

¿Lluvia ácida en Uruguay?

Propuesta didáctica

Unidad curricular: Química. Tramo 8 - Grado 3°.

Competencias específicas de la unidad curricular y su contribución al desarrollo de las competencias generales del MCN

CE3. Abstrae, jerarquiza y selecciona información relevante, al representar las dimensiones fenomenológicas, corpusculares y cuantitativas del Equilibrio Químico a través de la propuesta y habilitación diferentes puntos de vista entre pares, para formular problemas modelizables.

Contribuye al desarrollo de las competencias generales del MCN: Relacionamiento con los otros, Pensamiento computacional.

CE5. Reflexiona sobre sus procesos de aprendizaje en relación con los ácidos y las bases a través del diseño de un proyecto científico para su aplicación en la salud o la industria.

Contribuye al desarrollo de las competencias generales del MCN: Intrapersonal y Metacognitiva.

Criterios de logro:

CL3. Analiza y selecciona información en el abordaje del estudio fenomenológico y cuantitativo del equilibrio químico, mediante el empleo de diversas herramientas digitales y estrategias de resolución de problemas en distintos procesos.

CL5. Construye de forma autónoma un proyecto basado en el estudio de los ácidos y las bases en relación con la salud o la industria, a través de la aplicación de variadas estrategias de aprendizaje de la ciencias naturales.

Temporalización:

Semana 1:

Se presenta la problemática a los estudiantes y se trabaja con la Actividad 0.

Se conforman grupos de tres integrantes para abordar la Actividad 1. Se propone que cada estudiante la resuelva inicialmente de forma individual y luego comparen sus respuestas en el grupo. En conjunto, deberán elaborar las respuestas a las preguntas 2, 3 y 4.

Se realiza una puesta en común de los trabajos de cada grupo.

Además, se introducen los conceptos de pH, escala de pH, formas de medición, cálculos relacionados y el uso de reactivos indicadores.

Semana 2:

Cada estudiante resuelve de manera individual la Actividad 2. Luego, en parejas, comparten sus respuestas y elaboran en conjunto un mapa mental que recoja las ideas principales. Al finalizar, cada pareja expone su mapa al grupo.

Se trabaja con la Actividad 3 (parte 1), realizando las observaciones correspondientes. Posteriormente, en pequeños grupos, representan de manera simbólica los pasos del mecanismo de formación del ácido sulfúrico.

Semana 3:

Se continúa con la Actividad 3 (parte 2), analizando los efectos de la lluvia ácida sobre diferentes materiales.

Se aborda la Actividad 4, centrada en el análisis de gráficas con el promedio anual de concentración de dióxido de azufre.

Luego, se trabaja con la Actividad 5 utilizando un simulador para explorar diferencias entre ácidos fuertes y débiles.

Finalmente, se analizan las características del ácido sulfúrico a partir de las definiciones de Arrhenius y Brönsted-Lowry, incluyendo el uso de constantes de acidez.

Semana 4:

Se introduce la técnica de valoración ácido-base mediante un ejemplo sencillo que permita la manipulación del instrumental y la determinación de la concentración de un ácido fuerte.

Se discute la toma de muestras de agua de lluvia, incluyendo la construcción de un pluviómetro y su adecuada conservación para análisis posterior.

Se realiza la Actividad experimental 6, que consiste en la determinación de la acidez de una muestra de agua de lluvia.

Semana 5:

Se realiza el post-laboratorio de la Actividad 6, analizando los resultados obtenidos por cada grupo.

Se presentan también los trabajos elaborados en la Actividad 3 (parte 2).

Se revisan los conceptos clave abordados a lo largo de la secuencia didáctica.

Semana 6:

Se desarrolla la Actividad 7, que profundiza en el estudio de los óxidos de nitrógeno. Como cierre de la propuesta didáctica, se propone la elaboración de un póster para socializar los hallazgos con la comunidad educativa en el marco de una feria escolar.

Además, se lleva a cabo una instancia de autoevaluación de la participación individual y coevaluación del trabajo en equipo.

Contenidos teóricos y prácticos:

- ☐ Ácidos y bases: definición de Brönsted y Lowry.
- ☐ Óxidos y su clasificación.
- ☐ Comportamiento ácido-base.
- ☐ pH.
- ☐ Escala de pH.
- ☐ Fuerza relativa de ácidos y bases.
- ☐ Constantes de disociación de ácidos y bases.
- ☐ Neutralización.
- ☐ Punto estequiométrico.
- ☐ Reactivos indicadores.

Actividad 0 - ¿Qué nos dice la lluvia? Una mirada química a los cambios en la atmósfera

¿Y si la lluvia no solo mojara, sino que se convirtiera en una señal de alerta del ambiente que estamos transformando?

Hace apenas unos días, un fenómeno extraño y preocupante sorprendió a habitantes del sur de Brasil, el norte de Uruguay y el sur de Paraguay: la llamada **lluvia negra**. En baldes colocados lejos de techos o paredes, el agua caída del cielo no era incolora como debería. Tenía un color oscuro, inusual. ¿Qué estaba ocurriendo?



El hollín de incendios forestales masivos en Brasil y Bolivia, arrastrado por el viento y atrapado en las nubes, fue el responsable de teñir la lluvia. Pero esta vez, no se trataba solo de un efecto visual. Expertos alertan: si en esa mezcla de humo y humedad se encuentran también residuos industriales, podríamos estar ante un enemigo mucho más peligroso: la **lluvia ácida**.

Esta situación real, ocurrida en nuestra región, nos desafía a comprender los procesos químicos detrás de estos fenómenos ambientales desde una mirada crítica y científica, y a preguntarnos: ¿qué responsabilidad tenemos como sociedad ante lo que ocurre en la atmósfera? ¿podemos anticipar, prevenir, actuar?

En esta propuesta vas a encontrar herramientas para comprender cómo se forma la lluvia ácida, qué consecuencias tiene para los ecosistemas, los materiales y la salud, y cómo se conecta con problemáticas globales como la quema de combustibles fósiles o la deforestación. Pero también vas a tener la oportunidad de pensar, debatir y proponer soluciones ante los desafíos ambientales del presente.

Guía de trabajo:

1. ¿Qué fenómeno climático ocurrió recientemente (2024) en el sur de Brasil, el norte de Uruguay y el sur de Paraguay? Identificá el nombre del fenómeno y describí brevemente en qué consistió, según el texto leído.
2. ¿En qué se diferencian la lluvia negra y la lluvia ácida? Buscá información confiable en fuentes científicas o educativas y elaborá una breve comparación entre ambos fenómenos, destacando sus causas, composición y posibles consecuencias.
3. Imaginá que vas a participar en un congreso estudiantil sobre desafíos ambientales que afectan a nuestro país. Una de las actividades consiste en

realizar una breve presentación (de 2 a 3 minutos) sobre el fenómeno de la lluvia negra. Pensá, ¿cómo organizarías tu presentación para que sea clara, atractiva y basada en evidencia científica? ¿Qué ideas o datos te parecen imprescindibles para transmitir a otros estudiantes?

4. ¿Qué aprendiste al realizar esta actividad que antes no sabías?

Actividad 1 - Una mirada al fenómeno de la lluvia ácida

Más de una vez, los agricultores esperan con ansias la llegada de la lluvia que riegue sus cultivos y asegure una buena cosecha. Si pudieran medir el grado de acidez del agua que cae del cielo, descubrirían que en zonas poco contaminadas la lluvia presenta un pH de 5,7, debido al dióxido de carbono disuelto de forma natural en la atmósfera.

Sin embargo, esta no es siempre la realidad. En regiones con altos niveles de contaminación, la acidez de las precipitaciones —que no solo incluyen la lluvia, sino también la niebla y la humedad del aire— puede ser mucho mayor. Esto se debe a la presencia de óxidos de azufre y nitrógeno emitidos principalmente por la quema de combustibles fósiles, tanto en vehículos como en procesos industriales.



Cuando estos gases reaccionan con el agua de la atmósfera, se forman ácidos que generan lo que conocemos como *lluvia ácida*. Este tipo de precipitación puede alcanzar valores de pH entre 3,0 y 4,5, e incluso, en casos extremos, descender por debajo de 3,0. El caso más grave registrado ocurrió en Escocia en 1974, cuando se detectó una lluvia con un pH de 2,4, equivalente a la acidez del vinagre.

Además, los contaminantes que dan origen a la lluvia ácida no permanecen en el lugar donde se producen: transportados por el viento, pueden recorrer cientos de kilómetros y afectar regiones muy distantes, convirtiéndose en un problema ambiental de alcance global.

Guía de trabajo:

1. ¿Cómo se define el término "lluvia ácida"? ¿Por qué el concepto de "precipitación ácida" resulta más amplio y preciso?
2. ¿Qué es el pH? ¿Cómo se calcula y qué tipo de escala presenta?
3. Diseña una escala de pH en la que incluyas ejemplos mencionados en el texto y otros sistemas que te parezcan relevantes.
4. Busca información sobre qué métodos existen para medir el pH de un sistema. Describe brevemente alguno de estos métodos y enumera los pasos necesarios para determinar el pH de una muestra de agua de lluvia.
5. ¿Por qué se considera que la lluvia ácida es un problema ambiental de escala global?

Actividad 2 - Descubriendo la lluvia ácida y su impacto en la vida cotidiana

A continuación, vamos a profundizar en los impactos que la lluvia ácida puede generar en distintos ámbitos. Analizaremos cómo este fenómeno afecta a los ecosistemas, a la salud de los seres humanos, especialmente en zonas urbanas e industriales, y a los materiales utilizados en construcciones y monumentos, que pueden deteriorarse más rápidamente debido a la acción de los ácidos presentes en la precipitación. Comprender estas consecuencias es fundamental para dimensionar la magnitud del problema y reflexionar sobre la necesidad de tomar medidas para prevenirlo.

a. Disminución del pH en ríos y lagos

Al comenzar a llover, y dependiendo del tipo de suelo sobre el que se asienta el cuerpo de agua, la acidez puede ser parcialmente neutralizada por compuestos básicos como los carbonatos (CO_3^{2-}), hidrógenocarbonatos o bicarbonatos (HCO_3^-) y otros iones presentes en el agua. Sin embargo, cuando la cantidad de ácido supera la capacidad de neutralización natural del sistema, se produce la acidificación del agua.

Este fenómeno genera múltiples consecuencias en los ecosistemas acuáticos: muchas especies de peces son sensibles a los cambios de pH, lo que provoca una disminución en su capacidad reproductiva y un aumento de la mortalidad. A su vez, se reduce la diversidad biológica, se disuelven los caparazones de moluscos, y disminuyen las poblaciones de fitoplancton y zooplancton. Esta pérdida de biodiversidad puede interrumpir la cadena alimentaria acuática, afectando a otras especies que dependen de estos organismos como fuente de alimento.

b. Disminución del pH del suelo

Los suelos asentados sobre lechos rocosos de granito o cuarzo tienen escasa capacidad para neutralizar los ácidos, por lo que se ven especialmente afectados. En cambio, los suelos con base calcárea (como la caliza) pueden amortiguar en parte los efectos de la lluvia ácida.

La acidificación del suelo produce la lixiviación —es decir, el arrastre— de iones esenciales como calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y potasio (K^+), fundamentales para el crecimiento de las plantas. Además, se liberan iones de metales pesados como plomo (Pb), mercurio (Hg), zinc (Zn), manganeso (Mn) y cadmio (Cd), que son tóxicos y pueden ser absorbidos por los vegetales o llegar a las aguas subterráneas. También aumenta la concentración de aluminio disuelto, que resulta perjudicial tanto para las plantas como para los organismos acuáticos.

c. Impacto sobre la flora

La lluvia ácida daña la vegetación al causar pérdida de color en las hojas, defoliación progresiva, deterioro de la corteza y reducción del crecimiento, debido a la disminución de nutrientes esenciales. Estas condiciones debilitan a las plantas y las hacen más vulnerables a plagas y enfermedades, pudiendo llevarlas a la muerte. Esto afecta especialmente a los ecosistemas forestales, con consecuencias negativas para el paisaje, la biodiversidad y actividades como el turismo y la recreación.

En cuanto a los cultivos, los efectos son variables según la especie: en algunos casos puede producirse pérdida de follaje, mientras que en otros, la presencia de nitrógeno en la lluvia ácida puede actuar como fertilizante, generando efectos aparentemente beneficiosos.

d. Efectos en la salud humana:

Aunque no se ha demostrado que la lluvia ácida, por sí sola, cause daños directos a la salud humana, sí existen riesgos importantes asociados a sus precursores. La exposición prolongada al dióxido de azufre (SO_2) y a los óxidos de nitrógeno (NO_x), gases responsables de la formación de la lluvia ácida, puede agravar enfermedades respiratorias y cardiovasculares, especialmente en personas con afecciones preexistentes, niños y adultos mayores.

e. Efectos en materiales y construcciones:

La lluvia ácida también impacta negativamente sobre el patrimonio cultural y la infraestructura. Al contener ácidos que reaccionan con materiales calcáreos como el mármol, la piedra caliza y la arenisca, acelera su deterioro. Esto afecta edificios históricos, monumentos y sitios arqueológicos, generando pérdidas culturales y altos costos de restauración. Además, incrementa la velocidad de corrosión de metales, comprometiendo la durabilidad de estructuras, vehículos y herramientas expuestas al ambiente.

Guía de trabajo:

1. ¿Qué iones presentes en el agua pueden neutralizar parcialmente la acidez de la lluvia en un cuerpo de agua?
2. ¿Por qué los suelos con lechos de granito o cuarzo son más vulnerables a la lluvia ácida que aquellos con lechos de caliza?
3. Si tuvieras que evaluar el impacto de la lluvia ácida sobre un ecosistema acuático local, ¿qué indicadores observarías en el agua y en los seres vivos?

4. Imaginá que sos parte de una campaña educativa en una comunidad rural. ¿Cómo explicarías, con ejemplos cotidianos, qué es la lluvia ácida y por qué debería importarles?
5. Algunos cultivos pueden beneficiarse del nitrógeno presente en la lluvia ácida. ¿Creés que este posible beneficio justifica los daños que la lluvia ácida produce en otros aspectos del ecosistema? Explicá tu respuesta.

Consejos para escribir una buena explicación

Cuando tengas que escribir una explicación, te puede ayudar tener en cuenta estas ideas:

- **Organizá el texto** con una estructura clara: empezá con una introducción, desarrollá las ideas principales y terminá con una conclusión.
- **Presentá una situación inicial** que ayude a entender lo que vas a explicar después.
- **Elegí información que sea relevante e interesante** para el tema. Podés usar tu creatividad: una explicación puede ser clara y a la vez tener un estilo más personal o expresivo.
- **Ubicá todo en un contexto bien definido**, para que se entienda mejor de qué estás hablando.

6. ¿Qué poblaciones humanas son más vulnerables a los efectos de los gases precursores de la lluvia ácida, y por qué?
7. ¿Cómo afecta la lluvia ácida al mantenimiento y preservación del patrimonio cultural de una ciudad?
8. ¿Qué medidas de prevención podrían implementarse en zonas urbanas para proteger los edificios históricos del deterioro causado por la lluvia ácida?
9. A partir de todo lo que leíste y analizaste en las actividades anteriores, completá el siguiente mapa mental sobre la lluvia ácida. Incluí en él los conceptos clave, causas, consecuencias y posibles acciones para mitigar sus efectos. Podés usar colores, flechas, dibujos o íconos que te ayuden a organizar visualmente la información.



Una vez terminado, compartí tu mapa mental con un compañero o compañera de tu grupo. Comparen sus producciones, intercambien ideas y destaquen los puntos en común y las diferencias.

Luego, elaboren juntos un nuevo mapa mental integrador que reúna las ideas más relevantes de ambos trabajos individuales. Este producto final será el que compartirán con el resto del grupo o clase.



10. ¿Qué aprendiste sobre la lluvia ácida que antes no sabías o no habías pensado?

Actividad 3 - La Química de la lluvia ácida

Descubriendo el impacto de los óxidos de azufre: ¡Experimento en acción!

Entonces los óxidos de azufre y nitrógeno son el problema, pero ¿te has puesto a pensar qué es lo que ocurre cuando reaccionan con el agua presente en la atmósfera?

Realizaremos una actividad experimental sencilla para analizarlo. Recuerda que debes estar bajo la supervisión del docente para hacerla y siempre tienes que cumplir con todas las normas de seguridad de trabajo en el laboratorio.

PARTE 1 - El efecto de la quema de azufre: una investigación experimental

- Llená el frasco de vidrio o vaso de Bohemia con agua hasta aproximadamente $\frac{1}{4}$ de su volumen total.
- Agregá unas gotas de azul de bromotimol al agua. Observá y registrá el color inicial del sistema.
- Colocá una pequeña cantidad de azufre en polvo (aproximadamente una cucharadita) en una copela metálica. En caso de no disponer de una, utilizá un recipiente similar que resista el calor.
- Encendé el mechero y, con cuidado, calentá la copela hasta que el azufre comience a arder. Este paso debe realizarse bajo la campana extractora del laboratorio, ya que los gases que se liberan son irritantes.
- Una vez que el azufre esté en combustión, introducí la copela en el frasco sin que toque el agua. Tapá el frasco para evitar la dispersión de los gases.
- Observá cómo el recipiente se llena con los gases resultantes. Agitá suavemente el sistema para favorecer la interacción entre los gases y el agua con el indicador.
- Registrá los cambios en el color del sistema.
 - ¿Qué gas se libera principalmente durante la combustión del azufre?
 - Escribí una ecuación química que represente el cambio observado.
 - ¿Qué sustancia se forma al reaccionar el gas liberado con el agua?
 - ¿Qué nos indica el azul de bromotimol sobre la acidez o basicidad del medio? ¿Cómo se interpreta el cambio de color observado?
 - ¿Qué son los reactivos indicadores? Busca información sobre el azul de bromotimol.

¿Cuál es el mecanismo por el cual se forma el ácido sulfúrico, responsable de la lluvia ácida?

El azufre se oxida para formar dióxido de azufre (SO_2). Luego, este gas puede oxidarse fotoquímicamente a trióxido de azufre (SO_3) al interactuar con la radiación ultravioleta. Finalmente, el trióxido de azufre reacciona con el vapor de agua presente en la atmósfera, dando lugar a ácido sulfúrico (H_2SO_4).

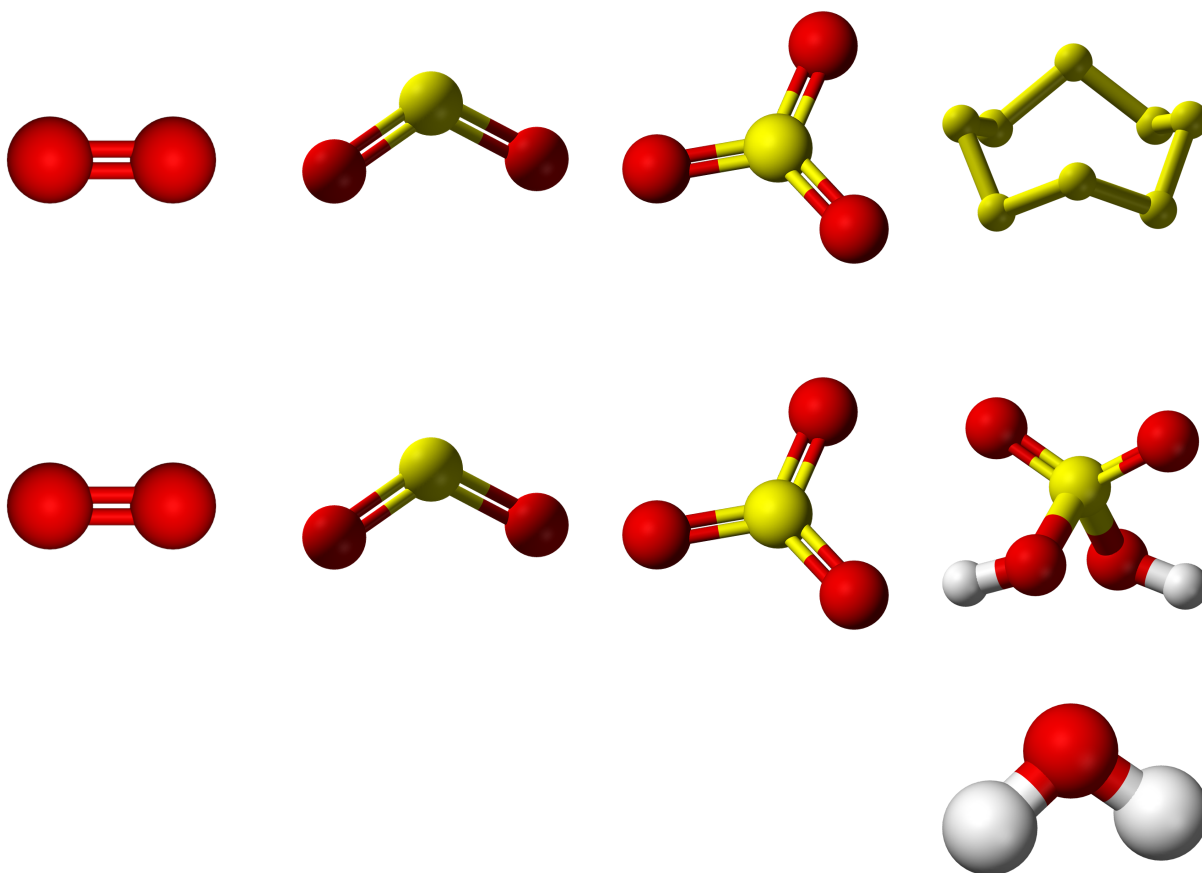
A. Representá con ecuaciones químicas los procesos descritos.

PASO 1:

PASO 2:

PASO 3:

B. A partir de la representación de las siguientes moléculas, realizá una modelización a nivel simbólico (o de partículas) de los tres procesos anteriores. Podés recortar las imágenes luego de imprimirlas para facilitar el armado de los mismos.



PARTE 2 - El impacto de la lluvia ácida en los materiales

Esta experiencia te permitirá investigar de forma práctica los efectos de la lluvia ácida sobre diversos materiales presentes tanto en objetos cotidianos como en construcciones y monumentos.

PASO 1 - Planificá tu experimento

Contás con los siguientes materiales:

- ☐ Solución de ácido sulfúrico 0,005 mol/L (simulación de lluvia ácida)
- ☐ Fragmentos de distintos materiales:
 - ☐ Hierro
 - ☐ Cobre
 - ☐ Zinc
 - ☐ Plomo
 - ☐ Tiza
 - ☐ Mármol
 - ☐ Piedra laja
 - ☐ Arenisca

Tu tarea es diseñar un plan experimental que te permita observar cómo afecta la lluvia ácida a cada uno de estos materiales a lo largo de **dos o tres semanas**. Para ello, debés:

- Pensar qué condiciones de exposición vas a mantener.
- Determinar cómo vas a organizar los materiales.
- Definir qué tipo de observaciones vas a realizar.
- Elaborar una tabla de registro que te ayude a sistematizar los datos semana a semana.

PASO 2 - Trabajo en grupo

Formá un grupo con tres compañeros/as más. Cada integrante debe compartir su plan de trabajo individual. Luego, en conjunto, respondan:

- ¿Qué elementos o pasos aparecen en todos los planes?
- ¿Qué ideas están presentes solo en algunos?
- ¿En qué aspectos están todos de acuerdo?
- ¿Hay alguna propuesta con la que no estés de acuerdo? ¿Por qué?
- ¿Qué otras ideas se podrían sumar para mejorar el plan grupal?

Con base en la puesta en común, diseñen un plan experimental consensuado y acuerden cómo van a registrar las observaciones (fotos, dibujos, anotaciones, videos, etc.). Luego, soliciten la aprobación del/la docente para llevarlo a cabo.

PASO 3 - Registro y análisis

Durante las tres semanas del experimento, deberán:

- Realizar observaciones periódicas y registrar los cambios visibles en los materiales.
- Tomar fotografías semanales de cada uno para documentar su evolución.
- Comparar los resultados con lo que esperaban que sucediera (hipótesis).

Al finalizar, elaboren un informe grupal donde indiquen:

- ¿Qué materiales fueron más afectados y cuáles menos? ¿Por qué creen que ocurrió esto?
- ¿Qué evidencias tienen para sostener sus conclusiones?
- ¿Qué relación encuentran entre estos resultados y los efectos de la lluvia ácida en el patrimonio urbano o natural?

PASO 4 - Más allá del experimento: descubriendo el impacto en nuestro entorno

Busquen ejemplos reales de cómo la lluvia ácida puede haber afectado metales o rocas en su entorno cercano (plazas, edificios, monumentos, estructuras metálicas, etc.).

Cada integrante debe:

- Tomar al menos una fotografía de un objeto o estructura afectada.
- Indicar la ubicación, una breve descripción del objeto o estructura, y los efectos observables (desgaste, corrosión, decoloración, etc.).
- Compartir la imagen y su análisis con el grupo.

Al final, pueden armar una presentación digital colaborativa (en Genially, Canva, PowerPoint, etc.) para compartir sus hallazgos con el resto de la clase.

Actividad 4 - ¿Qué nos dicen las gráficas? Analizando la concentración de dióxido de azufre en el aire

Las principales fuentes de dióxido de azufre (SO_2) son la quema de combustibles fósiles en industrias, vehículos y otras actividades humanas. En nuestro país, desde 2013, funciona una planta desulfuradora de combustibles que ha permitido reducir la emisión de este contaminante al ambiente. Gracias a este proceso, se obtiene azufre en forma líquida y sólida, el cual se utiliza como materia prima para la producción de ácido sulfúrico, evitando su liberación a la atmósfera. La disminución de dióxido de azufre en el aire es clave para proteger la salud de la población, ya que este gas puede provocar afecciones respiratorias en personas de todas las edades y es uno de los principales contaminantes del aire.

En el interior del país, las mediciones de SO_2 son coordinadas por la **Dirección Nacional de Medio Ambiente** (DINAMA) y realizadas por operadores locales, mientras que en [Montevideo](#) estas mediciones están a cargo de la Intendencia.

A continuación, se presentan dos gráficas que muestran las mediciones de dióxido de azufre registradas en los últimos años en la ciudad de Montevideo y en Las Cañas (departamento de Río Negro).

Para interpretarlas, ten en cuenta los tres niveles de análisis de una gráfica:

1. Información explícita:

- ¿Cuáles son las variables representadas?
- ¿Cómo se clasifican (dependiente e independiente)?
- ¿Qué valores adquieren?

2. Información implícita:

- ¿Qué significan los símbolos, colores o leyendas utilizados?
- ¿En qué unidades se expresa la información?
- ¿Qué relación se puede establecer entre las variables?

3. Información conceptual:

- ¿Qué conceptos químicos y ambientales se relacionan con esta gráfica?
- ¿Qué conclusiones podés obtener a partir de los datos y lo aprendido en clase?

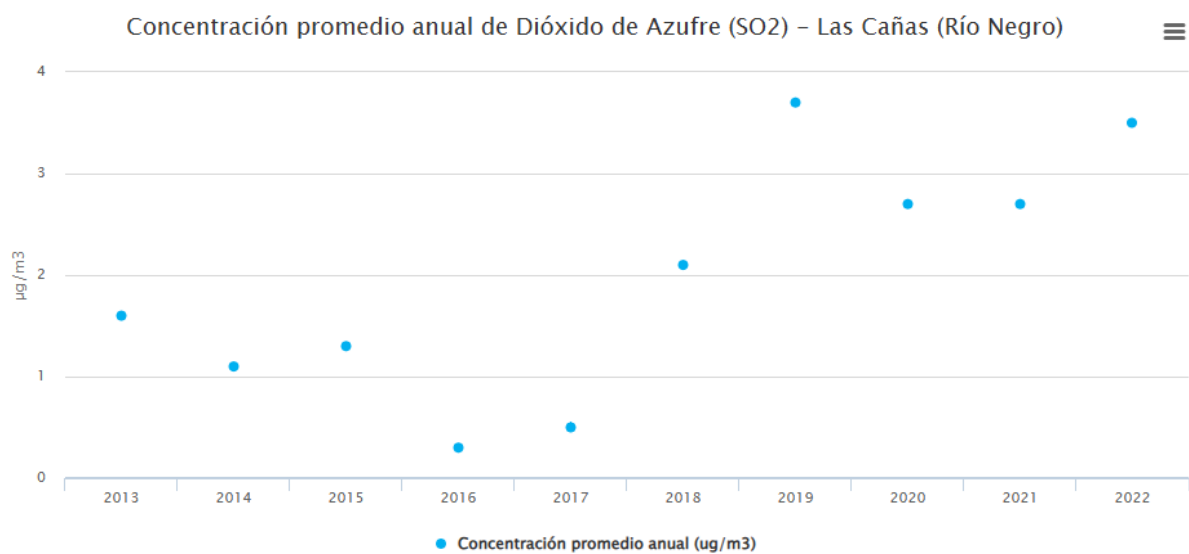
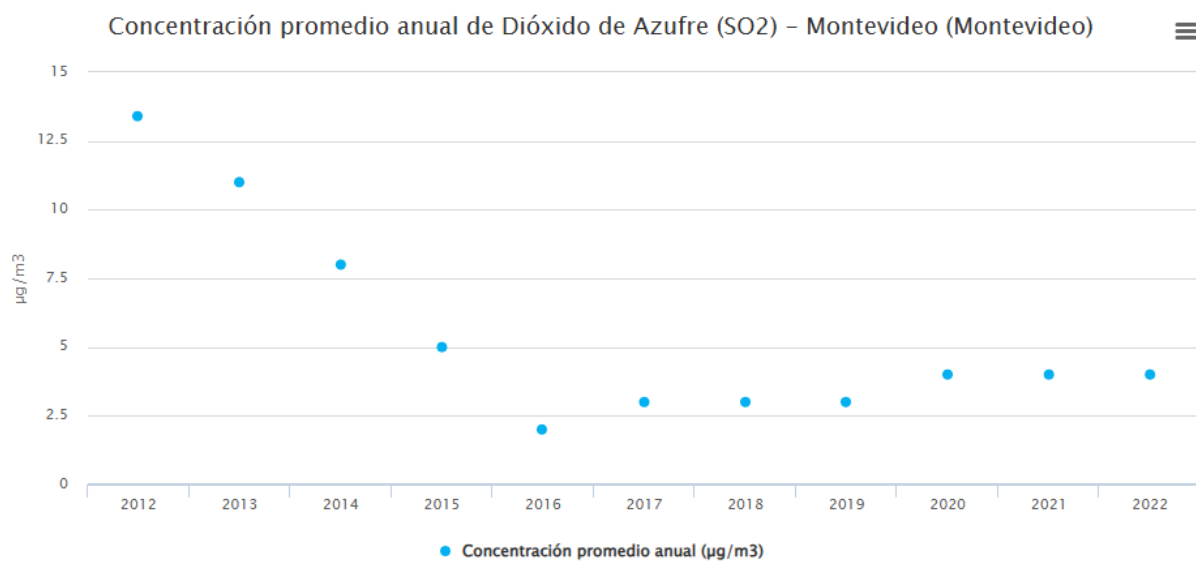
Guía de trabajo:

Realizá una interpretación de las gráficas presentadas y respondé:

¿Qué conclusiones podés sacar sobre la evolución de la concentración de dióxido de azufre en estas localidades?

Utilizá la siguiente tabla como guía para asegurarte de que tu análisis es completo.

¿Qué he de hacer?	Estará bien hecho si...
1- Identificar la información explícita de la gráfica	- Sé cuál es el título de la gráfica. - Sé cuáles son las variables que se han graficado. - Clasifiqué las variables en dependiente e independiente. - Identifiqué los valores que adquieren cada una de dichas variables.
2- Identificar la información implícita de la gráfica	- Interpreté las leyendas o símbolos usados, así como las unidades en las que se expresa una variable si corresponde. - Logré traducir la información interpretando correctamente los datos. - Identifiqué la relación de proporcionalidad que existe entre las variables analizadas.
3- Identificar la información conceptual	- Relacioné la gráfica con el contexto en el que se está trabajando (texto, ejercicio, problema, etc.). - Identifiqué qué conceptos de los trabajados en la clase se relacionan con la gráfica. - Pude elaborar una conclusión, si corresponde, tomando en cuenta los aspectos teóricos y los datos que aporta la gráfica.



Actividad 5 - Explorando la fuerza relativa de los ácidos

Meta de aprendizaje:

Los estudiantes:

- reconocerán las diferencias a nivel macroscópico y de partículas para un ácido fuerte al variar su concentración con la finalidad de analizar el comportamiento de los ácidos sulfúrico y nítrico.

Parte 1:

Juega con la [simulación](#) durante 5 minutos, para que puedas entender cómo funciona y cuáles son las variables que puedes modificar. Indaga ambas pestañas.

Describe las tres cosas más importantes que has encontrado.

→ 1:

→ 2:

→ 3:

Parte 2:

A continuación se presentan 7 preguntas de opción múltiple referidas a la simulación. Inicialmente seleccionarás la opción que piensas que es la correcta y utilizando la tarjeta correspondiente votarás. Luego contarás con algunos minutos para discutir con un par las razones de haber elegido esta opción. Se realizará nuevamente una votación en la que podrás volver a elegir la misma opción o modificar tu selección según lo que has compartido con el compañero. Finalmente el docente proyectará la simulación y se llevará a cabo la actividad para ver cuál es la opción correcta.

Se incluye un reto abierto en base al simulador y una actividad de profundización.

Pregunta 1

¿Qué ocurre con el valor del pH de dos ácidos, uno fuerte y otro débil, de la misma concentración?

A. El pH del ácido fuerte es más cercano a 0 que el del ácido débil.

B. El pH del ácido débil es más cercano a 0 que el del ácido fuerte.

C. No hay diferencias en los valores de pH.

Solución

☐ Agua (H_2O) 

☐ Ácido Fuerte (HA) 

☒ Ácido Débil (HA) 

☐ Base Fuerte (MOH) 

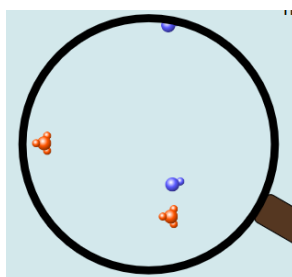
☐ Base Débil (B) 

Pregunta 2

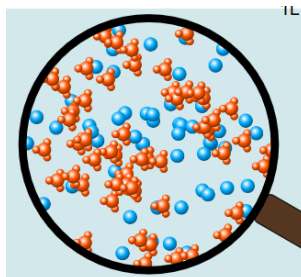
¿Cuál de las siguientes representaciones a nivel de partículas corresponde a un ácido fuerte?

Solución

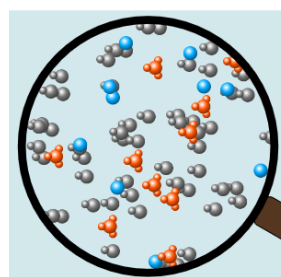
- ☐ Agua (H_2O) 
- ☒ Ácido Fuerte (HA) 
- ☐ Ácido Débil (HA) 
- ☐ Base Fuerte (MOH) 
- ☐ Base Débil (B) 



A



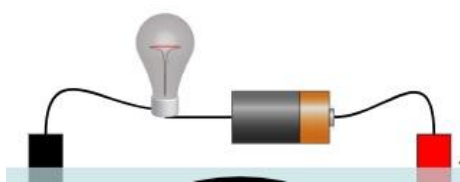
B



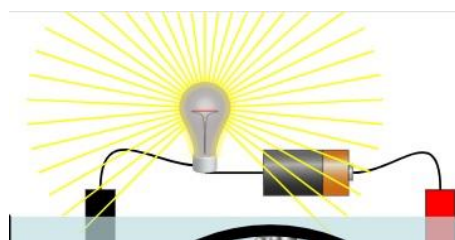
C

Pregunta 3

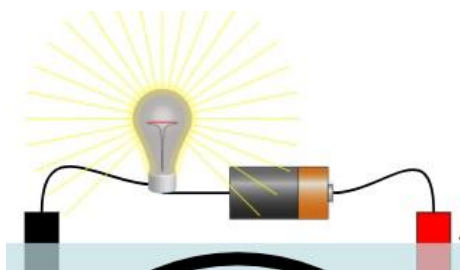
En caso de que el sistema esté constituido por un ácido fuerte, ¿qué nivel de intensidad luminosa esperas que se observe?



A



B



C

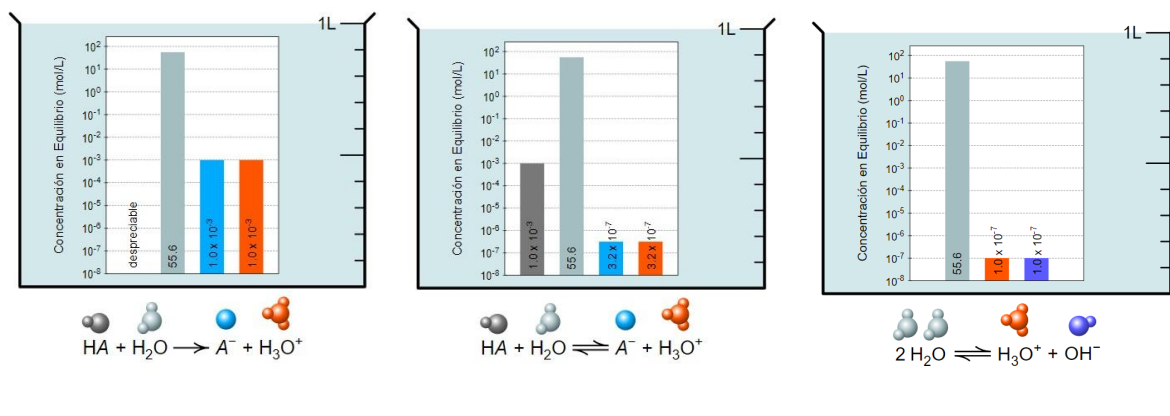
Pregunta 4

Indica a qué tipo de ácido corresponden las siguientes gráficas.

A. Disociación del agua.

B. Ácido débil.

C. Ácido fuerte.



Pregunta 5

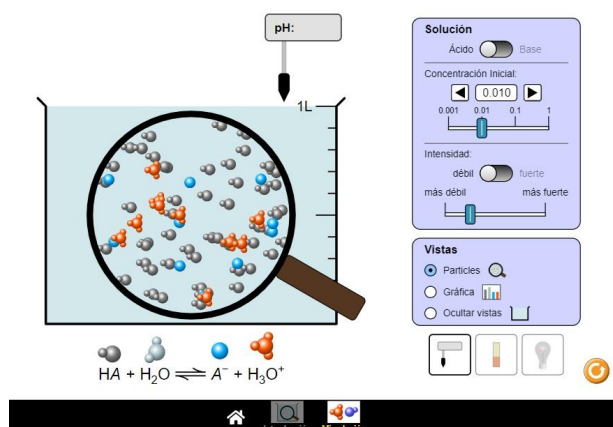
¿Cuál de las siguientes representaciones corresponde a un ácido fuerte?

- A.  $\rightleftharpoons$  + 
 $2 H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$
- B.  +  $\rightleftharpoons$  + 
 $HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$
- C.  +  $\rightarrow$  + 
 $HA + H_2O \rightarrow A^- + H_3O^+$

Pregunta 6

¿Qué ocurre a nivel de partículas con la cantidad de cationes hidronio H_3O^+ si la concentración del ácido fuerte pasa de 0,01 mol/L a 1,00 mol/L?

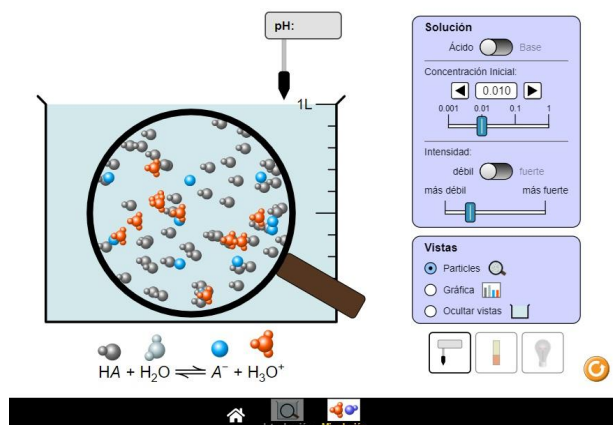
- A. Aumentará.
- B. Disminuirá.
- C. Se mantendrá igual.



Pregunta 7

¿Qué ocurre con el valor del pH al aumentar de 0,01 mol/L a 1,00 mol/L la concentración de un ácido fuerte?

- A. Aumentará.
- B. Disminuirá.
- C. Se mantendrá igual.



Reto abierto:

¿Cómo harías para observar el máximo nivel de intensidad luminosa en el sistema? Indica tres formas de lograrlo.

Para profundizar - De vuelta al ácido sulfúrico, un estudio en profundidad

- a. Representa una molécula de ácido sulfúrico tomando en cuenta su estructura de Lewis y distribución en el espacio.
- b. Busca las definiciones de ácido de Arrhenius y Brönsted-Lowry. ¿Cómo las aplicas para explicar el comportamiento del ácido sulfúrico?
- c. ¿Qué tipo de ácido es el ácido sulfúrico: fuerte o débil? ¿Cómo lo explicas?
- d. ¿Qué significa que un ácido sea muy reactivo? ¿Es lo mismo que sea un ácido fuerte? ¿Cómo lo explicas?
- e. Busca información sobre las constantes de acidez del ácido sulfúrico. ¿Qué información aportan dichas constantes?

Actividad 6 - Determinación del pH y la acidez de una muestra de agua

Hasta ahora, ya has analizado cómo el aumento en las emisiones de óxidos de nitrógeno y de azufre se relaciona con la acidificación de las precipitaciones. Pero quizás te preguntes: *¿cuál es la situación de la lluvia en el lugar donde vivo?*

Para comenzar, es importante saber cómo recolectar el agua de lluvia.

Para determinar el pH de una muestra de agua de lluvia, es necesario instalar un pluviómetro en un área abierta, alejada de edificios, árboles, techos u otras estructuras que puedan contaminar o desviar la precipitación. Observa el siguiente [video](#) para aprender a construir tu propio pluviómetro.



Con el fin de contar con un volumen suficiente para realizar la medición del pH, solo se consideran eventos de precipitación iguales o superiores a 1,0 mm. El proceso de medición y registro se realiza siguiendo estos pasos:

1. Se mide directamente en el pluviómetro la cantidad de precipitación en milímetros (mm).
2. Se transfiere el agua recolectada a un vaso de precipitados para estimar su volumen en mililitros (mL).
3. Se registra la fecha y la hora de la medición.
4. Se mide el pH utilizando un pH-metro previamente calibrado, y se determina la temperatura del agua *in situ* (es decir, en el mismo lugar de recolección) con un termómetro.
5. Finalmente, se registran todos los datos obtenidos: volumen, pH, temperatura, fecha y hora.

Introducción:

La acidez del agua se refiere a su capacidad para reaccionar cuantitativamente con una base fuerte hasta alcanzar un pH determinado. Esta propiedad depende de la presencia de ácidos minerales fuertes (como el ácido sulfúrico o nítrico), ácidos débiles (como el carbónico y el etanoico o acético) y sales que se hidrolizan en solución acuosa, como los sulfatos de hierro o de aluminio. Según el método utilizado para la determinación, distintos componentes pueden contribuir a la acidez medida. Además, los cambios en la acidez del agua pueden reflejar variaciones en su calidad, indicando posibles procesos de contaminación o alteraciones naturales.

Ahora que has recolectado tu muestra de agua de lluvia, es importante que sigas la siguiente técnica para medir su acidez de manera precisa.

Método de determinación de la acidez

La acidez se determina por titulación, utilizando una solución valorada de hidróxido de sodio (NaOH). Para identificar el punto de finalización de la titulación, se emplea el indicador fenolftaleína, que cambia de color al alcanzar un pH cercano a 8,3.

Según la concentración esperada de acidez, se utilizan diferentes condiciones de trabajo:

- **Para muestras con acidez menor a 1000 mg CaCO₃/L:**
 - Elige un volumen de muestra que contenga menos de 50 mg de equivalente en CaCO₃.
 - Titula utilizando una solución estandarizada de NaOH 0,020 mol/L.
- **Para muestras con acidez mayor a 1000 mg CaCO₃/L:**
 - Emplea un volumen de muestra que contenga menos de 250 mg de equivalente en CaCO₃.
 - Titula utilizando una solución estandarizada de NaOH 0,100 mol/L.

Si no se conoce previamente la acidez de la muestra, es recomendable realizar una titulación preliminar. Esta titulación inicial permite ajustar el tamaño de la muestra o seleccionar la concentración de la solución de NaOH más adecuada para obtener mediciones más precisas.

Muestreo y preservación de las muestras

Para garantizar resultados confiables, es fundamental respetar ciertas recomendaciones al momento de recolectar y conservar las muestras:

- Utiliza envases de plástico o vidrio limpios para la recolección.
- Llena completamente el envase, evitando dejar una cámara de aire, para minimizar el intercambio de gases con la atmósfera.
- Mantén las muestras refrigeradas a una temperatura de aproximadamente 4 °C.
- Realiza la determinación de la acidez lo antes posible luego de la recolección.
- Evita agitar en exceso las muestras o exponerlas al aire, ya que esto podría alterar su composición química.

Procedimiento:

Titulación de la solución de hidróxido de sodio (opcional)

1. Tomar 10,00 mL de una solución estándar de ácido oxálico dihidratado, agregar 2 gotas de fenolftaleína y titular con una solución de hidróxido de sodio (0,100 mol/L o 0,020 mol/L), agitando continuamente hasta que el indicador cambie de incoloro a un tenue rosado.

Titulación de la muestra

1. Seleccionar un volumen adecuado de muestra, medirlo con una pipeta aforada y transferirlo a un matraz Erlenmeyer. Agregar 2 gotas de fenolftaleína.
2. Lavar la bureta cuidadosamente: primero con agua corriente, luego con agua destilada y finalmente enjuagarla al menos una vez con la solución patrón de NaOH (0,100 mol/L o 0,020 mol/L, según las características de la muestra).
3. Llenar la bureta con la solución de hidróxido de sodio y enrasar a cero.
4. Añadir la solución de NaOH gota a gota sobre la muestra, agitando constantemente, hasta observar un cambio de color a rosado tenue que se mantenga durante al menos 30 segundos.
5. Repetir el procedimiento para las demás muestras.
6. Calcular la acidez de las muestras utilizando la siguiente expresión matemática:

$$\text{Acidez expresada como mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{A \times B \times 50000}{C}$$

Siendo

A: Volumen de NaOH usado expresado en mL.

B: Concentración de NaOH expresada en mol/L.

C: Volumen de la muestra de agua expresado en mL.

Actividad 7 - Del motor a la atmósfera: la química de los óxidos de nitrógeno

El monóxido de nitrógeno (NO) se forma cuando el dinitrógeno (N_2) y el dióxígeno (O_2), presentes naturalmente en el aire, reaccionan entre sí a muy altas temperaturas. Estas condiciones se dan durante procesos de combustión, como en los motores de los vehículos, las plantas generadoras de electricidad y también en fenómenos naturales como los rayos o los grandes incendios forestales.

Las fuentes de óxidos de nitrógeno (NO_x) pueden clasificarse en **naturales**, como las descargas eléctricas de tormentas y los incendios forestales, y en **antropogénicas**, es decir, originadas por la actividad humana. Estas últimas incluyen las emisiones del transporte terrestre, marítimo y aéreo (llamadas fuentes móviles), y también de las centrales eléctricas o plantas industriales (fuentes fijas o estacionarias). En resumen, cualquier proceso en el que ocurran reacciones de combustión entre N_2 y O_2 a altas temperaturas puede generar estos compuestos.

Una vez liberado al aire, el monóxido de nitrógeno puede reaccionar con el oxígeno para formar dióxido de nitrógeno (NO_2), un gas de color marrón rojizo, irritante y contaminante. Ambos óxidos de nitrógeno (NO y NO_2) se agrupan bajo el nombre de NO_x . Estos compuestos son precursores clave de la lluvia ácida, ya que, al combinarse con el vapor de agua en la atmósfera, forman ácido nítrico (HNO_3), que luego cae a la superficie terrestre con la lluvia.

Este tipo de contaminación se ha intensificado especialmente por el crecimiento del parque automotor en las ciudades, lo que resalta la importancia de repensar nuestras formas de transporte y producción de energía para proteger el ambiente.

- ¿Qué problemas ambientales puede generar la combustión en los motores de los vehículos?
- Representá con ecuaciones químicas los procesos explicados en el texto.
- Accedé al siguiente [enlace](#) y analizá cómo ha sido la evolución de las emisiones de dióxido de nitrógeno en nuestro país en los últimos años. ¿Qué conclusiones podés sacar?
- Proponé al menos dos medidas para reducir la emisión de gases NO_x a la atmósfera debido al uso de vehículos. Luego, compará tus ideas con las de un/a compañero/a de grupo. ¿En qué coinciden? ¿En qué se diferencian? ¿Qué opinás de sus propuestas?
- ¿Qué nuevos conocimientos te dejó esta actividad? ¿Hubo algo que te sorprendió o llamó especialmente la atención?

Ordenando las ideas: diseño y presentación del póster

Un póster es un instrumento de comunicación científica. Presenta de forma clara, concisa y simple el proceso y los resultados del trabajo realizado.

En general se organiza con las siguientes secciones:

- título,
- autores e institución,
- resumen,
- pregunta investigable,
- metodología,
- resultados,
- discusión y conclusiones
- y por último bibliografía.

Para el diseño es conveniente lograr un balance entre las imágenes y la cantidad de texto, tener en cuenta la combinación de colores para que resulte atractivo así como seleccionar un tamaño del texto adecuado para su lectura.

Para finalizar este proyecto cada equipo presentará **su póster y los resultados de su investigación experimental (actividad 6)**. La siguiente rúbrica será utilizada para evaluar el póster presentado.

Indicadores	Excelente 10	Muy bueno 6	Aceptable 4	No satisface 2
1. Exposición de las ideas centrales	El póster muestra todas las ideas centrales (título, resumen, problema, objetivos, hipótesis, metodología, resultados, discusión y conclusión y bibliografía). Evidencia gran capacidad de síntesis de la información encontrada. Texto e imágenes claramente relacionadas, las fotos son tomadas por el equipo.	El póster muestra algunas ideas centrales. Evidencia gran capacidad de síntesis de la información encontrada. Texto e imágenes claramente relacionadas.	El póster muestra pocas ideas principales. Evidencia cierta capacidad de síntesis de la información encontrada. No se asocia adecuadamente el texto con las imágenes.	No se destacan ideas y hechos principales. No evidencia la capacidad de síntesis. No se asocia adecuadamente el texto con las imágenes.
2. Organización de la información	Establece de manera organizada y progresiva los hechos / hallazgos. Aprovecha adecuadamente los espacios, sugiriendo la estructura.	Establece de manera organizada algunas hechos / hallazgos. Aprovecha adecuadamente los espacios, sugiriendo la estructura.	Establece sucesos relevantes pero son empleados de forma desordenada. No mantiene una debida distribución de los espacios.	Establece sucesos aislados. Incorrecta distribución de los espacios. No sugiere ningún tipo de estructura.
3. Presentación visual	Emplea cada recurso para facilitar la lectura, los elementos visuales son muy atractivos y relacionados con el tema.	Emplea cada recurso para facilitar la lectura pero los elementos visuales son poco atractivos.	Emplea recursos visuales que dificultan la lectura.	Recorre al empleo de elementos distractores.
4. Originalidad y creatividad	Es una propuesta original, novedosa, atractiva y creativa.	Es una propuesta original, bastante novedosa, atractiva y creativa	Es una propuesta relativamente original, poco novedosa, atractiva y creativa.	No es una propuesta original, resulta muy poco novedosa, atractiva y creativa.
5. Sintaxis y ortografía	Sintaxis y ortografía correctas, lenguaje claro y ameno. Uso correcto del vocabulario científico (preciso).	Sintaxis y ortografía correctas. Lenguaje claro aunque poco ameno. Utiliza el vocabulario científico, aunque con algunas imprecisiones.	Comete escasos errores de ortografía y/o sintaxis. Lenguaje poco ameno. Utiliza el vocabulario científico, aunque con algunas imprecisiones.	Varios errores de ortografía y sintaxis. La lectura de los textos resulta poco amena. Utiliza poco el vocabulario científico.

Les solicitamos que como grupo realicen una coevaluación de su trabajo y una autoevaluación individual.

Coevaluación

Al finalizar el trabajo con este proyecto, les solicitamos que, como equipo, respondan a las siguientes preguntas.

El proyecto

- ¿En qué consistió el proyecto?
- ¿Por qué es tan importante para nosotros y para nuestra comunidad?
- ¿Qué impacto tiene este proyecto?

Preguntas guía para la investigación

- ¿Cuáles fueron las preguntas que nos ayudaron a pensar?
- ¿Qué nos sorprendió acerca de lo que fuimos averiguando?
- ¿Qué recursos nos sirvieron más?
- ¿Qué personas fueron de mayor ayuda?

Trabajo en equipo

- ¿Nos escuchamos al hablar?
- ¿Respetamos las opiniones de todos?
- ¿Pudimos pedir ayuda cuando lo necesitábamos?
- ¿Ayudamos a quién lo necesitaba?
- ¿Aceptamos las decisiones del grupo?
- ¿Utilizamos un lenguaje amable?
- ¿Cumplimos con nuestros roles?
- ¿Propusimos ideas?
- ¿Nos encontramos con varios desafíos? ¿Cómo los enfrentamos?
- ¿Apoyamos los éxitos individuales y grupales?

El proyecto

- ¿Qué haríamos distinto si tuviéramos que encarar este proyecto nuevamente?
- ¿Qué habilidades aprendimos que nos servirán para nuestra vida?

Autoevaluación

Al finalizar el trabajo con este proyecto, de forma individual responde las siguientes preguntas:

- ¿Cuál fue tu aporte al grupo?
- ¿Qué mejorarías de tu trabajo si hicieras este proyecto nuevamente?
- ¿Qué fue lo que más te gustó de la propuesta? ¿Y qué menos?
- ¿Qué dificultades se te presentaron y cómo las afrontaste?
- ¿Cómo evaluarías tu desempeño en el grupo?

Autora: Anarella Gatto.

Fecha de publicación: 24 de marzo de 2025.

Créditos:

Araujo. A. (13 de septiembre de 2024). Qué es la lluvia negra que afecta a Brasil, Paraguay y Uruguay (y cuáles son sus potenciales efectos en la salud). *BBC News Brasil, Porto Alegre*. <https://www.bbc.com/mundo/articles/ckgjggn5351o>

Alegría, M., Bosack, A., Dal Fávero, M., Franco, R., Jaul, M. y Rossi, R. (1998). *Química I Sistemas materiales. Estructura de la materia. Transformaciones químicas*. Santillana.

Bluhm Gutiérrez, J., Núñez Peña, E., Valle Rodríguez, S., Aguirre Bañuelos, C. y Magallanes Quintanar, J. (2009). *Aspectos de la medición del pH del agua de lluvia*. <https://www.researchgate.net/publication/291166684> Aspectos de la medición del pH del agua de lluvia

DINAMA. *Indicadores ambientales*. Dióxido de azufre. <https://www.ambiente.gub.uy/oan/indicadores/>

DINAMA. *Indicadores ambientales*. Dióxido de nitrógeno. <https://www.ambiente.gub.uy/oan/indicador/?i=oan-presencia-de-dioxido-de-nitrogeno-no2>

MVD TV. (s.f.). *¿Cómo controlamos la calidad del aire en Montevideo?* [Archivo de Video]. Vimeo. <https://player.vimeo.com/video/177260837?color=>

Postigo, Y. y Pozo, J. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1.000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje: Journal for the Study of Education and Development*, 23:90, 89-110.
https://www.researchgate.net/publication/39138091_Cuando_una_grafica_vale_mas_que_1000_datos_la_interpretacion_de_graficas_por_alumnos_adolescentes?enrichId=rg_req-d9037cdfaa358fa1036413db92137c5d-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM5MTM4MDkxO0FTOjM3ODA4MDY0OTU5NjkyOEAxNDY3MTUyODU5MTY0&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf

Quintar, S., González, P., Almeida, C., Oliva González, S. y Mallea, M. (2010). Lluvia ácida. *Anuario Latinoamericano de Química*.
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/100262>

Rice, E., Baird, R., Eaton, A. y Clesceri, L. (2012). *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. (22da edición). American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation.

RSC Education. (2008). *What are the effects of acid rain? | 11-14 years*. Royal Society of Chemistry. Lesson Plans.
<https://edu.rsc.org/lesson-plans/what-are-the-effects-of-acid-rain-11-14-years/68.article>

Sanmartí, N. (2002). Aprendizajes más solicitados en Ciencias Naturales y las formas de expresarlos. *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*.
<https://studylib.es/doc/347656/anexo-3-n.-sanmarti.-aprendizajes-m%C3%A1s-solicitados>

Uy.press Agencia Uruguay de Noticias. (20 de enero de 2016). *Análisis. Desulfurizadora de ANCAP. Nuevos elementos*.
<https://www.uypress.net/Politica/Desulfurizadora-de-ANCAP-nuevos-elementos-uc65941>

Imágenes:

[Cyclooctasulfur above 3D balls](#). Autor: Benjah-bmm27. Licencia: Dominio Público.

[Dioxigen Montage](#). Autor: Benjah-bmm27. Licencia: Dominio Público.

[Lluvia negra en zona rural de Treinta y Tres](#). Autora: Teresita Amilivia.

Mapas mentales: Plantillas de Canva.

[Sulfur dioxide 3d balls](#). Autor: Wikimedia Commons. Licencia: Dominio Público.

[Sulfur trioxide 3d balls](#). Autor: Wikimedia Commons. Licencia: Dominio Público.

[Sulfuric acid](#). Autor: Ben Mills. Licencia: Dominio Público.

[Water-3D-balls](#). Autor: Benjah-bmm27. Licencia: Dominio Público.

[Wind and rain in Montevideo, Uruguay](#). Autor: Vince Alongi. Licencia: [CC BY 2.0](#).



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional](#)