas anotan todos los datos de los procedimientos que siguen en el análisis de una muestra, así como todas las informaciones pertinentes y relevantes a su trabajo en el laboratorio. Es a partir de dichas bitácoras que los inspectores pueden reconstruir el proceso de análisis de una muestra tiempo después de que se llevó a cabo.

3.5 Blanco

Agua reactivo o matriz equivalente a la que no se le aplica ninguna parte del procedimiento analítico y sirve para evaluar la señal de fondo.

3.6 Blanco analítico o de reactivos

Agua reactivo o matriz equivalente que no contiene, por adición deliberada, la presencia de ningún analito o sustancia por determinar, pero que contiene los mismos disolventes, reactivos y se somete al mismo procedimiento analítico que la muestra problema.

3.7 Calibración

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones, efectuando una corrección del instrumento de medición para llevarlo a las condiciones iniciales de funcionamiento.

3.8 Descarga

Resultado de la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.



3.9 Desviación estándar experimental

Para una serie de n mediciones del mismo mensurando, es la magnitud s que caracteriza la dispersión de los resultados, dado por la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

En donde x_i es el resultado de la i -ésima medición y \bar{x} es la media aritmética de los n resultados considerados.

3.10 Disolución estándar

Disolución de concentración conocida preparada a partir de un patrón primario.

3.11 Disolución madre

Corresponde a la disolución de máxima concentración en un análisis. Es a partir de esta disolución que se preparan las disoluciones de trabajo.

3.12 Exactitud

Proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

3.13 Límite de cuantificación del método (LCM)

Es la menor concentración de un analito o sustancia en una muestra que puede ser cuantificada con precisión y exactitud aceptables bajo las condiciones de en que se lleva a cabo el método.

3.14 Límite de detección del método (LDM)

Es la mínima concentración de un analito o sustancia en una muestra, la cual puede ser detectada pero no necesariamente cuantificada bajo las condiciones de en que se lleva a cabo el método.

3.15 Material de referencia



Material o sustancia en el cual uno o mas valores de sus propiedades son suficientemente homogéneas y bien definidas, para ser utilizadas para la calibración de aparatos, la evaluación de un método de medición, o para asignar valores a los materiales.

3.16 Material de referencia certificado

Material de referencia, acompañado de un certificado, en el cual uno o más valores de las propiedades están certificados por un procedimiento que establece la trazabilidad a una realización exacta de la unidad en la cual se expresan los valores de la propiedad, y en el que cada valor certificado se acompaña de una incertidumbre con un nivel declarado de confianza.

3.17 Medición

Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.

3.18 Mensurando

Magnitud particular sujeta a medición.

3.19 Muestra compuesta

La que resulta de mezclar un número de muestras simples. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

3.20 Muestra simple

La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente él o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento de muestreo.

3.21 Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.

3.22 Muestra compuesta

La que resulta de mezclar un número de muestras simples. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

3.23 Muestra simple

La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente él o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento de muestreo.

3.24 Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.

3.25 Patrón primario

Patrón que es designado o reconocido ampliamente como un patrón que tiene las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor es aceptado sin referencia a otros patrones de la misma magnitud.

3.26 Patrón secundario

Patrón cuyo valor es establecido por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

3.27 Patrón de referencia

Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado, o en una organización determinada del cual se derivan las mediciones realizadas en dicho lugar.

3.28 Patrón de trabajo

Patrón que es usado rutinariamente para calibrar o controlar las medidas materializadas, instrumentos de medición o los materiales de referencia.

3.29 Precisión

Es el grado de concordancia entre resultados analíticos individuales cuando el procedimiento analítico se aplica repetidamente a diferentes alícuotas o porciones de una muestra homogénea. Usualmente se expresa en términos del intervalo de confianza o incertidumbre:

$$x = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

donde:



- \bar{x} es la media calculada a partir de un mínimo de tres mediciones independientes;
- $t_{\alpha/2}$ es el valor de la t de Student para un nivel de significancia del 95 %;
- s es la desviación estándar de la muestra;
- n es el número de réplicas, y
- x es el resultado que incluye el intervalo de confianza.

3.30 Trazabilidad

Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

3.31 Verificación de la calibración

Una verificación periódica de que no han cambiado las condiciones del instrumento en una forma significativa.

4 EQUIPOS Y MATERIALES

Sólo se mencionan los equipos y materiales que son de relevancia para el presente método.

4.1 Equipo

Generales.

- 4.1.1 Equipo colorimétrico. Se requiere uno de los siguientes equipos:
- 4.1.1.1 Espectrofotómetro. Disponible para utilizarse de 190 nm a 900 nm y equipado con celdas de 5 cm y/o 1 cm de paso óptico de luz.
- 4.1.1.2 Fotómetro equipado con un filtro que tenga transmitancia máxima cercana a 540 nm (reducción con cadmio cuperizado) y 410 nm (sulfato de brucina).
- 4.1.2 Balanza analítica con precisión de 0,1 mg
- Método de reducción con cadmio cuperizado.

- 4.1.3 Columna de reducción. Adquirir la columna o construirla (ver figura 1) a partir de una pipeta volumétrica de 100 mL, eliminando la porción superior. La columna se puede construir también a partir de 2 piezas acopladas de tubos de vidrio: Acoplar un tubo de vidrio de 3 mm de diámetro interior (di) y 10 cm de longitud a otro de 3,5 mm di y 25 cm de longitud. Añadir una llave de teflón para controlar la velocidad del flujo.

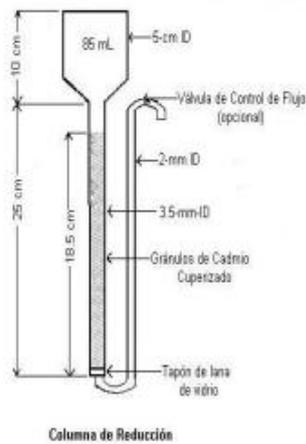


FIGURA 1.- Columna de reducción

- Método de sulfato de brucina.
- 4.1.4 Baño de agua con agitación para mantener temperatura de ebullición del agua.
- 4.2 Materiales

Todo el material volumétrico utilizado en este procedimiento debe ser clase A con certificado o en su caso debe estar calibrado.

5 REACTIVOS Y PATRONES

5.1 Reactivos

Generales. Todos los productos químicos usados en este método deben ser grado reactivo analítico, a menos que se indique otro grado.

Agua. Debe entenderse agua que cumpla con las siguientes características: a) Resistividad, megohm-cm a 25°C: 0,2 min; b) Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C: 5,0 Máx. y c) pH: 5,0 a 8,0.

- Método de reducción con cadmio cuperizado

- 5.1.1 Gránulos de cadmio cuperizado. Lavar 25,0 g de gránulos malla 40 a 60 de cadmio (ver inciso 5.1.18) con ácido clorhídrico (6 N) (ver inciso 5.1.17) y enjuagarlos con agua. Colocar el cadmio en 100 mL de la disolución de sulfato de cobre (ver inciso 5.1.22) agitar durante 5 min o hasta que palidezca parcialmente el color azul. Decantar y repetir la operación con sulfato de cobre fresco hasta iniciar el desarrollo de un precipitado coloidal de color café. Limpiar generosamente a chorro de agua y retirar todo el cobre precipitado.
- 5.1.2 Ácido clorhídrico concentrado (HCl)
- 5.1.3 Ácido fosfórico (H_3PO_4)
- 5.1.4 Sulfanilamida ($4\text{-(H}_2\text{N)C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$)
- 5.1.5 N-(1-naftil) etilendiamina dihidroclorada
- 5.1.6 Cloruro de amonio (NH_4Cl)
- 5.1.7 Sal sódica del ácido etilendiamintetracético (EDTA)
- 5.1.8 Hidróxido de amonio concentrado (NH_3OH)
- 5.1.9 Sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- 5.1.10 Oxalato de sodio anhidro ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$)
- 5.1.11 Permanganato de potasio (KMnO_4)
- 5.1.12 Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)

- 5.1.13 Nitrato de potasio (KNO_3)
- 5.1.14 Cloroformo (CHCl_3)
- 5.1.15 Nitrito de sodio (NaNO_2)
- 5.1.16 Hidróxido de sodio (NaOH)
- 5.1.17 Ácido clorhídrico 6 N (HCl)
- 5.1.18 Gránulos de cadmio metálico malla 40 a 60
- 5.1.19 Reactivo de color. Pesar aproximadamente y con precisión 10,0 g de sulfanilamidamida (ver inciso 5.1.4) y añadirla a 800 mL de agua adicionando 100 mL de ácido fosfórico (ver inciso 5.1.3). Después de disolver completamente la sulfanilamidamida, pesar aproximadamente y con precisión 1,0 g de N-(1-naftil) etilendiamina dihidroclorada (ver inciso 5.1.5) y adicionarla, mezclar hasta disolver y aforar a 1 L con agua. La disolución es estable hasta por un mes cuando se almacena en un frasco oscuro y en refrigeración.
- 5.1.20 Disolución de EDTA en buffer amonio/amoniaco: Pesar aproximadamente y con precisión 13,0 g de cloruro de amonio (ver inciso 5.1.6) y 1,7 g de EDTA (ver inciso 5.1.7) y diluir en 900 mL de agua. Ajustar el pH a 8,5 con hidróxido de amonio concentrado (ver inciso 5.1.8) y aforar a 1 L.
- 5.1.21 Disolución diluida de EDTA en buffer de amonio/amoniaco: Tomar una alícuota de 300 mL de la disolución de EDTA en buffer amonio/amoniaco (ver inciso 5.1.20) y aforar a 500 mL con agua.
- 5.1.22 Disolución de sulfato de cobre al 2 %: Pesar aproximadamente 20,0 g de sulfato de cobre pentahidratado (ver inciso 5.1.9), disolver en 500 mL de agua y aforar a 1 L.
- Método de sulfato de brucina
- 5.1.23 Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4)
- 5.1.24 Arsenito de sodio (NaAsO_2)
- 5.1.25 Ácido clorhídrico (HCl).
- 5.1.26 Ácido sulfanílico ($\text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$)
- 5.1.27 Cloruro de sodio (NaCl)

- 5.1.28 Sulfato de brucina $[(C_{23}H_{26}N_2O_4)_2 H_2SO_4 \cdot 7H_2O]$
- 5.1.29 Disolución de ácido sulfúrico: Añadir 500 mL de ácido sulfúrico concentrado a 125 mL de agua. Enfriar a temperatura ambiente. Mantener el frasco bien tapado para evitar la adsorción de humedad atmosférica.
- 5.1.30 Disolución de arsenito de sodio: Pesar aproximadamente pero con precisión 5 g de arsenito de sodio y llevar a 1 L con agua.
- 5.1.31 Disolución de cloruro de sodio: Pesar aproximadamente pero con precisión 300 g de cloruro de sodio. Disolver y aforar a 1 L con agua.
- 5.1.32 Disolución de brucina-ácido sulfanílico. Disolver 1,0 g de sulfato de brucina y 0,1 g de ácido sulfanílico en aproximadamente 70 mL de agua caliente. Añadir 3,0 mL de ácido clorhídrico concentrado, enfriar y aforar a 100 mL. Esta solución es estable durante varios meses. El color rosa que desarrolla lentamente no afecta la utilidad de la disolución. Almacenar en botella oscura y en refrigeración.
- 5.2 Patrones
 - Método de reducción con cadmio cuperizado
 - 5.2.1 Disolución de oxalato de sodio (0,05 N). Pesar aproximadamente y con precisión 3,350 g de oxalato de sodio, disolver en agua y aforar a 1 L.
 - 5.2.2 Disolución de permanganato de potasio (0,05 N): Pesar aproximadamente y con precisión 1,60 g de permanganato de potasio (ver inciso 5.1.11) disolver y aforar a 1 L con agua. Guardar en un frasco ámbar y dejarlo reposar por una semana. Sin agitar decantar el sobrenadante con mucho cuidado evitando el paso de cualquier sedimento. Valorar la disolución cada vez que se utilice.
 - 5.2.2.1 Valoración de la disolución de permanganato de potasio (ver inciso 5.2.2): Pesar con aproximaciones de 0,1 mg varias muestras de 100 a 200 mg de oxalato de sodio anhidro (ver inciso 5.1.10). Colocar las muestras en matraces Erlenmeyer de 500 mL, adicionar a cada una 100 mL de agua y agitar para disolver. Agregar 10 mL de ácido sulfúrico (1:1) y calentar en seguida a 80°C - 92°C. Inmediatamente titular con la disolución madre de permanganato de potasio (ver inciso 5.2.2) a ser valorada, hasta llegar a un color rosa tenue que persista hasta 1 min. La temperatura no debe ser menor de 85°C. Si es necesario durante la titulación mantenga con calentamiento el matraz a titular; 100 mg consumen alrededor de 6 mL de disolución madre de permanganato de potasio. Llevar un blanco de agua y

ácido sulfúrico.

$$\text{Molaridad de } KMnO_4 = \frac{gNa_2C_2O_4}{(A - B) \times 0.33505}$$

donde:

- A son los mL consumidos por muestra;
B son los mL consumidos por el blanco, y
Normalidad de $KMnO_4 = 5 \times$ Molaridad de $KMnO_4$

- 5.2.3 Disolución madre de nitratos ($100 \mu\text{g/mL}$ de $N\text{-NO}_3^-$): Secar aproximadamente 1 g de nitrato de potasio (ver inciso 5.1.13) en una estufa a 105°C por 24 h. Pesar aproximadamente y con precisión 0,7218 g de nitrato de potasio diluir en agua y aforar a 1 L, $1,00 \text{ mL} = 100 \mu\text{g}$ $N\text{-NO}_3^-$. Después de valorar, preservar la disolución con 2 mL de cloroformo (ver inciso 5.1.14), la disolución es estable al menos por 6 meses. Almacenar en una botella color ámbar y en refrigeración.
- 5.2.4 Disolución estándar intermedia de nitratos ($10,0 \mu\text{g/mL}$ de $N\text{-NO}_3^-$): Tomar una alícuota de 100 mL de la disolución madre de nitratos (ver inciso 5.2.3) y aforar a 1 L, con agua; $1,00 \text{ mL} = 10,0 \mu\text{g}$ $N\text{-NO}_3^-$. Preservar la disolución con 2 mL de cloroformo, la disolución es estable por 6 meses.
- 5.2.5 Disolución madre de nitritos. Pesar aproximadamente y con precisión 1,232 g de nitrito de sodio (ver inciso 5.1.15) diluir en agua y aforar a 1 L; $1,00 \text{ mL} = 250 \mu\text{g}$ de $N\text{-NO}_2^-$, preservar con 1 mL de cloroformo.
- 5.2.5.1 Valoración de la disolución madre de nitritos. Agregar en este orden las siguientes alícuotas: 50,0 mL de disolución de permanganato de potasio (0,05 N) estandarizado (ver inciso 5.2.2), 5,0 mL de ácido sulfúrico concentrado (ver inciso 5.1.12) y 50,0 mL de la disolución madre de nitritos (ver inciso 5.2.5) Para adicionar la disolución madre de nitritos, sumergir la punta de la pipeta, debajo de la superficie de la disolución de permanganato de potasio y ácido sulfúrico y adicionar la disolución madre de nitritos. Agitar suavemente y calentar a $70^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}$ en una parrilla. Eliminar el color del permanganato de potasio con las adiciones necesarias de alícuotas de 10 mL de la disolución de oxalato de sodio anhidro (0,05 N) (ver inciso 5.2.1). Valorar el exceso de oxalato de sodio anhidro con permanganato de potasio (0,05 N) identificando el punto final con la presencia de un color rosa opaco. Llevar un blanco durante todo el proceso.

- Cálculos de N-NO_2^- contenidos en la disolución patrón de nitritos.

$$A = \frac{[(B \times C) - (D \times E)] \times 7}{F}$$

donde:

- A son los mg N-NO_2^- / mL en la disolución madre de nitrito de sodio;
- B son los mL totales usados de permanganato de potasio;
- C es la normalidad del permanganato de potasio estandarizado;
- D son los mL totales adicionados del estándar reductor (oxalato de sodio);
- E es la normalidad del estándar reductor (oxalato de sodio), y
- F son los mL de la disolución madre de nitrito de sodio (50 mL).

- 5.2.6 Disolución estándar intermedia de nitritos. Para preparar la disolución estándar intermedia de nitritos, calcular el volumen G de la disolución madre de nitritos requerida para la disolución estándar intermedia de nitritos, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$G = \frac{12,5}{A}$$

Tomar una alícuota del volumen calculado en G (aproximadamente 50,0 mL) y aforar a 250 mL con agua. 1,00 mL = 50,0 μg N. Preparar diariamente.

- 5.2.7 Disolución estándar de trabajo de nitritos I. Tomar una alícuota con pipeta volumétrica de 10 mL de la disolución estándar intermedia de nitritos (ver inciso 5.2.6) y aforar a 1 L; 1,00 mL = 0,500 μg de N. Preparar diariamente.
- 5.2.8 Disolución estándar de trabajo de nitritos II. Tomar una alícuota de 50 mL con pipeta volumétrica de disolución estándar intermedia de nitritos (ver inciso 5.2.6) y aforar a 500 mL con agua libre de nitrato; 1 mL = 5 μg N-NO_2^-
- Método de sulfato de brucina
- 5.2.9 Disolución madre de nitratos (100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ de N-NO_3^-). Secar

aproximadamente 1 g de nitrato de potasio (ver inciso 5.1.13) en una estufa a 105°C por 24 h. Pesar aproximadamente y con precisión 0,7218 g de Nitrato de Potasio diluir en agua y aforar a 1 L, 1,00 mL = 100 µg N-NO₃⁻. Preservar la disolución con 2 mL de cloroformo, la disolución es estable al menos por 6 meses.

- 5.2.10 Disolución estándar intermedia de nitratos (1,0 µg/mL de N-NO₃⁻). Tomar una alícuota de 10 mL de la disolución madre de nitratos (ver inciso 5.2.3) y aforar a 1 L, con agua; 1,00 mL = 1,0 µg N-NO₃⁻. Preservar la disolución con 2 mL de cloroformo, la disolución es estable por 6 meses.

6 RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

- 6.1 Recolectar 500 mL de muestra en frascos de vidrio o polietileno.
- 6.2 Si la muestra presenta turbiedad, filtrarlas a través de un filtro de 0,45µm.
- 6.3 Los análisis deben realizarse lo más pronto posible. Se puede almacenar hasta por 48 h a 4°C. Para un periodo mayor, preservar con 2 mL de ácido sulfúrico/L y almacenar a 4°C. Sin embargo cuando la muestra es preservada con ácido, no es posible determinar nitritos y nitratos individualmente.

7 CONTROL DE CALIDAD

- 7.1 Cada laboratorio que utilice este método debe operar un programa de control de calidad (CC) formal.
- 7.2 El laboratorio debe mantener los siguientes registros:
- Los nombres y títulos de los analistas que ejecutaron los análisis y el encargado de control de calidad que verificó los análisis, y
 - Las bitácoras manuscritas del analista y del equipo en los que se contengan los siguientes datos:
 - a) Identificación de la muestra;
 - b) Fecha del análisis;
 - c) Procedimiento cronológico utilizado;
 - d) Cantidad de muestra utilizada;
 - e) Número de muestras de control de calidad analizadas;
 - f) Trazabilidad de las calibraciones de los instrumentos de medición;



- g) Evidencia de la aceptación o rechazo de los resultados, y
- h) Además el laboratorio debe mantener la información original reportada por los equipos en disquetes o en otros respaldos de información.

De tal forma que permita a un evaluador externo reconstruir cada determinación mediante el seguimiento de la información desde la recepción de la muestra hasta el resultado final.

- 7.3 Cada vez que se adquiera nuevo material volumétrico debe de realizarse la verificación de la calibración de éste tomando una muestra representativa del lote adquirido.

8 CALIBRACIÓN

Todos los datos de calibración deben quedar asentados en la bitácora.

- 8.1 Calibración del espectrofotómetro:
 - 8.1.1 Encender el espectrofotómetro y estabilizarlo de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
 - Método de reducción con cadmio cuperizado
- 8.2 Empleando la disolución estándar intermedia de N-NO_3^- , preparar las disoluciones de trabajo en el intervalo de concentraciones de 0,05 mg $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ a 1 mg $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$. Medir 0,5 mL, 1,0 mL, 2,0 mL, 5,0 mL y 10,0 mL y aforar a 100 mL en matraces volumétricos
 - 8.2.1 Transferir una alícuota de cada disolución de trabajo en la celda de 1 cm y medir su absorbancia a 543 nm.
 - 8.2.2 Efectuar la reducción de los estándares exactamente como se describe para muestras (ver inciso 9.1). Comparar al menos un estándar de nitritos con un estándar de nitratos reducido a la misma concentración para verificar la eficiencia de la columna de reducción.
 - 8.2.3 Desarrollo de color: Seguir el mismo procedimiento que las muestras (ver inciso 9.4).
 - Método de sulfato de brucina

- 8.3 Empleando la disolución estándar intermedia de N-NO_3^- , preparar las disoluciones de trabajo en el intervalo de 0,01 a 1,0 mg $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$. Medir 1,0, 2,0, 4,0, 7,0 y 10,0 mL y llevar a 10 mL.
- 8.3.1 Desarrollo de color. Seguir el mismo procedimiento que las muestras (ver inciso 9.2).
- 8.3.2 Transferir una alícuota de cada estándar en la celda de 1,0 cm y medir su absorbancia a 410 nm.
- 8.4 Verificación de la calibración de la balanza analítica.

9 PROCEDIMIENTO

- 9.1 Método de reducción con cadmio cuperizado
 - 9.1.1 Preparación de la columna de reducción. Insertar un tapón de lana de vidrio o algodón en la base de la columna de reducción y llenar con agua. Añadir suficientes gránulos de cadmio cuperizado (ver inciso 5.1.1) para empacar una columna de 18,5 cm. Mantener el nivel de agua por encima de los gránulos de cadmio cuperizado para evitar burbujas de aire. Lavar la columna con 200 mL de disolución EDTA en buffer amonio/amoniaco (ver inciso 5.1.19). Activar la columna haciéndole pasar, a velocidad de 7 a 10 mL/min, 100 mL o más de una disolución compuesta por 25% de estándar de 1,0 mg de $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ y 75% de disolución de EDTA en buffer amonio/amoniaco.
 - 9.1.2 Ajuste de pH de las muestras. Si es necesario ajustar el pH de las muestras entre 7 y 9, con ácido clorhídrico o hidróxido de sodio. Esto asegura un pH de 8,5 después de añadir la disolución de EDTA en buffer amonio/amoniaco.
 - 9.1.3 Reducción de la muestra: Medir con pipeta volumétrica la alícuota de la muestra (25 ml) o menor según sea requerido y llevar a 100 ml con la disolución EDTA en buffer amonio/amoniaco. Vertir la muestra mezclada en la columna (ajustar el flujo a una velocidad de 7 mL/min a 10 mL/min) y colectarla, descartando los primeros 25 mL. Colectar el resto en el matraz de muestra original. No es necesario lavar la columna entre muestras, sino cuando las columnas no son reutilizadas durante varias horas, vertir 50 mL de disolución diluida de EDTA en buffer amonio/amoniaco por la parte superior y dejarla pasar a través del sistema. Almacenar la columna de cadmio cuperizado en esta disolución y no permitir que se seque.

9.1.4 Medición y desarrollo del color. Tan pronto como sea posible y no más de 15 min. después de la reducción, añadir 2,0 mL de reactivo de color (ver inciso 5.1.19) a una alícuota de la muestra reducida de 50,0 mL y mezclar. Después de 10 min y antes de 2 h. Medir la absorbancia a 543 nm contra un blanco de reactivos

NOTA.- Si la concentración de NO_3^- excede el intervalo de la curva (aproximadamente 1 mg N- NO_3^-/L), usar el sobrante de muestra reducida para hacer una dilución apropiada y analizar nuevamente.

9.1.5 Reactivar los gránulos cadmio cuperizado como se indica en el inciso 5.1.1 cuando la eficiencia de reducción está por debajo del 75 % aproximadamente.

9.2 Método de sulfato de brucina

9.2.1 Si la muestra contiene cloro residual libre, remover por adición de una gota (0,05mL) de disolución de arsenito de sodio por cada 0,10 mg de cloro y mezclar.

9.2.2 Filtrar la muestra para remover turbiedad.

9.2.3 Transferir una alícuota de 10 mL de muestra o una alícuota diluida a 10 mL, al tubo de reacción.

9.2.4 Colocar en la gradilla los tubos de reacción necesarios incluyendo un tubo para el testigo y patrones.

9.2.5 Colocar la gradilla en un baño de agua fría y añadir 2,0 mL de la disolución de cloruro de sodio a cada tubo. Mezclar y añadir 10,0 mL de disolución de ácido sulfúrico (ver inciso 5.1.29). Mezclar y enfriar.

9.2.6 Si se desarrolla color o turbiedad sacar los tubos y leer los testigos de muestra contra el testigo de reactivos a 410 nm.

9.2.7 Colocar la gradilla en el baño de agua fría y añadir 0,5 mL del reactivo brucina - ácido sulfanílico (ver inciso 5.1.32) Mezclar y colocar la gradilla en el baño de agua en ebullición manteniendo la temperatura de ebullición. Después de 20 min exactamente sacar los tubos y sumergirlos en agua fría.

9.2.8 A temperatura ambiente, leer los patrones y muestras contra el testigo de reactivo a 410 nm.

10 CÁLCULOS

- 10.1 Método de reducción con cadmio cuperizado
- 10.1.1 Obtener una curva de calibración graficando la absorbancia contra la concentración de N-NO_3^- de los estándares. Calcular las concentraciones de la muestra directamente de la curva de calibración. Reportar como miligramos de N por litro (la suma de N-NO_3^- más N-NO_2^-) a menos que la concentración de N-NO_2^- se determine y reste separadamente.
- 10.1.2 Hacer una gráfica con los valores de la curva de calibración y asegurarse de obtener el coeficiente de correlación aceptable.
- 10.1.3 Calcular la concentración de la muestra por medio de la ecuación de la recta obtenida de la curva de calibración representada por la siguiente ecuación:

$$Y = mX + b$$

donde:

- m es la pendiente;
b es la ordenada al origen;
Y es la absorbancia, y
X es la concentración ($\text{mg N-NO}_3^-/\text{L}$).

- 10.1.4 Reportar $\text{mg N-NO}_3^-/\text{L}$ con la precisión correspondiente.
- 10.2 Método de sulfato de brucina
- 10.2.1 Obtener una curva de calibración graficando la absorbancia contra la concentración de N-NO_3^- de los estándares. Calcular las concentraciones de la muestra directamente de la curva de calibración. Reportar como miligramos de N por L (la suma de N-NO_3^- más N-NO_2^-) a menos que la concentración de N-NO_2^- se determine y reste separadamente.
- 10.2.2 Hacer una gráfica con los valores de la curva de calibración y asegurarse de obtener el coeficiente de correlación aceptable.
- 10.2.3 Reportar $\text{mg N-NO}_3^-/\text{L}$ con la precisión correspondiente.

11 INTERFERENCIAS

- 11.1 La materia suspendida en la columna restringirá el flujo de la muestra. Para muestras turbias, seguir el procedimiento indicado en el inciso 6.2.
- 11.2 La eficiencia en la reducción se ve afectada por la presencia de hierro, cobre u otros metales.
- 11.3 Las grasas y aceites cubrirán la superficie del cadmio. Es posible eliminarlas por pre-extracción con un disolvente orgánico (por ej. hexano).
- 11.4 El cloro residual puede interferir al oxidar la columna de cadmio, reduciendo su eficiencia. Verificar las muestras para cloro residual.
- 11.5 Todos los agentes fuertemente oxidantes o reductores, y altas concentraciones de materia orgánica interfieren.
- 11.6 El efecto de la salinidad se elimina adicionando cloruro de sodio a los estándares y blancos.
- 11.7 Las muestras turbias deben filtrarse antes del análisis para eliminar interferencias de partículas.
- 11.8 Si las muestras tienen color o si las condiciones de prueba causan una coloración extraña, esta interferencia debe corregirse analizando una muestra bajo las mismas condiciones, pero en ausencia del reactivo de brucina.

12 SEGURIDAD

- 12.1 No se ha determinado la carcinogenicidad de todos los reactivos con precisión, por lo que cada sustancia química debe tratarse como potencialmente peligrosa para la salud. La exposición a estas sustancias debe reducirse al menor nivel posible.
- 12.2 Estos métodos puede no mencionar todas las normas de seguridad asociadas con su uso. El laboratorio es responsable de mantener un ambiente de trabajo seguro y un archivo de las normas de seguridad respecto a la exposición y manejo seguro de las sustancias químicas especificadas en este método. Debe tenerse un archivo de referencia de las hojas de información de seguridad el cual debe estar disponible a todo el personal involucrado en estos análisis.
- 12.3 El ácido sulfúrico concentrado es un compuesto químico altamente corrosivo y debe manipularse con cuidados extremos. La adición del ácido sulfúrico al agua produce una reacción exotérmica fuerte y debe realizarse muy lentamente.



- 12.4 Cuando se trabaje con las sustancias químicas descritas en este método, se deben tener las condiciones de seguridad apropiadas. Usar ropa de protección como: batas de algodón, guantes y lentes de seguridad.
- 12.5 La preparación de todos los reactivos debe efectuarse en la campana de extracción.
- 12.6 El sulfato de brucina y el arsenito de sodio son tóxicos, evitar el contacto directo.

13 MANEJO DE RESIDUOS

Es la responsabilidad del laboratorio cumplir con todos los reglamentos federales, estatales y locales referente al manejo de residuos, particularmente las reglas de identificación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos.

- 13.1 Cada laboratorio debe contemplar dentro de su programa de control de calidad (CC) el destino final de los residuos generados durante la determinación.
- 13.2 Todas las muestras que cumplan con la norma de descarga a alcantarillado pueden ser descargadas en el mismo sistema.

14 BIBLIOGRAFÍA

- | | |
|-------------------|--|
| NOM-001-ECOL-1996 | Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997. |
| NOM-008-SCFI-1993 | Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de octubre de 1993. |
| NMX-AA-003-1980 | Aguas residuales - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980. |
| NMX-AA-014-1980 | Cuerpos receptores - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de septiembre de 1980. |



NMX-AA-079-SCFI-2001
21/22

- NMX-AA-089/1-1986 Protección al ambiente - Calidad del agua - Vocabulario - Parte 1. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986.
- NMX-AA-115-SCFI-2001 Análisis de agua - Criterios generales para el control de la calidad de resultados analíticos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2001.
- NMX-AA-116-SCFI-2001 Análisis de agua - Guía de solicitud para la presentación de métodos alternos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2001.
- Method 4500-NO₃⁻, "Nitrogen-Nitrate", Standard Methods for the Examination of water and Wastewater, American Public Health Association, Washington, DC 20005, 19th Edition., 1995, pp. 4-85 a 4-91.
- Wood, E.D., F.A.J. Armstrong & F.A. Richards. 1967. Determinación de nitratos en agua de mar a través de reducción por cadmio-cobre a nitritos. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 47:23
- U.S. Environmental Protection Agency. 1979. Métodos para análisis químicos de agua y deshechos, Método 353.3. U.S. Environmental Protection Agency., Washington D.C.
- Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989.

15 **CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES**

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

**MÉXICO D.F., A
DIRECTOR GENERAL DE NORMAS**

MIGUEL AGUILAR ROMO

MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA LLUVIA ÁCIDA: LA VIGILANCIA ATMOSFÉRICA GLOBAL

El Nordeste de Asia se convierte en una región en donde se han desarrollado importantes avances en el seguimiento de los procesos que originan la lluvia ácida y sobre los efectos causados. Entre las medidas para el remedio y control de los efectos de la lluvia ácida a corto y largo plazo, se encuentran procedimientos como: la reducción de las emisiones y la adición de sustancias para aumentar el pH de los suelos y las fuentes de agua. Adicionalmente, es muy importante el monitoreo, que permite el seguimiento y control de la química de la precipitación.

El monitoreo de la precipitación ácida se refiere al proceso de recolección de muestras para análisis químico. Estos procedimientos promueven el seguimiento del comportamiento químico de la precipitación atmosférica en sitios estratégicos para el control de la contaminación y de la acidificación en el medio.

MONITOREO A ESCALA GLOBAL DE LA PROBLEMÁTICA EN TORNO A LA LLUVIA ÁCIDA

La Organización Meteorológica Mundial-OMM, a través del Programa para la Vigilancia Global-VAG (Global Atmospheric Watch- GAW, por sus siglas en inglés) se ha encargado del seguimiento a escala global de los problemas relacionados con el cambio químico de la atmósfera terrestre. El Programa VAG ha desarrollado, proyectos para el seguimiento a largo plazo de asuntos como la radiación, el ozono, la química de la precipitación (lluvia ácida), aerosoles y gases de efecto invernadero (GEI).

En cuanto al seguimiento de estos asuntos, se han instalado estaciones en distintos puntos del planeta para el monitoreo con estrictos procedimientos de toma, manejo y análisis químico de las muestras recolectadas. La Figura 1. corresponde a las estaciones activas con la ubicación a nivel global (31 estaciones) y Regional (alrededor de 400 estaciones), para el monitoreo y seguimiento de la química atmosférica.

En el ámbito internacional, Europa, Norteamérica y Asia se constituyen como las regiones donde se han registrado y estudiado los mayores efectos de la lluvia ácida sobre los ecosistemas y la infraestructura. A nivel científico, se han desarrollado mecanismos para el seguimiento de estos efectos. Uno de los más utilizados es el monitoreo a nivel regional de la lluvia ácida, el cual contribuye en algunas veces, al seguimiento a nivel global del problema. Los programas existentes a nivel regional son:

Región País	Entidad	Programas	Sitio Web
Norteamérica Canadá	Environment Canada	The Canadian Air and Precipitation Monitoring Network (CAPMoN)	https://www.ec.gc.ca/meteo-weather/
Estados Unidos	EPA (Environmental Protection Agency)	Clean Air Status and Trends Network (CASTNet)	https://www.epa.gov/castnet
	NTN (National Trends Network)	National Atmospheric Deposition Program (NADP)	http://nadp.sws.uiuc.edu/
	USGS (United States Geological Survey)	Atmospheric Deposition Program of the U.S. Geological Survey	https://www.usgs.gov/science/
Ciudad de México	Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México	Red de Depósito Atmosférico- REDDA	http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/datos/excel/REDDAxls.pdf
Nordeste de Asia	ADORC (Acid Deposition and Oxidant Research Center)	Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET)	http://www.eanet.asia/
Europa	Convention on Long-range Transboundary Air Pollution	Convention on Long range Transboundary air pollution (EMEP)	http://www.emep.int/

En Colombia, a pesar de que no se han evidenciado científicamente efectos importantes sobre los ecosistemas relacionados con la lluvia ácida, el IDEAM viene desarrollando actividades relacionadas con el monitoreo del comportamiento químico a largo plazo de la lluvia en diferentes ciudades del país desde el año 1997.

PARÁMETROS EMPLEADOS PARA CARACTERIZAR LA LLUVIA ÁCIDA

Entre los parámetros propuestos por estas regiones y en lo publicado por la OMM. Para la estandarización de los procesos de monitoreo de química de la precipitación a nivel mundial, se encuentran: sulfatos (SO_4^-), nitratos (NO_3^-), Calcio (Ca^{2+}), potasio (K^+), y magnesio (Mg^{2+}), además de otros parámetros como metales pesados y compuestos orgánicos volátiles. En Colombia el programa de monitoreo de la lluvia ácida existente incluye la toma de datos de pH, conductividad en campo y la toma de muestras para análisis iónico de nitratos y sulfatos los cuales se explican a continuación

pH-Acidez

El pH es un término de uso general para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad. Es una forma de expresar la concentración o actividad de iones hidrógeno en solución. Este indicador es representado a partir de la escala de pH, la cual se expresa en términos de logaritmos negativos de la concentración de hidrógeno. La representación de la escala de pH usualmente oscila entre 0 a 14, donde el valor correspondiente a 7, representa la neutralidad absoluta.

La acidez en el análisis químico de la lluvia, puede definirse como la capacidad de los ácidos de azufre, nitrógeno y cloro para neutralizar bases, reaccionar con iones hidroxilo, ceder protones, o como la medida del contenido total de estas sustancias. En aguas naturales la acidez es producida por el CO_2 , por la presencia de iones H^+ libres, por acidez mineral proveniente de ácidos fuertes como el sulfúrico, nítrico, clorhídrico, etc., y por la hidrolización de sales de ácido fuerte y base débil.

El CO_2 se encuentra disuelto en el agua lluvia, resultado de la disolución del CO_2 atmosférico, formando ácido carbónico y disminuyendo el pH de la lluvia a 5,65.

Conductividad.

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. Depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua (principalmente ácidos) y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por ello, el valor de la conductividad es muy usado en análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos. En un agua lluvia con características normales, el valor de la conductividad expresada en microsiemens por centímetro (mS/cm) debe tender a cero. En un agua lluvia con características ácidas son comunes valores por encima de los 20 mS/cm .

Nitratos y Sulfatos

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 la quema de sabanas para cultivos. En condiciones normales, la concentración de nitratos en aguas lluvias debe tender a cero. En aguas lluvias de carácter ácido son comunes valores del orden de 0,4 mg/l a 2,0 mg/l en nitratos y de 2,0 mg/l a 8,0 mg/l en sulfatos.

MODELOS DE PREDICCIÓN DE LLUVIA ÁCIDA

Los programas regionales de caracterización de química de la precipitación, promueven el modelamiento del transporte y depositación de la lluvia ácida. Los modelos más representativos han sido desarrollados por las tres regiones con mayores efectos por acidificación del medio y que al mismo tiempo, poseen las redes más desarrolladas a nivel internacional: Norteamérica, Europa y el Nordeste de Asia.

Desde los inicios de estos modelos ha sido representativa en las investigaciones relacionadas con el comportamiento de la lluvia ácida. La modelización en América del Norte produjo modelos muy completos en los que estaban incluidas, la química y la física del transporte y depósito de la lluvia ácida (OMM, 1990). El modelo regional de depósitos ácidos (MRDA) fue desarrollado en los Estados Unidos en 1983 por el Programa Nacional para el seguimiento de la Precipitación Ácida ([The National Acid Precipitation Assessment Program-NAPAP](#)) pero su aplicabilidad se dio hasta 1990, está comprendido por una grilla dimensional capaz de simular procesos químicos y físicos que permiten la formación y depositación de las especies ácidas. El modelo proporcionó importantes avances acerca de las relaciones fuente-receptor del problema de la depositación ácida en Estados Unidos.

En Europa el método de modelización, tuvo que ser más pragmático debido a que la demanda de estimaciones cuantitativas de contaminación transfronteriza era muy grande, sacrificando la complejidad y exhaustividad de los resultados. La última versión del modelo europeo es bastante avanzada con resultados muy próximos a la realidad. El modelo europeo es el denominado Lagrangiano de Depositación Ácida de la EMEP ([The EMEP Lagrangian Acid Deposition Model-LADM](#)) con una resolución espacial de 150x150 km y es utilizado para simular el transporte atmosférico y la depositación de componentes de nitrógeno y sulfuro provenientes de la atmósfera. Desde 1985 el modelo ha servido para calcular concentraciones y depositaciones de compuestos acidificantes en Europa, como también flujos transfrontera, resultados que han sido comparados con las mediciones utilizadas por la red de monitoreo de la EMEP.

Los modelos de lluvia ácida propuestos en el Nordeste de Asia se constituyen en los que se acercan a una mayor aproximación a la realidad, y se aplican como ¿Un área de importancia ambiental para los investigadores¿ ya que estas herramientas han sido desarrollados para entender el transporte y depositación de azufre en esta región. También ayudan a entender el impacto de las emisiones actuales y anticipan la afectación producida al ambiente de la región en el futuro. Según varios autores, a partir del Modelo RAINS-Asia se desarrollan relaciones entre fuentes de azufre y las características de la depositación. El Propósito del modelo según Streets (1999) es determinar las causas y consecuencias de la depositación ácida en Asia, incluyendo el crecimiento poblacional, el desarrollo económico, el uso energético, las emisiones, el transporte atmosférico, la depositación, los efectos en los sistemas ecológicos sensibles y otros sistemas receptores.

En cuanto a la aplicabilidad del modelo con respecto a los sistemas de monitoreo, la intercomparaciones realizadas de predicción del comportamiento de la lluvia ácida y estos sistemas, han servido para retroalimentarse mutuamente: tanto para la validación de los modelos de lluvia ácida y la modelación de calidad del aire o el transporte a larga distancia de los contaminantes y determinar sitios que deban ser monitoreados.