

# Minería de Microbios

## Resumen

En esta actividad, los estudiantes explorarán cómo está relacionada la biología tecnológica a la minería y al tratamiento de agua residual. Los estudiantes investigarán cómo se usan los microorganismos microorganismos para tratar y restaurar agua residual con contaminación metálica a través de lixiviación bacteriana directa e indirecta intercedida por reacciones químicas. Además, se va a predecir y explicar el resultado de una reacción por reducción de oxidación relacionada al metal hierro.

## Grados

9–12

## Tema

Tratamiento de Agua Residual

## Temas Científicos del Mundo Real

- Microbiología
- Biominería
- Ingeniería genética
- Biodiversidad

## Objetivos

Los estudiantes:

- Explorarán cómo se utiliza la biotecnología en la minería y el tratamiento de agua residual.
- Investigarán cómo se utilizan los microorganismos para tratar y restaurar agua residual contaminada por metales a través de lixiviación bacteriana directa e indirecta facilitada por reacciones químicas.
- Harán predicciones y explicarán el resultado de una reacción a la reducción de oxidación relacionada al metal hierro.
- Explorarán cómo la ingeniería genética se relaciona al futuro de la biominería.
- Explorarán los beneficios de la diversidad biológica de los efluentes tratados para crear o mejorar un hábitat de vida silvestre.

## Estándares Científicos de la Nueva Generación (NGSS)

### HS. Ciencias de la Tierra y el Espacio

\*Integran el contenido de la ciencia tradicional con la ingeniería a través de la Práctica o Idea Base Disciplinaria

HS-ESS3-2. Evaluar soluciones competitivas de diseño para desarrollar, manejar, y utilizar la energía y los recursos minerales en base a proporciones de costo-beneficio.\*

HS-ESS3-4. Evaluar o refinar una solución tecnológica que reduzca los impactos de las actividades humanas sobre los sistemas naturales.\*

#### Prácticas de Ciencia e Ingeniería

Preparar y revisar una explicación basada en evidencia válida y confiable obtenida de una variedad de fuentes (incluyendo las propias investigaciones de los estudiantes, modelos, teorías, simulaciones, evaluaciones de los pares) y la suposición de que las teorías y leyes que describen el mundo natural operan hoy como lo hicieron en el pasado y seguirán haciéndolo en el futuro. (HS-PS1-2)

#### Ideas Base Disciplinarias

##### Reacciones químicas

Construir y revisar una explicación para el resultado de una simple reacción química basada en el estado electrónico más externo de los átomos, tendencias de la tabla periódica, y conocimiento de los patrones de las propiedades químicas. (HS-PS1-2)

##### Biodiversidad y Humanos.

Los humanos dependen del mundo viviente para los recursos y otros beneficios que provee la biodiversidad. Pero la actividad humana está causando impactos sobre la biodiversidad a través de la sobrepoblación, sobreexplotación, destrucción de hábitats, contaminación, introducción de especies invasivas y cambio climático. Entonces, sostener la biodiversidad para que un ecosistema funcione y se mantenga la productividad es esencial para conservar y realzar la vida en la Tierra. Sostener la biodiversidad también ayuda a la humanidad ya que conserva los paisajes y su valor recreativo e inspiracional. (HS-LS4-6)

#### Conceptos Contrapuestos

La civilización moderna depende de grandes sistemas tecnológicos. Los ingenieros continuamente modifican estos sistemas con la aplicación de conocimiento científico y prácticas de diseño en ingeniería para aumentar los beneficios mientras se reducen los costos y riesgos. (HS-PS3-3)

## Tiempo Necesario

1–2 Hrs.

## Resumen

### ¿Por qué es de vital importancia manejar y tratar el agua que sale de las minas?

Un objetivo central de uno de las Grandes Retos de la Ingeniería en el Siglo 21 tiene que ver con las amenazas a las reservas de agua en el mundo y cómo combatirlas para proveer acceso a agua limpia. Para asegurar que el agua que sale de una mina no impacte detrimentalmente el consumo del líquido más adelante en el cuerpo de agua, las compañías mineras han desarrollado planes de manejo y tratamiento de agua de maneras responsables para el medioambiente. Además, los altos costos de mantener y desechar el tratamiento activo del agua han aumentado el interés en las opciones pasivas de tratamiento que aprovechan los procesos naturales biológicos, físicos o químicos sin intervenciones adicionales.

## Vocabulario Clave

### Biominería/Biolixiviación

Una manera de extraer los minerales deseados del metal. Los microorganismos se utilizan para filtrar los minerales en lugar de los métodos tradicionales como el calor extremo y los químicos tóxicos que perjudican el medioambiente.

### Oxidación

El proceso a través del cual una sustancia química recibe oxígeno, pierde hidrógeno, o pierde electrones.

### Reducción

El proceso a través del cual una sustancia química pierde oxígeno, recibe hidrógeno, o recibe electrones.

### Biodiversidad

La variedad de vida existente en el mundo o en un hábitat o ecosistema en particular.

## Materiales y Equipo

- Computadora conectada a internet
- Papel cartográfico
- Marcadores
- Notas “post-it”
- Copias del documento para estudiantes: “Organizador Gráfico Compara y Contrasta”
- Copias de la hoja de trabajo del experimento: “Reacción de la Lana de Acero con el Vinagre”
- Lana de acero
- Vinagre
- Dos vasos de laboratorio de 250-mL o vasos plásticos transparentes
- Parafilm (plástico flexible y resistente a la humedad) o tapa de papel
- Termómetro o sensor de temperatura
- Guantes
- Lentes de seguridad
- Delantal de laboratorio



## Procedimiento

### 1. Actividad de Calentamiento

Pida a los estudiantes que creen un corto cronograma de su día que incluya cada vez que utilicen agua. Estimúelos con ideas como: ¿se cepillaron los dientes?, ¿llenaron una botella de agua?, ¿se ducharon? o ¿se lavaron las manos?

Como activador y para establecer el contexto de la lección muestre el vídeo [Chemical versus Biological Wastewater Treatment Part I](#).

### 2. Dirija una discusión en clase sobre las siguientes preguntas:

- ¿Qué pasa con el agua que usamos todos los días?
- ¿Por qué son destructivas para el medioambiente las descargas de nitrógeno y fósforo?
- ¿Por qué la sedimentación por sí sola no es suficiente para separar las partículas orgánicas en el tratamiento mecánico de aguas residuales? ¿Cómo se logran los requerimientos adicionales?
- ¿Cómo funciona el proceso de tratamiento biológico?
- ¿Cómo funciona la opción de tratamiento químico?
- ¿Cómo se diferencian la purificación biológica y la purificación química?

### 3. Explique que la microbiología ha sido cada vez más importante en la minería y el tratamiento de aguas residuales. Los microbios ayudan a extraer y neutralizar los metales de las aguas residuales y se utilizan en distintas etapas del proceso de minería.

### 4. Ayude a los estudiantes a investigar cómo los microorganismos se están utilizando para tratar y restaurar el agua residual contaminada por metales a través de lixiviación bacteriana directa e indirecta por medio de reacciones químicas. Entregue a la clase la hoja de recursos del estudiante (*Bioleaching Venn Diagram*) para comenzar la actividad. Organice grupos de investigación de 3-4 estudiantes cada uno. Los estudiantes pueden usar los siguientes recursos:

- <http://www.spaceship-earth.org/REM/BRIERLEY.htm>
- <http://www.biotecharticles.com/Applications-Article/Bioleaching-Application-of-Biotechnology-in-Mining-Industry-850.html>

### 5. Pida a los estudiantes que completen el Organizador Gráfico en el cual comparan y contrastan métodos de lixiviación directos e indirectos. Elija estudiantes de cualquier grupo, al azar y usando una estrategia equitativa, para compartir la información que incluyeron en sus Organizadores Gráficos. Asegúrese de hacer énfasis en los siguientes puntos clave:

- La biolixiviación, tanto directa como indirecta, se utiliza en la minería microbiana para extraer metales de grandes cantidades de minerales de baja calidad utilizando microorganismos que se dice son quimiolitotróficos (“comedores de rocas”). Las bacterias obtienen energía de la oxidación de sustancias inorgánicas.
- En ese método directo, los microorganismos atacan los minerales directamente a través de un proceso enzimático que se relaciona a la oxidación.
- En el método indirecto, la bacteria produce fuertes agentes oxidantes como el hierro férrico que reaccionan con los metales e indirectamente los extrae de los minerales.
- Ambos métodos son económicos y ecológicos. Además, ambos se utilizan para extraer metales de los desperdicios o drenajes.

6. Pida a los estudiantes que resuman lo que aprendieron colocando papel cartográfico en cuatro esquinas del salón. Identifíquelos como Interesante, Diferente, Emocionante y Conectado a mi Vida. Toque música y pida a los estudiantes que recorran el salón. Detenga la música y pregunte a los estudiantes que se agrupen en la esquina más cercana y anoten sus ideas. Repita la rotación y acumulación de ideas varias veces más. Cuando regresen a una esquina los estudiantes pueden colocar marcas junto a las ideas que les gusten.
7. Luego, presente a los estudiantes el experimento que llevarán a cabo en pequeños grupos de laboratorio. El propósito del experimento es predecir y explicar el resultado de una reacción de reducción de oxidación relacionada al metal hierro. Los estudiantes evaluarán los pros y contras de biolixiviar el cobre con microorganismos, lo cual implica reacciones a la oxidación del hierro versus métodos químicos tradicionales. Los estudiantes utilizarán la evidencia de sus laboratorios para apoyar sus conclusiones.
8. Provea a cada estudiante una copia de la hoja de laboratorio. Anime a los estudiantes a pensar en hipótesis sobre lo que va a suceder cuando hagan reaccionar la lana de acero con vinagre. Asegúrese de que expliquen las bases de sus hipótesis.

**Seguridad:** Pida a los estudiantes utilizar lentes de seguridad, guantes y delantal de laboratorio mientras conducen el experimento. Asegúrese de que los estudiantes sigan las instrucciones del profesor y los procedimientos de seguridad.

## 9. Evaluar: Resumen

Invite a los estudiantes a anotar sus observaciones y datos del experimento en su cuaderno de laboratorio, explicando si sus observaciones fueron consistentes con sus hipótesis o no. Los estudiantes también deben apuntar las respuestas a las preguntas 1–6 del análisis pos laboratorio en sus cuadernos.

Los hallazgos de los experimentos incluyen:

- El vinagre es un ácido que elimina la capa protectora de la lana de acero y acelera la oxidación del acero (hierro).
- La temperatura dentro del segundo vaso aumenta gradualmente porque la formación de óxido es una reacción química exotérmica, que libera energía en la forma de calor hacia sus alrededores. Los recién creados enlaces entre átomos individuales de oxígeno y el hierro necesitan menos energía que los enlaces entre dos átomos de oxígeno como normalmente sucede en el aire.
- La ecuación química balanceada para esta reacción química es:  
$$4\text{Fe}(s) + 3\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3(s)$$
- En la reacción que se muestra arriba, el hierro se oxida ya que su estado de oxidación aumenta de cero a +3 y pierde tres electrones. Por otro lado, el oxígeno gana dos electrones y se reduce.

Resuma pidiendo a los estudiantes que escriban un tweet usando una nota “post-it”. Provea el hashtag #miniatureminer. Pida a los estudiantes que escriban un tweet de 140 caracteres de largo, para describir la relación entre los microorganismos y la minería.

## Actividad de Extensión

Como extensión, pequeños grupos de estudiantes elegirán una de las siguientes actividades:

1. Exploren la importancia genética que tiene la ingeniería en el futuro de la biominería, o
2. Exploren los beneficios de la diversidad biológica sobre los efluentes tratados para crear nuevos hábitats de vida silvestre o mejorar los ya existentes, como también los riesgos a la vida silvestre asociados a estos tratamientos y métodos de desecho.

## Recursos Adicionales

[https://www.copper.org/publications/newsletters/innovations/2004/05/producing\\_copper\\_natures\\_way\\_bioleaching.html](https://www.copper.org/publications/newsletters/innovations/2004/05/producing_copper_natures_way_bioleaching.html)

<http://magazine.cim.org/en/technology/miniature-miners/>

<http://redpath-museum.mcgill.ca/Qbp/3.Conservation/impacts.html>

<http://www4vip.inl.gov/research/biomining/d/biomining.pdf>

<http://bart.bangor.ac.uk/documents/Mining%20and%20Microbiology>

<http://www.scielo.cl/pdf/ejb/v5n2/a10.pdf>

# Organizador Gráfico para Comparar y Contrastar

Nombre \_\_\_\_\_

|                              |
|------------------------------|
| <b>Biolixivación Directa</b> |
|------------------------------|

|                                |
|--------------------------------|
| <b>Biolixivación Indirecta</b> |
|--------------------------------|

¿En qué aspecto son iguales?

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

|  |       |                 |
|--|-------|-----------------|
|  |       |                 |
|  | ¿Cómo | son diferentes? |



# Experimento: Reacción de la Lana de Acero con el Vinagre

## Trasfondo

En este experimento, crearás una reacción química entre vinagre y hierro en forma de lana de acero. La lana de acero es un mazo de filamentos de acero muy finos, flexibles y afilados. El acero es una aleación metálica que contiene hierro y algunas veces carbono. El vinagre es una solución diluida de ácido acético, que es una molécula que contiene los elementos del carbono, hidrógeno, y oxígeno.

## Materiales y Equipo

- Lana de acero
- Vinagre
- Dos vasos de cristal de 250 m-L para laboratorios o vasos de plástico transparente
- Parafilm (plástico flexible resistente a la humedad) o tapa de papel
- Termómetro o sensor de temperatura
- Guantes de goma
- lentes de seguridad
- Delantal de laboratorio

## Hipótesis

Predecir lo que va a suceder cuando la lana de acero reaccione con el vinagre. Por favor explica la base de tu hipótesis.

---

---

---

---

## Direcciones

1. Ponte los guantes, los lentes de seguridad y el delantal de laboratorio.
2. Afloja una bola de lana de acero y colócala en el fondo de un recipiente de 250-mL o un vaso plástico.
3. Vierte 25-mL de vinagre sobre la lana de acero. Luego estira el plástico sobre la boca del recipiente o cúbrela con una tapa de papel.
4. Mueve el recipiente o vaso para que toda la lana de acero entre en contacto con el vinagre.
5. Saca la lana de acero del recipiente y tira el exceso de vinagre.
6. Luego transfiera la lana de acero a un nuevo recipiente o vaso y cubre el mismo con Parafilm o una tapa de papel.
7. Haz un pequeño hueco en medio de la tapa e inserta el termómetro o sensor de manera que toque la base de la lana de acero. Asegúrate de que el contenido del recipiente se mantenga cerrado para que no se escape el calor.



8. Mide y anota la temperatura inicial de la lana de acero y luego observa la temperatura durante los próximos 5 minutos. Anota las lecturas de temperatura en tu cuaderno de laboratorio en una tabla como la que aparece a continuación.
9. Termina tu análisis pos laboratorio (respuestas a las preguntas 1-6, a continuación) en tu cuaderno de laboratorio.

## **Tabla de Datos**

| <b>Intervalo de Tiempo (minutos)</b> | <b>Temperatura (°C)</b> |
|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>1</b>                             |                         |
| <b>2</b>                             |                         |
| <b>3</b>                             |                         |
| <b>4</b>                             |                         |
| <b>5</b>                             |                         |

1. ¿Qué le pasó a la lana de acero? ¿Fue correcta tu hipótesis? ¿Cuáles fueron las señales de que hubo una reacción química?
2. ¿Cambió la temperatura dentro del envase? Si lo hizo, ¿puedes explicar por qué cambió?
3. Escribe y balancea la ecuación química para la reacción que sucedió en el segundo recipiente.
4. Describe el proceso de transferencia de electrones que ocurrió en esta reacción. ¿Cuál sustancia se oxidó? ¿Cuál sustancia se redujo?
5. Si fueras a comparar la masa de la lana de acero antes y después de la reacción, piensas que pudo haber un cambio? ¿Por qué o por qué no?
6. Recuerda el vídeo de calentamiento al principio de la lección. Ahora que has visto la oxidación en acción, considera los pros y contras de emplear la biolixiviación de cobre con microorganismos, algo que implica reacciones de oxidación de hierro, versus métodos químicos tradicionales.