



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**GUIONES EXPERIMENTALES DE
PROTECCIÓN AMBIENTAL I
(OZONO, LLUVIA ÁCIDA Y RUIDO)**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TTULO DE:
I N G E N I E R A Q U I M I C A
P R E S E N T A:
ALEJANDRA MENDOZA CAMPOS



MÉXICO, D.F.

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Profesor: I.Q Rodolfo Torres Barrera

VOCAL: Profesor: M. en C. Irma Cruz Gavilán García

SECRETARIO: Profesor: Dr. José Agustín García Reynoso

1er. SUPLENTE: Profesor: M. en I. Ma. Rafaela Gutiérrez Lara

2 do. SUPLENTE: Profesor: Dra. Aida Gutiérrez Alejandre

Sitio donde se desarrolló el tema:

Centro de Ciencias de la Atmósfera

ASESOR DEL TEMA:

Dr. José Agustín García Reynoso

SUSTENTANTE:

Alejandra Mendoza Campos

Agradecimientos

Al **Dr. José Agustín García Reynoso**, por su valiosa contribución a la realización de este trabajo, por su apoyo, paciencia y por permitirme colaborar en sus proyectos que me han servido de guía para descubrir mi verdadera vocación.

Al **Ing. Rodolfo Torres Barrera y a la M en I. Irma Cruz Gavilán García** por las observaciones realizadas que ayudaron a enriquecer este trabajo.

Al **M. en C. José Manuel Hernández Solis**, por su apoyo para la experimentación de este trabajo.

Al **Dr. Martín Hernández Luna. Dr. Alfonso Durán Moreno, Dra. Marisela Bernal González, M. en I. Ma. Rafaela Gutiérrez Lara , M. en C. Rolando Salvador García Gómez y a la M. en A. Landy Irene Ramírez Burgos**, por sus comentarios, observaciones hechos para sacar adelante este proyecto.

A la **UNAM**, por ser mi casa de estudios y permitirme desarrollarme plenamente tanto profesional como deportivo y saber que es un orgullo pertenecer a ella.

A la **Facultad de Química** por darme todos los conocimientos necesarios

para mi desarrollo profesional.

Y al **Centro de Ciencias de la Atmósfera** por abrirme sus puertas, por darme la oportunidad de conocer y colaborar en el centro y por su gran apoyo que me ha brindado.

Dedicatoria

A **DIOS** por haberme permitido llegar hasta aquí, que apesar de las adversidades siempre ha estado a mi lado.

A mis padres **Ma. del Carmen Campos Molina** y **B. Eliseo Mendoza Martinez**, gracias por todo el amor, comprensión, por su esfuerzo de darnos lo mejor, sus desvelos, por su apoyo incondicional, regaños, consejos, por escucharme; que sin ustedes no sería lo que soy de verdad muchas gracias, se que sus esfuerzos se verán recompensados. ¡Los quiero muchisimo!

A mi hermano **Adrian (Chelo)** por estar ahí cuando lo necesito, por tu apoyo y ánimos de seguir, por tu confianza, por todas las charlas de cultura que me han servido de algo, hechale ganitas por que tu eres el próximo. ¡Te quiero mucho!

“Una casa será fuerte e indestructible cuando esté sostenida por estas cuatro columnas: padre valiente, madre prudente, hijo obediente y hermano complaciente”..... Confucio

A mi **flaco Fernando** por estar a mi lado durante todo este tiempo, por tu apoyo y ánimos para hecharle más ganas de lo normal, por tu comprensión, por el amor que me has brindado, por cumplirme sueños que pense que nunca se cumplirían, por ser parte muy importante de mi vida, en fin tantas cosas.... ¡Muchas gracias! y sabes: “La dicha de la vida consiste en tener siempre algún

sueño, alguien a quien amar y muchas cosas que esperar” ¡Te quiero mucho!

A mi **Golo (Andrea)**, a mi primo **Eloy (Juan)**, a mi tía **Yoconde (Socorro)**, a mi tío **Vando (Servando)**, por su apoyo incondicional, por preocuparse por nosotros, por su alegría, sus consejos, por todas las divertidas ¡Gracias los quiero mucho!

A mi abuelo **Rodrigo**, mi tío **Angel**, mi tía **Mary**, mi tía **Elba**, mi tío **Elijio**, por su apoyo, sus consejos, por contar con ustedes en cada momento ¡Gracias los quiero mucho!

A mi entrenador **Antonio Sánchez Suárez** por su paciencia y enseñanzas que me han servido de mucho para aplicarlas a la vida. ¡Gracias!

A todas aquellas personas que me consideran su amiga y me han permitido compartir un poco de sus vidas, ¡Gracias!

Y de manera muy especial a mi abuelita **Socorro (Willy)**, que formó parte fundamental de mi vida, que sin su ejemplo no hubiera podido, que si estuviera aquí estaría muy contenta por mi logro. ¡La quiero michísimo!

Índice general

1. Introducción	13
2. Generalidades	18
2.1. Ozono(O ₃)	18
2.1.1. Efectos	19
2.2. Lluvia ácida	21
2.2.1. Historia de la lluvia ácida	21
2.2.2. Descripción de la lluvia ácida	21
2.2.3. Formación de la lluvia ácida	22
2.2.4. Efectos	24
2.3. Ruido	24
2.3.1. Características	24
2.3.2. Índices de ruido	25
2.3.3. Nivel sonoro continuo equivalente	26
2.3.4. Nivel de exposición	26
2.3.5. Procesos de medición	28
2.3.6. Efectos	29
2.3.7. Instrumentos de medición	29
3. Guión experimental	
“Evaluación de la Exposición a Ozono Ambiental”	30
4. Sedimentación Ácida (UAPA)	37

5. Guión Experimental	
“Influencia de la Lluvia Ácida en el Suelo”	49
6. Guión Experimental	
“Ruido”	54
6.1. Referencias	57
7. Conclusiones y Recomendaciones	62
7.1. Conclusiones	62
7.2. Recomendaciones	63
7.3. Demostración de pH de lluvia ácida	66

Índice de figuras

2.1. Nivel sonoro continuo equivalente L_{eq}	26
3.1. Escala de detección para la obtención del número de Schönbein	33
3.2. Escala de nivel de ozono	34
4.1. Actividad de aprendizaje de la página web. Controlador de SO_2 , NH_3 y CO_2	45
6.1. Nivel sonoro continuo equivalente L_{eq}	59

Índice de cuadros

2.1. Ozono en la atmósfera	20
--------------------------------------	----

Objetivo General

Resaltar la importancia de la asignatura Protección Ambiental (en conjunto con la de Ingeniería Ambiental) para la preservación del medio ambiente, identificando mediante el trabajo de laboratorio los daños que se le ocasionan al medio ambiente y a la salud del ser humano por la contaminación ambiental.

Desarrollar un manual de guiones experimentales para la licenciatura en Ingeniería Química en la Facultad de Química de acuerdo a la propuesta del nuevo plan de estudios (2005) para la asignatura Protección Ambiental I, con el propósito de lograr una mayor comprensión y conocer aplicaciones de la parte de teoría.

Objetivo Particular

Desarrollo del guión experimentales en calidad del aire (ozono); “Evaluación de la exposición a ozono ambiental”

Afectación de los contaminantes en el ambiente como lo es la “Influencia de la lluvia ácida en suelo” y la comprensión del fenómeno de la “Sedimentación ácida” mediante la modelación (vía web) en una unidad de apoyo para el aprendizaje (UAPA) .

Y por último la contaminación ambiental se manifiesta también como energía y esto se analiza mediante la determinación del nivel sonoro equivalente en el guión experimental de “Ruido”

Capítulo 1

Introducción

Como resultado de la modificación del plan de estudios de la licenciatura en Ingeniería Química impartida en la Facultad de Química, la asignatura de Protección Ambiental I (clave 0273) forma parte de las materias optativas disciplinarias del paquete terminal del plan de estudios 2005. Siendo necesario desarrollar el manual de guiones experimentales para esta asignatura de carácter teórico-práctico.

Se sabe que la ciencia y la tecnología van en continuo desarrollo en beneficio de la humanidad, todos los que habitamos en el planeta tierra tenemos la obligación de la protección del ambiente (aire, agua, suelo); si pasamos por alto el daño al medio es probable que se herede un planeta “insano” a las futuras generaciones.

Esta tesis se conforma de 4 guiones experimentales (ozono, lluvia ácida (2) y ruido), comenzando por las generalidades, donde se da una breve explicación del tema de cada uno de los guiones, como la formación de los contaminantes, su daño al ambiente, normatividad y afectaciones a la salud humana.

Los guiones experimentales; “Evaluación de la exposición a ozono ambien-

tal”, “Influencia de la lluvia ácida en suelo” y “Ruido”, fueron hechos para realizarse de forma experimental procurando un lenguaje claro en sus objetivos y en el desarrollo, con la finalidad de que el alumno encuentre una secuencia lógica para su óptimo desarrollo, cada uno de los guiones se divide en:

- Objetivo académico; es lo que se quiere que el estudiante aprenda.
- Problema; es lo que se quiere encontrar.
- Introducción; breve descripción del tema del guión.
- Materiales y equipos; materiales, reactivos y equipos que se van a utilizar durante la experimentación.
- Instrucciones; son los pasos para realizar las actividades del guión.
- Datos experimentales; los resultados obtenidos.
- Cuestionario; son preguntas dirigidas hacia la resolución del problema y el aprendizaje para llevar al alumno a una reflexión del problema.
- Bibliografía; libros de apoyo

Para el caso de la UAPA “Sedimentación ácida” se apoyo con la parte teórica del desarrollo de una página web donde se pueda conocer los efectos de los gases en la acidez de la lluvia, esta consta de:

- Inicio; breve introducción de la depositación de la lluvia ácida.
- Evaluación diagnóstica; es la valoración de conocimientos previos del alumno.
- Determinación del pH; es el desarrollo del modelo teórico para el cálculo del pH.
- Actividad de aprendizaje; es el desarrollo del problema y su solución.
- Evaluación; es la valoración de los conocimientos adquiridos durante la actividad de aprendizaje.

- Fuentes; bibliografía para consultar mas sobre el tema.

Una de las actividades relevantes del desarrollo de los guiones experimentales es el trabajo previo hecho en el laboratorio ya que se identificaron las cantidades de sustancia óptimas y el tiempo de experimentación.

La conclusión de este trabajo es la implementación de estos guiones experimentales en la asignatura de Protección Ambiental I, al igual que la operación de la página web, la importancia de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la teoría se ven reflejados en el desempeño profesional.

Capítulo 2

Generalidades

2.1. Ozono(O₃)

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno ya que es una molécula formada por 3 átomos de oxígeno, químicamente es muy reactivo, es un oxidante muy fuerte y se usa como germicida (mata organismos infecciosos).

A temperatura y presión ambientales el ozono es un gas de olor acre y generalmente es incoloro, sin embargo, en grandes concentraciones puede tomar un color ligeramente azulado. Si se respira en grandes cantidades, es tóxico y puede provocar la muerte.

Se descompone rápidamente en presencia de oxígeno a temperaturas mayores a 100°C y con catalizadores como dióxido de manganeso (MnO₂) a temperatura ambiente.

Se clasifica como contaminante secundario ya que es creado a través de reacciones y procesos en la atmósfera, es un contaminante criterio, se emplea para calificar la calidad del aire y por que puede provocar efectos a la salud.

El ozono no se emite directamente a la atmósfera, se produce mediante una serie de reacciones que involucran a los óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y la luz solar ($h\nu$). El ozono posee dos efectos daños a la salud y a los

materiales.

2.1.1. Efectos

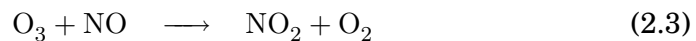
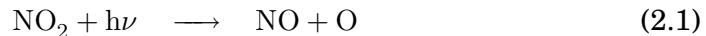
Efectos del ozono en materiales:

- Reduce la vida útil de llantas y hules.
- Puede dañar a la vegetación (reduce la producción agrícola)

Efectos del ozono en la salud:

- Irritación de ojos.
- Constricción del pecho, irritación en la garganta.
- Altas concentraciones agrava las enfermedades respiratorias.

Reacciones de ozono en la tropósfera:



Donde M es una molécula (usualmente O_2 o N_2). Las reacciones anteriores no explican las altas concentraciones de ozono observadas, existen otro conjunto de reacciones con hidrocarburos las cuales producen radicales libres. Sea RH un hidrocarburo general entonces tenemos:



El ozono no se produce aquí, pero las reacciones anteriores influyen en la concentración de ozono. Ya que su formación depende de la disponibilidad del NO_2

y la destrucción depende de la concentración de NO. El efecto global de las reacciones con hidrocarburos es convertir el NO a NO₂.

El control del ozono se da a través de controlar sus precursores, óxidos de nitrógeno, y compuesto orgánicos. Si el aire se encuentra “atrapado” por la orografía, esto puede empeorar el problema como es el caso de las siguientes ciudades:

- Los Angeles
- México D.F.
- Grecia
- Valle Fraser (frontera EU/Canadá)

Nota sobre ozono Existen dos diferentes zonas donde se encuentra el ozono, el troposférico (nivel del suelo) y el estratosférico. En el Cuadro 2.1 se pueden observar las características y efectos que posee el ozono en las diferentes zonas.

Cuadro 2.1: Ozono en la atmósfera

Ozono Troposférico	Ozono Estratosférico
Localizado entre 0–10 km	Localizado entre 15–35 km
Contiene el 10% del ozono de la atmósfera	Contiene el 90% del ozono de la atmósfera
Impacto dañino: efectos tóxicos en seres humanos y vegetación	Rol benéfico: Actúa como escudo a la radiación UV
Tópicos actuales: – Episodios de alta concentración en superficie en ciudades.	Tópicos actuales: Disminución en la concentración. Hoyo de ozono en la primavera antártica

2.2. Lluvia ácida

2.2.1. Historia de la lluvia ácida

En el siglo XIX, la gente comenzó a darse cuenta de que la suciedad expulsada por las chimeneas de las viviendas y fábricas estaba ocasionando la contaminación de la lluvia. En épocas anteriores, la gente se había quejado del desagradable ambiente generado por el humo de las chimeneas. La lluvia ácida puede producirse de forma natural. Los volcanes, las turberas y las plantas en descomposición desprenden dióxido de azufre.

Los siguientes trabajos muestran estudios sobre lluvia ácida

1692 Rob Boyle

En su libro “General History of the Air”

incluye discusiones de “Espíritus nitrosos o sulfuros salinos”

1872 R. A. Smith

En el libro “The beginning of Chemical Climatology”

describió la importancia de las fuentes de combustión de carbón en la precipitación métodos de muestreo, daño a plantas y materiales.

2.2.2. Descripción de la lluvia ácida

La “lluvia ácida” es un término ampliamente usado para describir varias maneras en que los ácidos en la atmósfera se sedimentan. El término más exacto es la deposición ácida, que tiene dos formas: húmeda y seca. La deposición ácida ocurre cuando las emisiones de los óxidos de nitrógeno y de azufre reaccionan en la atmósfera con agua, el oxígeno, y los oxidantes producen los compuestos ácidos. Estos compuestos caen a la tierra en forma seca (gas y las partículas) o forma húmeda (lluvia, nieve, y niebla). Se requiere típicamente de días a semanas para que el SO_2 atmosférico y el NO_x sean convertidos a los ácidos y sean depositado en la superficie de la tierra, la deposición ácida

ocurre en zonas muy lejanas de sus fuentes.

2.2.3. Formación de la lluvia ácida

La acidez se mide en términos del pH en la escala logarítmica que va de 1.0 a 14.0. Un pH de 1.0 indica alta acidez, mientras que un pH de 14.0 indica alta alcalinidad; un pH de 7.0 indica una solución neutra. La precipitación que cae a través de una atmósfera “limpia” es normalmente algo ácida, con un pH de cerca de 5.6. La lluvia ácida, sin embargo, puede tener valores de un pH debajo de 4.0.

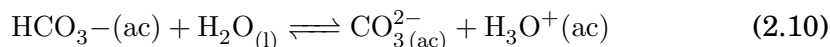
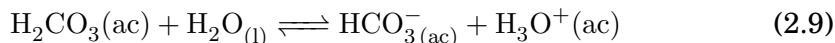
La absorción de CO_2 en el agua de lluvia cambia el pH. Podemos aplicar los conocimientos anteriores para observar esto.



Para el equilibrio del CO_2 con el H_2O tenemos:

$$[\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}] = P_{\text{CO}_2} H \quad (2.8)$$

Como hemos visto el ácido carbónico es un ácido *poliprótico*:



con las constantes de disociación a 25°C de $K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7}$ y $K_{a2} = 5.0 \times 10^{-11}$

. Por lo tanto:

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-(\text{ac})]}{[\text{H}_2\text{CO}_3(\text{ac})]} = K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7} \quad (2.11)$$

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+(\text{ac})][\text{CO}_3^{2-}(\text{ac})]}{[\text{HCO}_3^-(\text{ac})]} = K_{a2} = 5.0 \times 10^{-11} \quad (2.12)$$

Ahora calculemos la concentración de $\text{H}_3\text{O}^+(\text{ac})$, $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{ac})$, $\text{HCO}_3^-(\text{ac})$, $\text{OH}^-(\text{ac})$, y $\text{CO}_3^{2-}(\text{ac})$ cuando el CO_2 de la atmósfera se disuelve en agua pura de lluvia, dada que la solubilidad del CO_2 en agua es $1.0 \times 10^{-5}\text{M}$ a 25°C y 1 atm.

Como se tienen cinco incógnitas se requieren de 5 ecuaciones para resolver este problema y hasta ahora tenemos dos ecuaciones 2.11 y 2.12. Las otras tres ecuaciones son dadas por la constante del producto iónico del agua:

$$[\text{H}_3\text{O}_{(\text{ac})}^+][\text{OH}_{(\text{ac})}^-] = K_w = 1.0 \times 10^{-14} \quad (2.13)$$

del balance de masa

$$[\text{H}_2\text{CO}_3]_{\text{inicial}} = 1.0 \times 10^{-5} M = [\text{H}_2\text{CO}_{3(\text{ac})}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] \quad (2.14)$$

y la reacción de balanceo de cargas:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sum n[x^{N-}]$$

$$[\text{H}_3\text{O}_{(\text{ac})}^+] = [\text{HCO}_{3(\text{ac})}^-] + 2[\text{CO}_{3(\text{ac})}^{2-}] + [\text{OH}_{(\text{ac})}^-] \quad (2.15)$$

Donde $1.0 \times 10^{-5} M$ en la Ec. 2.14 sigue el hecho de que por cada mol de CO_2 disuelto en agua una mol de H_2CO_3 se forma ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$) y el coeficiente 2 en la Ec. 2.15 permite dos unidades negativas de carga por cada CO_3^{2-} .

Despejando el HCO_3^- de la ecuación 2.11 y sustituyendo el $[\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ a partir de la ecuación 2.8 tenemos:

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{k_1[\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]}{[\text{H}^+]} = \frac{k_1 HP_{\text{CO}_2}}{[\text{H}^+]} \quad (2.16)$$

De la ecuación 2.12 despejamos el CO_3^{2-}

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{k_2[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}^+]} = \frac{k_1 k_2 HP_{\text{CO}_2}}{[\text{H}^+]^2} \quad (2.17)$$

Se desea saber cual el pH para una p_{CO_2} dada, sustituimos en la ecuación 2.15

La concentración del OH^- la obtenemos de la constante del agua K_w y tenemos que, $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ despejando $[\text{OH}^-]$ de la ecuación 2.13 y sustituyendo esto en la ecuación 2.15 tenemos:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} + \frac{k_1 HP_{\text{CO}_2}}{[\text{H}^+]} + 2 \frac{k_1 k_2 HP_{\text{CO}_2}}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} \quad (2.18)$$

Rearreglando obtenemos:

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^3 - (K_w + k_1HP_{\text{CO}_2})[\text{H}_3\text{O}^+] - 2Hk_1k_2P_{\text{CO}_2} \quad (2.19)$$

para este caso $[\text{H}_3\text{O}^+]=10^{-5.6}$ entonces el $\text{pH}= 5.6$

2.2.4. Efectos

En el ambiente, el efecto que puede causar la deposición ácida en el suelo y cuerpos de agua es la acidificación (haciendo el agua inadecuada para algunos peces y la otra fauna) y puede dañar a algunos árboles, particularmente de elevaciones altas. También acelera el deterioro de edificios, de estatuas, y de las esculturas las cuales son parte de nuestra herencia nacional. La porción del nitrógeno de la depositación ácida contribuye a la eutrofización (agotamiento del oxígeno) de los cuerpos del agua, lo que incrementa las floraciones de algas (algunas de las cuales pueden ser tóxicas), incrementa la mortalidad de los peces, y la pérdida de diversidad de plantas y animales.

El impacto del ser humano en estas poblaciones puede inducir un cambio en la disponibilidad de mariscos y producir un riesgo al consumir mariscos o pescado contaminado, con lo cual se reduce la capacidad de utilización y aprovechamiento de nuestro ecosistema costero, afectando económicamente a la gente que confía en los ecosistemas costeros saludables, tales como los pescadores y los turistas.

2.3. Ruido

2.3.1. Características

El sonido es toda variación de presión que es capaz de ser percibida por nuestro oído; se denomina ruido cuando resulta molesto o indeseado. El ruido es un agente físico (una forma de energía) que se transmite desde la fuente

hacia el espacio circundante. Aunque se encuentra presente en todos los ámbitos de la vida, adquiere especial relevancia en el lugar de trabajo. La unidad de medición del ruido es el decibel (que cuantifica la presión de la onda sonora). Sin embargo, para medir el ruido al que se encuentran expuestos los trabajadores/as, se utiliza una unidad de medición especial adaptada al nivel de percepción del oído humano denominada decibel A (dBA). El límite general establecido para una jornada de ocho horas de trabajo es de 90 decibeles (NOM-011-STPS), que cubre las actividades humanas normales y el ruido de algunas máquinas.

Para medir el ruido es necesario crear una escala que relacione la respuesta, de una persona o un colectivo, ante el ruido con una propiedad medible de la fuente sonora. Esta relación se expresa mediante un único valor que llamamos índice. Si se establecen criterios que nos ofrecen valores del índice de ruido que no deben superarse, la comparación de estos criterios con los índices medidos nos permitirá hacer una evaluación del ruido estudiado.

2.3.2. Índices de ruido

Los índices más representativos para el análisis del ruido son:
Nivel de presión acústica en toda la banda de frecuencias: corresponde al nivel de presión sonora L_p extendido al campo de las frecuencias audibles.

Nivel de presión acústica con ponderación A : es el nivel de presión sonora establecido mediante el empleo de la curva de ponderación A. La curva A se establece en la norma UNE 21314/75 y da lugar a los decibeles ponderados denominados como dB(A). Su expresión es:

$$L_{pA} = 20 \log \frac{P_A}{P_0} \cdot dB(A) \quad (2.20)$$

$$E_A = \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt \quad (2.22)$$

El nivel de exposición sonora con ponderación A en dB es:

$$L_{AE} = 10 \log \frac{E_A}{E_0} \quad (2.23)$$

siendo:

$$E_0 = p_0^2 t_0$$

la exposición sonora de referencia. Para un suceso acústico único

$$L_{eq} = L_{AE} - 10 \log \frac{T}{t_0} \quad (2.24)$$

Dosis de ruido: es una medida prescrita en normativas nacionales, de la exposición al ruido a que está sometida una persona. La dosis de ruido, en porcentaje, puede calcularse de la siguiente manera:

$$D = 100 \frac{C}{T_r} \quad (2.25)$$

siendo C la duración de la exposición al ruido T_r la duración de referencia, en horas, permitida para la exposición al nivel sonoro de ruido.

La duración T_r de referencia es función de:

- Máxima exposición diaria al ruido permitido en la jornada laboral de 8 horas (L_{eqd}).
- Tasa de intercambio: cantidad que hay que aumentar o disminuir el nivel sonoro sobre la exposición diaria para reducir a la mitad o duplicar el tiempo de exposición. Se usan tasas de intercambio de 3, 4 y 5 dB.

Si el ruido en el lugar de trabajo está compuesto por N períodos distintos, teniendo en cada uno de ellos el nivel sonoro un valor constante, la dosis total de ruido durante toda la jornada laboral vendrá dada por:

$$D = 100 \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{T_{ri}} \quad (2.26)$$

2.3.5. Procesos de medición

Antes de comenzar cualquier programa de medida acústica, debe quedar definido el problema con claridad. Una vez definido éste, los pasos a seguir son los siguientes:

- Determinar qué índices de ruido hay que medir.
- Seleccionar los instrumentos de medida, incluido el tipo de micrófono a utilizar.
- Determinar el número mínimo de posiciones del micrófono y su localización.
- Comprobar la sensibilidad de los aparatos de medida realizando todas las calibraciones necesarias.
- Medir los niveles sonoros de la fuente, anotando todos los valores de los parámetros relevantes seleccionados de los instrumentos.
- Aplicar las correcciones necesarias a las medidas observadas.
- Realizar un informe escrito en donde queden registrados los datos más importantes.

Determinación de las posiciones de medida

Lugares de reunión: el micrófono debe situarse a 1.6 metros para un oyente de pie entre 1.2 y 1.3 metros en oyentes sentados.

Superficies reflectantes (paredes, suelo, techo): influyen mucho en la medición y hay que proceder a la corrección por reflexiones de superficies

Cuando la fuente sonora se encuentra próximo a paredes y objetos, las reflexiones en tales elementos pueden contribuir con una energía significativa al nivel sonoro irradiado directamente de la fuente.

2.3.6. Efectos

Puede causar efectos como la pérdida total o parcial de la capacidad auditiva de forma permanente e irreversible (hipoacusia o sordera) debido a una exposición prolongada a altos niveles de ruido o a un ruido brusco y muy intenso. Además, está asociado al origen de trastornos no auditivos de carácter fisiológico (respiratorios, cardiovasculares, digestivos, nerviosos, etc.) y psicológico (problemas de concentración, estrés, fatiga mental, etc.). Por otra parte, y como consecuencia de su interferencia en la comunicación y en la capacidad de atención del trabajador(a), el ruido constituye una condición que contribuye a la materialización de riesgos de accidente. La presencia de altos niveles de ruido está muy generalizada pero suele concentrarse en el trabajo industrial, en las tecnologías obsoletas, maquinarias viejas y mal ajustadas, en los trabajos con metales, en las operaciones de corte, laminado, troquelado, abrasión, etc.

2.3.7. Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición son el sonómetro (para medir el nivel de presión acústica en un determinado lugar y momento) y el dosímetro (para medir la cantidad de ruido acumulado en un intervalo de tiempo).

Conviene enfatizar que el ruido en su calidad de forma de energía, es un agente de tipo físico y que, como tal, podría estar clasificado en el segundo grupo de factores de nocividad. Sin embargo, de esta forma se tiende a presentarlo sólo como causa de la sordera profesional, siendo que su presencia en los lugares de trabajo es fuente de otras enfermedades, potencia otros riesgos y accidentes.

Capítulo 3

Guión experimental

“Evaluación de la Exposición a Ozono Ambiental”

Objetivo académico : El estudiante se percatará de la existencia del perfil diurno de ozono de un sitio, mediante monitoreo pasivo e información meteorológica.

Problema: Determinar a qué hora se tienen la concentración máxima de ozono.

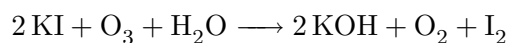
Determinar las concentraciones de ozono durante un día.

Introducción

El ozono en la estratosfera protege la vida en la superficie de la tierra debido a que absorbe la radiación ultravioleta. Sin embargo, a nivel del suelo es un contaminante, ya que afecta la salud, los ecosistemas y materiales.

El ozono es una sustancia reactiva que puede reaccionar fácilmente con el yoduro de potasio (KI). La reacción que ocurre entre el KI, el ozono y el agua

es la siguiente:



Cuando ocurre la reacción se libera hidróxido de potasio (KOH), yodo (I_2) y oxígeno (O_2). El yodo reacciona con el almidón, coloreándose a púrpura, lo anterior permite identificar la presencia de O_3 .

Materiales y Equipos

▪ **Materiales**

- 2 Vaso de precipitados de 250ml
- Papel filtro
- 1 Agitador de varilla de vidrio
- 1 Espátula
- 1 Vidrio de reloj
- 1 Brocha 1/4"
- 2 Bolsas de plástico sellables
- 1 Charola (para secado)
- 1 Carta psicrométrica

▪ **Reactivos**

- Agua destilada
- Almidón
- Yoduro de potasio

▪ **Equipo**

- Psicrómetro de bulbo húmedo
- Estufa de secado
- Parrilla eléctrica

Balanza digital

Desarrollo Experimental

A) Preparación del Detector

Usando la información anterior se puede elaborar un detector de ozono mediante el mezclado de almidón y KI en agua, y recubriendo hojas de papel filtro con la mezcla.

1. Para preparar 100 ml de solución indicadora, calentar 90 ml de agua destilada hasta la ebullición.
2. Pesar 5 g de almidón soluble en polvo.
3. Disolver 5 g de almidón en 10 ml de agua fría, mezclar hasta obtener una pasta.
4. Retirar el agua de la fuente de calor y adicionar la pasta de almidón, mezclando con un agitador, hasta disolver.
5. Pesar 1 g de KI y disolverlo en la solución de almidón.
6. Enfriar la solución.
7. Cortar entre 16 y 20 tiras de 1cm×5cm de papel filtro.
8. Identifique y enumere las tiras de papel cortadas. (Evitar tintas que sean solubles en agua para no manchar el detector).
9. Con una brocha, aplicar la solución de almidón/KI en las tiras de papel filtro.
10. Secar las tiras de papel filtro en una estufa a 80°C durante 4 minutos. Sacar las tiras y almacenarlas en bolsas de plástico sellables hasta que se utilicen.

B) Exposición del detector

1. Exponer el detector fuera del laboratorio al aire ambiente, no directo al sol (ya que interfiere en la reacción). Colocar dos tiras de papel, una de ellas se deberá exponer durante todo el tiempo que duré el experimento y conserve una tira sin exponer que será utilizada como control.
2. Cambiar la tira cada 30 minutos y almacenarla en la bolsa sellable para evitar la continuidad de la reacción.
- 3 Medir con el psicrómetro la temperatura de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo antes de cada exposición del detector.
4. Determinar la humedad ambiental.

C) Obtención de concentración de ozono

Después de la exposición del detector compare el color con el de la escala de la Figura 3.1:



Figura 3.1: Escala de detección para la obtención del número de Schönbein

Ubicado el color del detector sobre la escala se podrá determinar el número de Schönbein. El número de Schönbein es sólo una medida de que tan oscuro el detector se ha convertido. Emplear este número y el por ciento de humedad para estimar el nivel de ozono en el lugar donde se ubico el detector. Se puede estimar el nivel de ozono empleando la escala de la Figura 3.2.

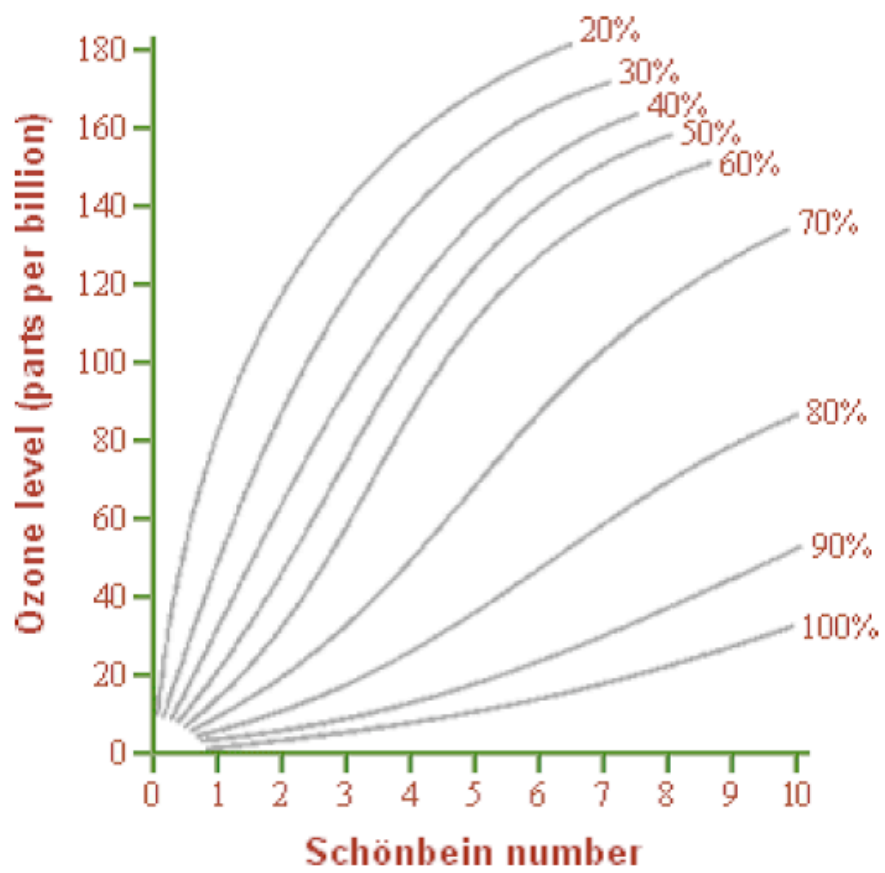


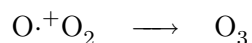
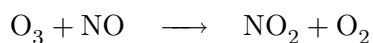
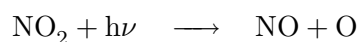
Figura 3.2: Escala de nivel de ozono

Resultados Experimentales

N° Muestra	Hora	Tbh (°C)	Tbs (°C)	% Y	N° Schönbein	Conc O ₃ (ppb)

Cuestionario

1. Elabore una tabla con los datos obtenidos del experimento. Grafique concentración de O₃ vs. tiempo y describa la forma que tiene.
2. Identifique la hora de las mayores concentraciones de ozono en la experimentación.
3. En caso de que exista un mínimo o un máximo ¿a que podrían deberse? Considere las siguientes reacciones:



4. ¿Considera que el tiempo seleccionado fue suficiente para observar una variación en la concentración de ozono ambiental? ¿Por qué?
5. Compare la concentración del detector empleado como control con lo demás y comente.
6. Compare la concentración del detector que estuvo expuesto de forma continua durante todo el experimento con los demás y comente.
7. Diga como influyeron las condiciones meteorológicas en las mediciones.

8. Considerando la siguiente tabla, ¿qué efectos a la salud podría provocar el ozono presente en donde se realizaron las mediciones?

Concentración	Efectos a la salud
10 a 15 ppb	Umbral de detección olfativo
50 a 100 ppb	Irritación de la nariz y de la garganta
150 a 1,000 ppb	Disminución de la agudeza visual, dolores de cabeza, tos fatiga, sensación de opresión en el pecho, dolor subesternal
1.5 a 2.5 ppm	Trastornos neurológicos y de coordinación, dificultad de expresión, alteraciones hematológicas
4 a 5 ppm	Edema pulmonar hemorrágico
10 ppm	Coma
>15 ppm	Mortal

Referencias

1. <http://www.chemheritage.org/EducationalServices/FACES/env/activity/tater.htm>
2. <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/>
3. <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/difusion/consultas/concentraciones/>
4. <http://pembu.atmosfcu.unam.mx/version/index.html>
5. <http://pembu.atmosfcu.unam.mx/version/pembu.html>

Capítulo 4

Sedimentación Ácida (UAPA)

En este capítulo se presenta la información que se generó para el desarrollo de la página web UAPA (Unidad de Apoyo para el Aprendizaje) en colaboración con el CUAED (Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia), para conocer el efecto de los gases en la lluvia ácida. Se puede consultar la página web en la siguiente dirección: <http://dione.cuaed.unam.mx/jgarrido/lluvia>

Objetivo general: A partir de los conocimientos de equilibrio químico, Ley de Henry y electroneutralidad, el alumno será capaz de:

- Diferenciar si el pH del agua de lluvia es natural o es influenciado por las actividades humanas.
- Explicar el efecto de ácidos y bases ambientales en el pH de la lluvia.

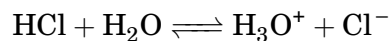
Introducción

UAPA (Generar una página web donde se pueda conocer el efecto de los gases en la lluvia ácida)

Evaluación diagnóstica de conocimientos previos

Preguntas para saber si saben de los siguientes temas pH, equilibrio químico, electroneutralidad, ley de Henry.

1. Para que la reacción se desplace hacia los productos el valor de la K_{eq} debe ser:
 - a. igual a 1
 - b. menor a 1
 - c. mayor a 1
 - d. igual a cero
2. Un ácido es un donador de:
 - a. electrones
 - b. protones
 - c. aceptor de iones
3. Indique si es verdadero o falso. A partir de la siguiente reacción:



El H_2O se comporta como un ácido ()

El HCl se comporta como una base ()

4. El H_3PO_4 cuántos protones puede donar en estado acuoso:
 - a. 1

- b.** 2
 - c.** 3
 - d.** 4
 - e.** ninguno
5. La suma de las cargas positivas es equivalente a la suma de las cargas negativas de los iones en solución es la ley de:
- a.** Conservación de masa
 - b.** Equilibrio químico
 - c.** Electroneutralidad
 - d.** pH
6. La cantidad de gas disuelto en un líquido es proporcional a su concentración en la fase gas, es la ley de:
- a.** Newton
 - b.** Henry
 - c.** Amagat
 - d.** Volúmenes parciales

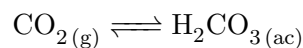
Desarrollo

Una de las formas de la deposición es la lluvia ácida, esta ocurre cuando el SO_2 , NO_2 y otros compuestos en la atmósfera reaccionan con oxígeno, agua y otros oxidantes para generar compuestos ácidos. Estos compuestos caen a la tierra tanto en forma seca o húmeda (lluvia). En esta unidad se evaluará el pH de la lluvia natural debido a que la absorción de CO_2 en el agua de lluvia cambia el pH. Una vez conocido el pH de la lluvia natural se podrá calcular el pH de la misma a partir de cambios en la composición de los contaminantes

atmosféricos que pueden influir en el pH de la lluvia.

Ejemplo de actividad de aprendizaje

1. La absorción de CO_2 en el agua de lluvia cambia el pH. La disolución del CO_2 en agua posee la siguiente reacción.



En el equilibrio tenemos que la concentración del ácido carbónico $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ depende de la presión parcial del CO_2 así tenemos que:

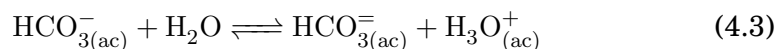
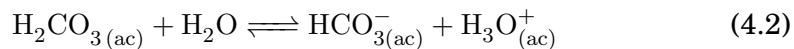
$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = H \cdot P_{\text{CO}_2} \quad (4.1)$$

Donde:

H es la constante de Henry

P_{CO_2} es la presión parcial del CO_2

2. El H_2CO_3 es un ácido poliprótico que puede desprender más de un protón mediante las siguientes reacciones:



3. El equilibrio para la reacción 4.2 se puede expresar de la siguiente forma:

$$K_{a1} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad (4.4)$$

despejando el bicarbonato tenemos que:

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{K_{a1}[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} \quad (4.5)$$

4. Desarrollando la ecuación de equilibrio químico y despejando el carbonato de la reacción 4.3 tenemos:

$$[CO_3^{2-}] = \frac{[K_{a2}[HCO_3^-]}{[H_3O^+]} \quad (4.6)$$

5. Considerando que el agua también tiene un equilibrio tenemos que:

$$K_w = [H_3O^+][OH_{(ac)}^-] \quad (4.7)$$

despejando el ion hidróxido tenemos:

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O_{(ac)}^+]} \quad (4.8)$$

6. Aplicando el principio de electroneutralidad tenemos que las cargas positivas deben ser igual a las negativas entonces:

$$[H_3O^+] = [HCO_3^-] + 2[CO_{3(ac)}^{2-}] + [OH^-] \quad (4.9)$$

7. Para calcular la concentración de $[H_3O^+]$ se sustituye 4.1, 4.5, 4.7 y 4.8 en 4.9 tenemos

$$[H_3O^+] = \frac{K_{a1}H \cdot P_{CO_2}}{[H_3O^+]} + \frac{2K_{a1}K_{a2}H \cdot P_{CO_2}}{[H_3O^+]^2} + \frac{K_w}{[H_3O^+]} \quad (4.10)$$

rearrreglando tenemos:

$$[H_3O^+]^3 - (K_{a1}H \cdot P_{CO_2} + K_w)[H_3O^+] - 2K_{a1}K_{a2}H \cdot P_{CO_2} = 0 \quad (4.11)$$

Si se considera una concentración de CO_2 de 340 ppb y el valor de las constantes:

$$K_w = 5.6 \times 10^{-10}$$

$$H = 5.8 \times 10^1 \frac{M}{atm}$$

$$K_{a1} = 4.283 \times 10^{-7} M$$

$$K_{a2} = 1.71 \times 10^{-2}$$

se tiene un pH de 5.6

8. Cuando en la atmósfera existen gases como el SO_2 que también puede disolverse en agua y cuyos iones se adicionarían a la ecuación 4.9.

$$[H_3O^+] = [HCO_3^-] + 2[CO_{3(ac)}^{2-}] + [OH^-] + [HSO_3^-] + 2[SO_3^{2-}] \quad (4.12)$$

9. Existe sin embargo emisiones de gases como el NH_3 que también modifican el pH así tenemos que:

$$[H_3O^+] + [NH_4^+] = [HCO_3^-] + 2[CO_{3(ac)}^{2-}] + [OH^-] + [HSO_3^-] + 2[SO_3^{2-}] \quad (4.13)$$

Mediante un modelo se calcula el valor del pH cuando uno varía la concentración ambiental del CO_2 , SO_2 y NH_3 .

Modelo

$$[H^+]^3 \left(1 + \frac{HK P_{\text{NH}_3}}{K_w}\right) - [H^+] (K_w + H_{\text{CO}_2} K_1 P_{\text{CO}_2} + H_{\text{SO}_2} K_1 P_{\text{SO}_2}) - 2H_{\text{CO}_2} K_1 K_2 P_{\text{CO}_2} - 2H_{\text{SO}_2} K_1 K_2 P_{\text{SO}_2} = 0$$

Ecuación a resolverse cuando se tiene:

Modelo de pH para CO_2

$$[H^+] = \frac{K_w}{[H^+]} + \frac{K_1 H_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2}}{[H^+]} + \frac{2K_1 K_2 H_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2}}{[H^+]^2}$$

Modelo de pH para $\text{CO}_2 + \text{SO}_2$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[H^+]} + \frac{K_1 H_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2}}{[H^+]} + \frac{2K_1 K_2 H_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2}}{[H^+]^2} + \frac{K'_1 H_{\text{SO}_2} P_{\text{SO}_2}}{[H^+]} + \frac{2K'_1 K'_2 H_{\text{SO}_2} P_{\text{SO}_2}}{[H^+]^2}$$

Modelo de pH para CO₂+NH₃

$$[H^+] = \frac{Kw}{[H^+]} + \frac{K_1 H_{CO_2} P_{CO_2}}{[H^+]} + \frac{2K_1 K_2 H_{CO_2} P_{CO_2}}{[H^+]^2} - \frac{K H_{NH_3} P_{NH_3} [H^+]}{Kw}$$

Modelo de pH para CO₂+SO₂+NH₃

$$[H^+] + \frac{K H_{NH_3} P_{NH_3} [H^+]}{Kw} = \frac{Kw}{[H^+]} + \frac{K_1 H_{CO_2} P_{CO_2}}{[H^+]} + \frac{2K_1 K_2 H_{CO_2} P_{CO_2}}{[H^+]^2} + \frac{K'_1 H_{SO_2} P_{SO_2}}{[H^+]} + \frac{2K'_1 K'_2 H_{SO_2} P_{SO_2}}{[H^+]^2}$$

Para resolver una ecuación de tercer grado se sabe que:

$$x^3 + px = q$$

$$x = \sqrt[3]{\sqrt{\left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2} + \frac{q}{2}} - \sqrt[3]{\sqrt{\left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2} - \frac{q}{2}}$$

Donde:

$$x = [H^+]$$

$$p = \frac{Kw + H_{CO_2} K_1 P_{CO_2} + H_{SO_2} K_1 P_{SO_2}}{\left(1 + \frac{H K P_{NH_3}}{Kw}\right)}$$

$$q = \frac{-2H_{CO_2} K_1 K_2 P_{CO_2} - 2H_{SO_2} K_1 K_2 P_{SO_2}}{\left(1 + \frac{H K P_{NH_3}}{Kw}\right)}$$

Actividades

- 1.- Varie la concentración de cada gas y anote cual es el resultado del valor de pH.
- 2.- ¿Qué sucede con el pH si se incrementa el SO_2 manteniendo los otros gases constantes y observe lo mismo al variar el NH_3 .?
- 3.- Mediante el siguiente panel varíe cada uno de los contaminantes del valor mínimo al máximo.
- 4.- Anote los valores de concentración y sus resultados. Realice tres ejercicios donde varíe los tres compuestos anote las concentraciones y los resultados del pH.

Sedimentación Ácida
Deposito humedo ácido

Inicio Evaluación Diagnóstica Determinación del pH Actividad de aprendizaje Evaluación Fuentes

Mediante el siguiente panel varié cada uno de los contaminantes del valor mínimo al máximo.

- Anote los valores de concentración y sus resultados.
- Realice por lo menos tres ejercicios donde varíe los tres compuestos y anote las concentraciones y los resultados del pH.
- Varíe la concentración de cada gas y anote cual es.
- Observe que sucede con el pH si se incrementa el SO_2 manteniendo los otros gases constantes y observe lo mismo al variar el NH_3 .
- El pH de la lluvia natural solo se ve influenciada por las concentraciones de CO_2 , vea como varia el pH cambiando solo las concentraciones de este compuesto.

The simulation panel shows a landscape with a tree and flowers under a cloudy sky with rain. Below the landscape are three pollutant control panels:

CO_2	SO_2	NH_3
330 ppm	0 ppb	0 ppb

To the right of the simulation panel is a pH display showing "pH = 0" and a "Ver resultado" button.

introducción objetivo general dirigido a acreditación

Figura 4.1: Actividad de aprendizaje de la página web. Controlador de SO_2 , NH_3 y CO_2

Cuestionario

1. Indicar si es Verdadero (V) o Falso (F)
 - La depositación puede ser húmeda y seca ()
 - Se puede considerar que se tiene lluvia ácida si el pH de una muestra es de 6 ()
 - Se puede considerar que se tiene influencia antropogenica en la lluvia si el pH de una muestra es de 6.8 ()
 - El incremento en la concentración ambiental de SO_2 induce una reducción del pH ()
 - El incremento en la concentración ambiental de NH_3 induce un incremento en el pH ()
2. ¿Cuál es el intervalo de acidez natural de la lluvia ácida?
 - a. (1 - 2.8)
 - b. (2.8 - 5)
 - c. (5 - 5.8)
3. Si existe polvo en el ambiente que contenga CaCO_3 en el caso de lluvia que esperarías:
 - a. El pH de la lluvia no cambie
 - b. El pH de la lluvia se incrementa
 - c. El pH de la lluvia disminuye
4. Si se tiene lluvia ácida ¿qué efectos esperarías en construcciones y monumentos que contienen CaCO_3 ?
 - a. Nada
 - b. Corrosión

c. Sedimentación

5. Si la emisión principal de los volcanes es SO_2 ¿qué pH se esperaría de la depositación húmeda?

a. Aumente

b. Disminuye

c. No cambia

6. ¿Qué gas formaría el H_2CO_3 en la atmósfera?

a. CO_2

b. SO_2

c. NH_3

7. El pH es afectado por emisiones de fábricas, vehículos y productos derivados del petróleo.

Indique a que tipo de emisión corresponden:

a. Natural

b. Biogénica

c. Antropogénica

d. Todas las anteriores

8. Comentar que sucede cuando se varia la concentración de cada uno de los contaminantes.

Referencias

1. Basic Physical Chemistry for the Atmospheric Sciences. Autor Peter . Hoobs Editorial Cambridge University Press 2000

2. Fundamentals of Environmental Chemistry. 2nd Ed. Autor: Stanley E. Manahan. Lewis Publishers 2001
3. <http://dione.cuaed.unam.mx/jgarrido/lluvia>

Capítulo 5

Guión Experimental

“Influencia de la Lluvia Ácida en el Suelo”

Objetivo académico: El alumno identificara el efecto de la lluvia ácida en el suelo.

Problema: Identificar la capacidad amortiguadora de tres muestras de tierra superficial.

Introducción

La tierra a veces contiene sustancias, como la piedra caliza, que amortigua los ácidos y bases. Algunas sales en el suelo pueden actuar como amortiguadores. En este experimento se determinará si el suelo analizado puede amortiguar los ácidos. Se observara el cambio en el pH de una mezcla ácido y de suelo vertida sobre un filtro. Si el agua colectada de ese filtro es menos o más ácida que la mezcla original, entonces el suelo ha amortiguado los ácidos.

Si no varia, entonces el suelo no es capaz de amortiguar ácidos.

La capacidad amortiguadora de una solución es por definición, “el número de moles de ácido o base fuerte que se requieren para modificar el pH de esta solución”.

Materiales y Equipos

- **Materiales**

- Papel filtro

- 4 Vasos de precipitados de 100ml

- 1 Vaso de precipitados de 500ml

- 1 Vaso de precipitados de 1 L

- 1 Agitador de varilla de vidrio

- 4 Embudos grandes de vidrio

- Pipeta de 5ml

- Probeta de 50ml

- Propipeta

- Espátula

- 2 Soportes Universales

- 4 Anillos para soporte

- 4 Pinzas 3 dedos

- **Reactivos**

- Agua destilada

- Ácido acético

- Carbonato de Calcio

- 4 muestras de 20 ml (en volumen) de tierra superficial

- Equipos
Potenciómetro

Desarrollo Experimental

1. Colocar 5 ml de ácido acético en 200 ml de agua destilada, mezclar bien, y medir el pH de la solución. El pH de la solución ácido/agua debe encontrarse cerca de 4. Si es menor adicionar carbonato de calcio, mezclar y volver a medir pH. Si el pH es mayor a 4, adicione una gota o 2 de ácido acético, mida el pH.
2. Colocar el papel filtro en el embudo y llene el filtro con la tierra de la muestra A.
No comprima la tierra en el embudo.
3. Sostenga el filtro sobre un vaso de precipitados vacío y vierta lentamente 50 ml de la solución de ácido/agua sobre la tierra.
4. Determine el pH de la solución filtrada, deseche y registre el resultado en el cuadro 5.
5. Repita el paso 3 y 4 hasta completar 200 ml de la solución ácido/agua para la muestra A.
6. Realice lo mismo con las muestras de tierra restrantes, utilice un filtro nuevo en cada muestra.

Instrucciones

1. Llene la tabla de resultados experimentales
2. Realice una gráfica de pH vs. volumen de solución de ácido/agua.

Resultados Experimentales

pH de la solución *ácido/agua*

Volumen adicionado (ml)	50	100	150	200
Muestra	pH	pH	pH	pH
A				
B				
C				
D				

Cuestionario

1. Describa el comportamiento del pH de acuerdo al incremento del volumen de solución ácido/agua para cada una de las muestras de tierra superficial.
2. ¿En cuál de las muestras no se observó un cambio de pH entre la solución ácido/agua y el filtrado?
3. ¿A qué se debe que en los filtrados se tenga un pH diferente con respecto al pH de la solución adicionada?
4. ¿Qué fenómeno se presenta cuando el pH de la solución filtrada es diferente al de la solución adicionada y éste no cambia?
5. ¿Cuál de las muestras presenta este fenómeno?
6. ¿Por qué razón a un volumen determinado la solución filtrada llega a tener el pH de la solución adicionada?
7. En la muestra del inciso 5, ¿qué volumen se adicionó antes de observar un cambio drástico en el pH?

8. ¿Determine los moles de H^+ que se neutralizan por cada ml de tierra para el inciso anterior.
9. De acuerdo a su respuesta anterior ¿Cuál sería la capacidad amortiguadora de la muestra?

Referencias

1. Basic Physical Chemistry for the Atmospheric Sciences. Author Peter . Hoobs Editorial Cambridge University Press 2000.
2. Fundamentals of Environmental Chemistry. 2nd Ed. Author: Stanley E. Manahan. Lewis Publishers 2001.

Capítulo 6

Guión Experimental “Ruido”

Objetivo académico: El alumno mediante mediciones del nivel sonoro, comprenderá el concepto de nivel sonoro continuo equivalente.

Problema: Determinar si el nivel de exposición a ruido por tres equipos del laboratorio de ingeniería química se encuentra dentro de la normatividad.

Introducción

El sonido es toda variación de presión que es capaz de ser percibida por nuestro oído; se denomina ruido cuando resulta molesto o indeseado. El ruido es un agente físico (una forma de energía) que se transmite desde la fuente hacia el espacio circundante. Aunque se encuentra presente en todos los ámbitos de la vida, adquiere especial relevancia en el lugar de trabajo. La unidad de medición del ruido es el decibel (que cuantifica la presión de la onda sonora). Sin embargo, para medir el ruido al que se encuentran expuestos los trabajadores/as, se utiliza una unidad de medición especial adaptada al nivel

de percepción del oído humano denominada decibel A (dBA). El límite general establecido para una jornada de ocho horas de trabajo es de 90 decibeles (NOM-011-STPS) Ver Anexo A, que cubre las actividades humanas normales y el ruido de algunas máquinas. El nivel de presión sonora (L) se mide mediante el sonómetro.

Materiales y Equipos

- Equipos
 - 1 Sonómetro
 - 1 Cronómetro

Desarrollo Experimental

1. Realice dos conjuntos de 5 a 6 mediciones de 3 equipos del laboratorio de ingeniería química en un período de hasta 5 minutos para cada equipo.
2. Para el primer conjunto de mediciones establezca intervalos de tiempo constante para las mediciones.
3. Para el segundo conjunto de mediciones establezca períodos variables.
4. La ubicación del operador sera la utilizada para realizar las mediciones, considere de 1.3 a 1.5 metros de distancia entre el equipo y el sonómetro.
5. Para cada equipo mida el ruido de fondo (a 180° de la fuente).

Instrucciones

1. Llene la tabla correspondiente
2. Realice una gráfica de L con respecto al tiempo para cada equipo

Resultados Experimentales

Equipo	Tiempo (s)	L (dBA)I	Fondo L (dBA)	Tiempo (s)	L (dBA)II
1					
1					
1					
1					
1					
1					
1					
2					
2					
2					
2					
2					
2					
3					
3					
3					
3					
3					
3					

Cuestionario

1. A partir de los datos experimentales determine el nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq}) para cada equipo para los diferentes intervalos de tiempo. Ver anexo B

2. Calcule el L_{eq} de fondo. ¿Existe alguna diferencia entre L_{eq} obtenidos para las mediciones realizadas y el L_{eq} de fondo?
3. ¿Existe alguna diferencia entre L_{eq} obtenidos para las mediciones realizadas considerando los intervalos de tiempo constantes y los variables?
4. Incluya en cada una de las gráficas la línea del L_{eq} obtenido.
5. ¿Qué efectos a la salud podría inducir la emisión de ruido de cada equipo? Utilice el valor obtenido de L_{eq} y el anexo A
6. ¿Cuál es el nivel promedio de potencia sonora (L_p) de los tres equipos?
7. Del valor obtenido en el inciso 6 indique que efectos a la salud podría inducir esa emisión de ruido.
8. Considerando que el valor calculado en el inciso 6 fuese el nivel de exposición durante 8 horas, indique si se encuentra dentro o fuera de la norma (Anexo C)
9. Calcule el tiempo máximo permisible de exposición (TMPE) al nivel de potencia sonora obtenido en el inciso 6.

6.1. Referencias

- Davis & Masten, "Ingeniería y ciencias ambientales", Mc Graw Hill.

Anexo A

Efectos a la salud

El ruido puede causar efectos como la pérdida total o parcial de la capacidad auditiva de forma permanente e irreversible (hipoacusia o sordera) debido a una exposición prolongada a altos niveles de ruido o a un ruido brusco y muy intenso. Además, está asociado al origen de trastornos no auditivos de carácter fisiológico (respiratorios, cardiovasculares, digestivos, nerviosos, etc.) y psicológico (problemas de concentración, estrés, fatiga mental, etc.). Por otra parte, y como consecuencia de su interferencia en la comunicación y en la capacidad de atención del trabajador/a, el ruido constituye una condición que contribuye a la materialización de riesgos de accidente.

Decibeles	Efectos nocivos
0 - 25	Audición normal
<25 - 30	Dificultad en conciliar el sueño Pérdida de calidad del sueño
<30 - 40	Dificultad en la comunicación verbal
<40 - 45	Probable interrupción del sueño
<45 - 50	Malestar diurno moderado
<50 - 55	Malestar diurno fuerte
<55 - 65	Comunicación verbal extremadamente difícil
<65 - 75	Insomnio Posibles desequilibrios fisiológicos
<75 - 95	Fatiga Agresividad Pérdida de oído a largo plazo
<95 - 110	Hipertensión arterial Lesión en la audición Pérdida de oído a corto plazo
<110 - 130	Lesiones celulares Lesión irreversible en el sistema auditivo

Anexo B

Nivel promedio de potencia sonora

Debido a la naturaleza logarítmica del decibel, el valor promedio de una serie de mediciones del nivel de potencia sonora no puede calcularse de manera normal. En su lugar se debe emplear la siguiente ecuación.

$$L_p = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{eqi}/10}$$

Donde:

L_p = nivel promedio de potencia sonora (dB ref.:20 mPa)

N = número de mediciones

L_{eqi} = i-ésimos niveles de potencia sonora (dB ref. 20 mPa)

Nivel sonoro continuo equivalente

En el nivel en dB(A) de un ruido constante correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado, en un punto determinado y durante un período de tiempo T. Se basa en una ponderación de tiempo. Viene dado por la expresión:



Figura 6.1: Nivel sonoro continuo equivalente L_{eq}

$$L_{eq} = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \cdot t_i}{\sum_{i=1}^N t_i}$$

Donde:

L_i = nivel de ruido, en dB (A), de la i-ésima medición

N = número total de mediciones realizadas

t_i = tiempo de la medición

Anexo C

Cálculo del tiempo máximo permisible de exposición

NER (Nivel de Exposición a Ruido) dB (A)	TMPE (Tiempo Máximo Permisible de Exposición)
90	8 horas
93	4 horas
96	2 horas
99	1 hora
102	30 minutos
105	15 minutos

Cálculo del TMPE

$$TMPE = \frac{8}{2^{\frac{NER-90}{3}}}$$

Capítulo 7

Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

- Los Guiónes Experimentales producto de esta tesis representan una propuesta para el curso teórico-práctico de Protección Ambiental I del plan 2005 para la carrera de Ingeniería Química, de acuerdo con el Programa de la Reforma en la Enseña Experimental.
- Los guiones experimentales propuestos cumplen el objetivo planteado al inicio de este trabajo.
- El realizar los guiones experimentales en el laboratorio previamente es fundamental para la elaboración del guión y la confirmación de la obtención del objetivo académico, así como el tiempo estimado (de dos a tres horas) para su realización de cada uno de ellos.
- Cada uno de los guiones experimentales aborda un tema relevante de acuerdo al programa de la asignatura de Protección Ambiental, con esto se le da una visión más amplia al estudiante, fortaleciendo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Guión experimental de ozono. Se cumplió el objetivo que es la existencia del perfil diurno de ozono de un sitio, mediante monitoreo pasivo e información meteorológica. Se observó el máximo diurno de ozono y se identificó la influencia de la meteorología en las mediciones.

Sedimentación ácida (UAPA). Se logró generar la página web donde se apoyo con la parte teórica, por medio de modelación numérica se comprende los efectos de los gases en la acidez de la lluvia.

Se puede consultar esta unidad de apoyo para el aprendizaje en la siguiente dirección electrónica:

<http://dione.cuaed.unam.mx:3003/jgarrido/lluvia/lluvia.html>

Guión de lluvia ácida. Se consiguió el objetivo del guión (identificar el efecto de la lluvia ácida en tierra artificial), observando el efecto amortiguador que tiene cada tierra y comprender que este fenómeno depende de la composición de cada sitio.

Guión Ruido. Se cumplió el objetivo académico (el alumno mediante mediciones del nivel sonoro, comprenderá el concepto de nivel sonoro continuo equivalente), se observó que aunque no es constante el ruido se puede observar que se puede calcular un nivel sonoro continuo y observar los efectos a la salud que puede ocasionar este tipo de contaminación.

7.2. Recomendaciones

Para realizar el **guión experimental de ozono**, es necesario tomar en cuenta:

- La bolsa que contenga a los detectores se encuentre bien sellada para evitar reacción prematura con el aire.

- Al asignar la ubicación del detector que no se exponga a la luz directamente, ya que esta hace reacción con el yoduro de potasio.
- Tomar la humedad del día en que se realiza el experimento, para poder ubicar los resultados en la escala de nivel de ozono.
- Registrar el intervalo de tiempo de cada muestreo.
- Visitar la página web de monitoreo atmosférico de la ciudad de México de donde se obtienen los valores de ozono para la ciudad, con fines de comparación con los datos obtenidos.

Para el **guión de lluvia ácida** se tiene que tomar en cuenta la preparación de la tierra.

- Preparación de la tierra:

Sitio A. Tierra de Mar

Sitio B. Tierra de Río

Sitio C. Turba

Sitio D. 20 ml de arena + 1.5 g de CaCO_3

- Es importante que el pH de la solución ácido/agua sea de 4

Guión experimental ruido

- Saber manejar el equipo (sonómetro).
- Identificar la ubicación del operador ya que será utilizada para realizar las mediciones.

Los **trabajos a futuro** que se podrían realizar para complementar los guiones experimentales serían los siguientes:

- Aeropartículas (material biológico cultivable y no cultivable)
- Determinación de emisiones (partículas, tóxicos atmosféricos, SO_2 , CO_2 , entre otros) en un ducto.

Bibliografía

- <http://www.chemheritage.org/EducationLServices/FACES/env/activity/tater.htm>
- <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/>
- <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/difusion/consultas/concentraciones/>
- <http://pembu.atmosfcu.unam.mx/version/index.html>
- <http://pembu.atmosfcu.unam.mx/version/pembu.html>
- Basic Physical Chemistry for the Atmospheric Sciences. Author Peter . Hoobs Editorial Cambridge University Press 2000.
- Fundamentals of Environmental Chemistry. 2nd Ed. Author: Stanley E. Manahan. Lewis Publishers 2001.
- Davis & Masten, "Ingeniería y ciencias ambientales", Mc Graw Hill, 2004.
- <http://dione.cuaed.unam.mx/jgarrido/lluvia/>

Anexo

7.3. Demostración de pH de lluvia ácida

Considerando que el agua también tiene un equilibrio tenemos la ecuación 4.7, dando como resultado la siguiente ecuación:

$$K'w = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} = 1.86 \times 10^{-16} M \text{ a } 298 \text{ K}$$

Si K_w es igual a:

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

Despejando K_w

$$K_w = K'w \cdot [H_2O] = 1.86 \times 10^{-16} \cdot (0.55 \text{ mol/L}) = 1 \times 10^{-14}$$

De acuerdo con la ecuación 4.1, se sabe que:

$$[CO_2 \cdot H_2O] = H_{CO_2} P_{CO_2}$$

donde: $H = 3.4 \times 10^{-2} \frac{M}{atm}$

Haciendo las constantes de equilibrio para las reacciones 4.2 y 4.3

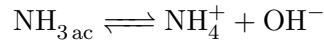
$$K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[CO_2 \cdot H_2O]} = 4.28 \times 10^{-7} M$$

$$K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = 4.687 \times 10^{-11} M$$

Aplicando el principio de electroneutralidad tenemos que las cargas positivas deben ser igual a las negativas, entonces:

$$[H^+] = [OH^-] + [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}]$$

Ahora se hace lo mismo para el caso del NH_3
 Si la reacción es :



Entonces:

$$H_{\text{NH}_3} = \frac{[\text{NH}_{3(ac)}]}{P_{\text{NH}_3}} = 5.8 \times 10^1 \frac{M}{\text{atm}}$$

Haciendo la constante de equilibrio

$$K = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_{3(ac)}]} = 5.6 \times 10^{-10}$$

Despejando el NH_4^+

$$\text{NH}_4^+ = \frac{K_1 H_{\text{NH}_3} P_{\text{NH}_3} \cdot [H^+]}{K_w}$$

Por el principio de electroneutralidad tenemos:

$$[H^+] + [\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}]$$

$$[\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}] = H_{\text{SO}_2} P_{\text{SO}_2}$$

$$H_{\text{SO}_2} = \frac{[\text{SO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]}{P_{\text{SO}_2}} = 1.2 \frac{M}{\text{atm}}$$

$$K'_1 = \frac{[H^+][\text{HSO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{SO}_3]} = 1.71 \times 10^{-2}$$

$$K'_2 = \frac{[H^+][\text{SO}_3^{2-}]}{[\text{HSO}_3^-]} = 5.98 \times 10^{-8}$$

$$[H^+] = [\text{OH}^-] + [\text{HSO}_3^-] + 2[\text{SO}_3^{2-}]$$

Despejando de K_1 $[\text{HSO}_3^-]$

$$[\text{HSO}_3^-] = \frac{K_1 [\text{H}_2\text{SO}_3]}{[H^+]}$$

$$[\text{HSO}_3^-] = \frac{K_1 H_{\text{H}_2\text{SO}_3} P_{\text{H}_2\text{SO}_3}}{[H^+]}$$

$$[\text{SO}_3^{2-}] = \frac{K'_2 [\text{HSO}_3^-]}{[H^+]}$$

$$[\text{SO}_3^{2-}] = \frac{K'_1 K'_2 H_{\text{H}_2\text{SO}_3} P_{\text{H}_2\text{SO}_3}}{[H^+]}$$

Juntando los tres compuestos

$$[H^+] + [\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HSO}_3^-] + 2[\text{SO}_3^{2-}]$$

$$[H^+] + \frac{K H_{\text{NH}_3} P_{\text{NH}_3}}{[\text{OH}^-]} = \frac{Kw}{[H^+]} + \frac{K_1 H_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2}}{[H^+]} + \frac{2K_1 K_2 H_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2}}{[H^+]^2} + \frac{K'_1 H_{\text{SO}_2} P_{\text{SO}_2}}{[H^+]} + \frac{2K'_1 K'_2 H_{\text{SO}_2} P_{\text{SO}_2}}{[H^+]^2}$$

$$[H^+] + \frac{K H_{\text{NH}_3} P_{\text{NH}_3} [H^+]}{Kw} = \frac{Kw}{[H^+]} + \frac{K_1 H_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2}}{[H^+]} + \frac{2K_1 K_2 H_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2}}{[H^+]^2} + \frac{K'_1 H_{\text{SO}_2} P_{\text{SO}_2}}{[H^+]} + \frac{2K'_1 K'_2 H_{\text{SO}_2} P_{\text{SO}_2}}{[H^+]^2}$$

Multiplicando por $[H^+]^2$

$$[H^+]^3 + \frac{K H_{\text{NH}_3} P_{\text{NH}_3} [H^+]^3}{Kw} = Kw[H^+] + K_1 H_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2} [H^+] + 2K_1 K_2 H_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2} + K'_1 H_{\text{SO}_2} P_{\text{SO}_2} [H^+] + 2K'_1 K'_2 H_{\text{SO}_2} P_{\text{SO}_2}$$

Factorizando $[H^+]^3$ y $[H^+]$ e igualando a cero

$$[H^+]^3 \left(1 + \frac{K H_{\text{NH}_3} P_{\text{NH}_3}}{Kw}\right) - [H^+] (Kw + H_{\text{CO}_2} K_1 P_{\text{CO}_2} + H_{\text{SO}_2} K'_1 P_{\text{SO}_2}) - 2H_{\text{CO}_2} K_1 K_2 P_{\text{CO}_2} - 2H_{\text{SO}_2} K'_1 K'_2 P_{\text{SO}_2} = 0$$

Para resolver una ecuación de tercer grado se sabe que:

$$x^3 + px = q$$

$$x = \sqrt[3]{\sqrt{\left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2} + \frac{q}{2}} - \sqrt[3]{\sqrt{\left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2} - \frac{q}{2}}$$

Donde:

$$x = [\text{H}^+]$$

$$p = \frac{K_w + H_{\text{CO}_2} K_1 P_{\text{CO}_2} + H_{\text{SO}_2} K'_1 P_{\text{SO}_2}}{\left(1 + \frac{HK P_{\text{NH}_3}}{K_w}\right)}$$

$$q = \frac{-2H_{\text{CO}_2} K_1 K_2 P_{\text{CO}_2} - 2H_{\text{SO}_2} K'_1 K'_2 P_{\text{SO}_2}}{\left(1 + \frac{HK P_{\text{NH}_3}}{K_w}\right)}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$K_w = 1 \times 10^{-14}$$

$$K = 5.6 \times 10^{-10}$$

$$K_1 = 4.283 \times 10^{-7} \text{M}$$

$$K_2 = 4.687 \times 10^{-11} \text{M}$$

$$K'_1 = 1.71 \times 10^{-2}$$

$$K'_2 = 5.98 \times 10^{-8}$$

$$H = 5.8 \times 10^1 \frac{\text{M}}{\text{atm}}$$

$$H_{\text{SO}_2} = 1.2 \frac{\text{M}}{\text{atm}}$$

$$H_{\text{CO}_2} = 3.4 \times 10^{-2} \frac{\text{M}}{\text{atm}}$$

Variando:

P_{CO_2} de 330 – 450 ppm

P_{NH_3} de 0 – 4 ppb

P_{SO_2} de 0 – 150 ppb

Haciendo el cálculo para el más ácido

$$P_{\text{CO}_2} = 450\text{ppm}$$

$$P_{\text{NH}_3} = 0$$

$$P_{\text{SO}_2} = 150\text{ppb}$$

$$[\text{H}^+] = 5.55 \times 10^{-5}$$

$$\text{pH} = 4.26$$

Haciendo el cálculo para el más alcalino

$$P_{\text{CO}_2} = 380\text{ppm}$$

$$P_{\text{NH}_3} = 4\text{ ppb}$$

$$P_{\text{SO}_2} = 0$$

$$[\text{H}^+] = 6.29 \times 10^{-7}$$

$$\text{pH} = 6.2$$