



## ***Columnas de Winogradsky: ecología microbiana en el aula***

### **INTRODUCCIÓN**

Las bacterias y arqueas no son solo las formas de vida más antiguas, con al menos 3,500 millones de años de existencia, sino que también son los organismos más diversos y numerosos de la Tierra. Durante los primeros 2 mil millones de años de la historia de este planeta fueron los únicos seres vivos presentes. Estos microorganismos presentan una diversidad notable de mecanismos metabólicos, como la fotoautotrofia oxigénica y anoxigénica, la quimioautotrofia y la fotoheterotrofia, por mencionar algunos. También desempeñan un papel esencial en los ciclos de los elementos que hacen que el planeta sea habitable para otros tipos de organismos. La diversidad de estas formas de vida simples se manifiesta en una amplia variedad de hábitats que ocupan desde las ventilas hidrotermales, hasta el ácido ambiente del estómago humano.

En esta actividad, observarás una muestra de los diversos microorganismos que habitan en tu entorno local. Prepararás columnas de Winogradsky, que son dispositivos simples para construir ecosistemas estratificados que ilustran diferentes tipos de metabolismo microbiano de forma colorida.

La actividad requiere de 6 a 8 semanas para completarse. Se necesitarán un par de horas para recolectar las muestras y preparar el experimento, después deberás registrar tus observaciones durante algunos minutos aproximadamente una vez por semana.

### **MATERIAL**

- 4 botellas de plástico transparente, de 0.5 L. También podrían funcionar contenedores más grandes; ajustar los volúmenes del sedimento según corresponda.
- 1–4 contenedores desechables (como bolsas o contenedores plásticos) para mezclar el sedimento
- 1 pala para excavar y obtener una muestra de sedimento
- marcador permanente
- 4 etiquetas pequeñas (1 para cada botella)
- agua
- 1 balde o contenedor lo suficientemente grande para contener de 6 a 10 tazas de sedimento
- un lugar bien iluminado donde las columnas puedan permanecer sin ser perturbadas durante un periodo de 6 a 8 semanas
- cámara digital o cámara de teléfono celular
- taza medidora grande o algún otro contenedor para medir sedimento y mezcla
- una fuente de carbono, tiras de periódico; aproximadamente 1 taza no compactada
- 6 a 10 tazas de sedimento (barro)
- una fuente de azufre; yema de huevo crudo, de preferencia
- 1 cuchara grande para mezclar (opcional), 1 embudo (opcional) y lápices de colores (opcional)

### **PROCEDIMIENTO**

#### **Planea la actividad**

Instalarás cuatro (4) columnas de Winogradsky: una columna de control y otras tres con adiciones de carbono, azufre y carbono con azufre, respectivamente. Asegúrate de **leer todo este documento** primero para saber qué

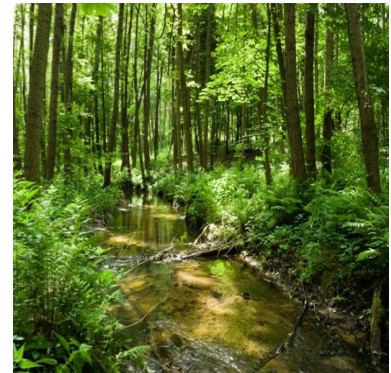
*Columnas de Winogradsky: ecología microbiana en el aula*

esperar. Tendrás que hacer una pequeña excursión para recolectar tu muestra de sedimento (barro). Cuando ya tengas el sedimento, necesitarás aproximadamente una hora para instalar las cuatro (4) columnas. Adicionalmente, reserva algunos minutos una vez por semana durante el periodo experimental de 6 a 8 semanas para realizar observaciones y fotografiar tus columnas.

Podrías prolongar el experimento por un periodo más extenso. Si lo deseas, puedes mantener las columnas instaladas durante varios meses y así podrías observar cambios adicionales en ellas.

**Recolecta la muestra de sedimento**

1. Identifica una muestra de sedimento en tu área. Cualquier lugar con tierra y agua es apropiado, como un arroyo, ciénega, estanque, bahía, playa oceánica (arena), e incluso un charco en tu jardín trasero (Figura 1).
2. Lleva un balde plástico u otro contenedor (con tapa, si es posible), una pala y una cámara (digital o de teléfono).
3. Toma 2 o 3 fotografías del sitio para ilustrar la ubicación donde se recolectó el sedimento.
4. Toma 10 tazas de sedimento, aproximadamente, en el balde plástico. La muestra debe estar húmeda. Evita o elimina rocas, ramas y hojas; agrega algo de agua adicional del mismo sitio donde tomaste la muestra.



**Figura 1. Una posible fuente de obtención del sedimento.**

**Arma las columnas de Winogradsky**

5. Si no tienes un embudo, puedes hacer uno cortando aproximadamente 8 centímetros por debajo de la parte superior de una de tus botellas plásticas (Figura 2).
6. Escribe “control” en una etiqueta adherible. En las otras tres (3) etiquetas escribe “carbono”, “azufre” y “carbono y azufre”. Pega las etiquetas en un costado de cada botella de 0.5 L, cerca del fondo.
7. Etiqueta cuatro contenedores desechables: control, carbono, azufre y carbono + azufre. Agrega aproximadamente 1.5 tazas de la muestra del sedimento que recolectaste en cada contenedor desechable (es decir, bolsa o contenedor de almacenamiento plástico). Puedes reutilizar un solo recipiente para mezclar si lo enjuagas entre usos.
8. Para el contenedor control, dirígete al paso 10.
9. Para los otros tres (3) contenedores, sigue las siguientes instrucciones para cada columna:
  - a. Para la columna “carbono”: Agrega ½ taza de tiras de periódico no compactado al sedimento (paso 7) y mezcla con una cuchara o pala. (El periódico contiene celulosa, una fuente de carbono).
  - b. Para la columna “azufre”: Agrega la yema de un huevo (crudo, preferentemente) al sedimento del contenedor etiquetado como “azufre” y mezcla con una cuchara o pala. Si utilizas huevos cocidos o duros, desmorona las yemas. (La yema de huevo será una fuente de sulfato de calcio en la columna).
  - c. Para la columna “carbono y azufre”: Agrega ambos nutrientes como se describió en los pasos a y b.
10. Mezcla bien cada muestra. Asegúrate de retirar cualquier objeto grande como hojas, rocas o ramas. Mezcla lentamente en agua (ya sea la que recolectaste o la del grifo) hasta que la mezcla tenga la consistencia de un batido.



**Figura 2. Embudo**

*Columnas de Winogradsky: ecología microbiana en el aula*

11. Con una cuchara grande, añada lentamente aproximadamente 1 taza de la mezcla, a la columna (botella) correspondiente. Podrías utilizar un embudo o una botella cortada en la parte superior para llenar con sedimento la botella (Figura 1). Mientras agregas la muestra, golpea la botella ligeramente sobre una mesa para liberar el aire atrapado en la columna. El sedimento debería llenar de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  de la botella.
12. Agrega agua de la que recolectaste (o del grifo) sobre el sedimento hasta que haya una capa de 2 cm de agua en la superficie. (Debe quedar aire en la parte superior de la columna).
13. Coloca la tapa a cada botella y gírala  $\frac{1}{2}$  vuelta. ¡**NO** la aprietes! Si cortaste la parte superior de la botella, coloca una envoltura de plástico sobre la columna y mantén la envoltura en su sitio con una banda elástica.
14. Coloca las cuatro columnas en un espacio bien iluminado como una ventana.
15. Con una cámara o teléfono, fotografía las columnas para documentar la semana 0 del experimento.

**Realiza y reporta observaciones**

Los párrafos siguientes explican las secciones de observaciones y datos de esta actividad.

**A. Observaciones semanales**

Debes observar tus columnas de Winogradsky durante al menos 8 semanas; un tiempo mayor sería mejor (Figura 3). Dedicar algunos minutos cada semana para registrar tus observaciones e intenta hacer las observaciones el mismo día de cada semana. Por ejemplo, si instalas tus columnas en domingo, revísalas cada domingo. Aunque abajo encontrarás una tabla para registrar tus observaciones, si prefieres, puedes hacer tu propia tabla en tu computadora.



Figura 3. Ejemplos de columnas.

**Pista:** Considera estas preguntas al registrar las observaciones:

- ¿Ha cambiado el color del sedimento? Si es así, anota el o los colores.
- ¿Ha cambiado el color del agua? Si es así, anota el o los colores.
- ¿Qué diferencias observas entre las columnas?
- ¿Parece haberse asentado el sedimento? ¿Cambió?
- ¿Ves alguna capa que esté formándose en el sedimento? ¿En el agua?
- ¿Cómo cambia el grosor de las capas semana a semana?
- ¿Existen diferencias entre la parte que da hacia la luz y la que está oculta?

**B. Toma fotografías semanalmente**

Con una cámara digital o teléfono celular, toma fotografías cada semana de las cuatro columnas juntas mostrando las etiquetas. Al guardar las fotografías, te recomendamos que los nombres de archivo incluyan tus iniciales y la semana en que se tomó la fotografía. (Por ejemplo, “skn\_semana1” podría ser un nombre apropiado para un archivo de fotografía). Asegúrate de que se vean claramente las etiquetas de las columnas en las fotos.

**Pista:** Tus columnas deben permanecer siempre en la misma posición respecto a la fuente de luz. Si tienes que mover las columnas para tomar las fotografías, asegúrate de volver a colocarlas en la misma dirección hacia la luz.

**C. Una vez al mes, elabora un esquema de las columnas**

Dibuja las columnas a color 3 veces durante el transcurso de las 8 semanas del experimento. Considera realizar los esquemas una vez durante cada mes del experimento. Realizar esquemas motiva una observación más profunda de las columnas. Las imágenes en blanco de esta hoja de trabajo son para que las utilices.

**PREGUNTAS**

Durante el transcurso del experimento, dedica algún tiempo para considerar las siguientes preguntas. Algunas de estas preguntas podrían requerir investigación adicional. Si lo necesitas, consulta algún libro de texto de microbiología (como para aprender acerca del ciclo del azufre, por ejemplo).

1. ¿En qué se diferencian tus columnas? ¿En qué son iguales? Explica las diferencias que observes.
2. ¿Observaste cambios en la columna control? Si es así, explica por qué crees que ocurrieron.
3. Las columnas de Winogradsky crean gradientes de concentración de oxígeno. Predice la distribución del oxígeno a través de la columna. (Considera la columna completa: el sedimento, el agua y el aire).
4. Las columnas de Winogradsky también forman gradientes de concentración de sulfuro. En las columnas que contienen yema de huevo, predice cómo se distribuirá el sulfuro a lo largo de toda la columna. (Considera la columna completa: el sedimento, el agua y el aire).
5. La reducción del azufre es una forma de respiración anaeróbica. Las bacterias del género *Desulfovibrio* son un ejemplo de bacterias que realizan esta reducción en ausencia de oxígeno, liberando sulfuro. ¿Dónde esperarías encontrarlas dentro de las columnas?
6. Las bacterias púrpuras y verdes del azufre son dos tipos de bacterias que utilizan el sulfuro en el proceso fotosintético. En general, las bacterias verdes del azufre pueden tolerar niveles más elevados de sulfuro, en comparación con las bacterias púrpuras del azufre. Haz una predicción sobre el lugar donde se esperaría

Columnas de Winogradsky: ecología microbiana en el aula

encontrar bacterias verdes del azufre en relación con las bacterias púrpuras. Asimismo, predice dónde podrían estar las bacterias púrpuras del azufre en relación con las bacterias *Desulfovibrio* dentro de la columna.

7. Si se extrajeran muestras de las diferentes capas de todas las columnas, ¿dónde encontrarías organismos fotosintéticos como las cianobacterias y algas? Explica por qué.
  
8. Explica cómo las columnas de Winogradsky ilustran la diversidad de microorganismos que se encuentran en la Tierra actualmente en términos de la diversidad de nichos que ocupan.
  
9. Explica lo que las columnas de Winogradsky ilustran acerca de la vida en la Tierra antigua.

*Columnas de Winogradsky: ecología microbiana en el aula*

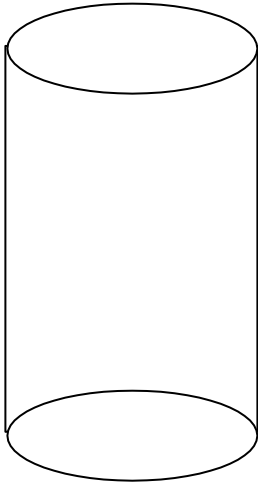
**Observaciones semanales**

Observaciones durante la semana:	Columna control	Columna carbono	Columna azufre	Columna carbono y azufre
<p><b><i>Semana 0</i></b></p> <p>Fecha: _____</p>				
<p><b><i>Semana 1</i></b></p> <p>Fecha: _____</p>				
<p><b><i>Semana 2</i></b></p> <p>Fecha: _____</p>				
<p><b><i>Semana 3</i></b></p> <p>Fecha: _____</p>				
<p><b><i>Semana 4</i></b></p> <p>Fecha: _____</p>				

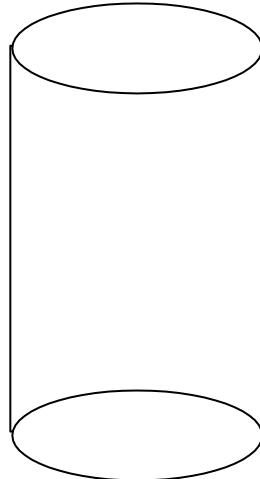
*Columnas de Winogradsky: ecología microbiana en el aula*

Observaciones durante la semana:	Columna control	Columna carbono	Columna azufre	Columna carbono y azufre
<p><b>Semana 5</b></p> <p>Fecha: _____</p>				
<p><b>Semana 6</b></p> <p>Fecha: _____</p>				
<p><b>Semana 7</b></p> <p>Fecha: _____</p>				
<p><b>Semana 8</b></p> <p>Fecha: _____</p>				

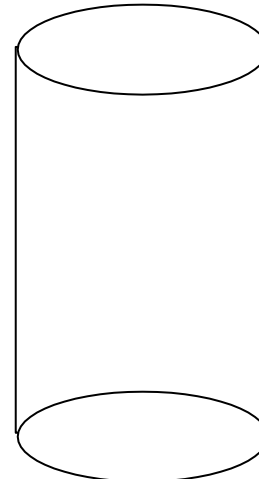
Mes 1: Fecha \_\_\_\_\_



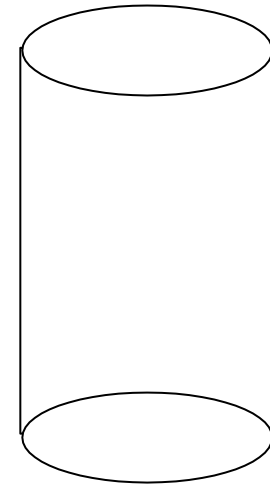
**Control**



**Carbono**



**Azufre**

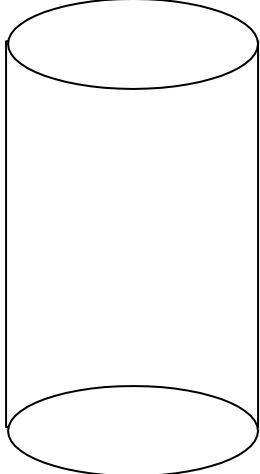
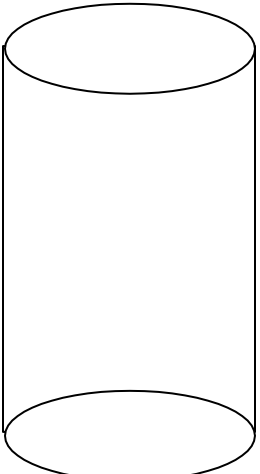
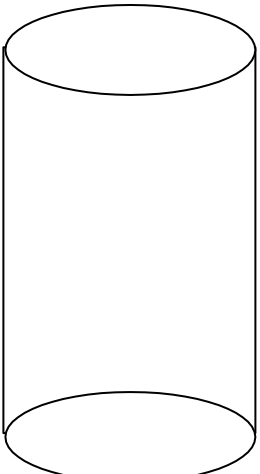
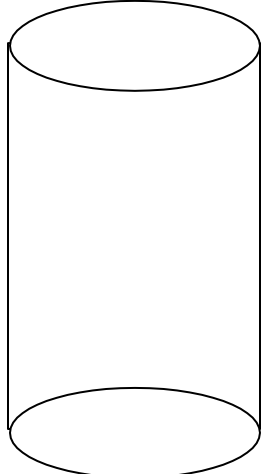


**Carbono/Azufre**



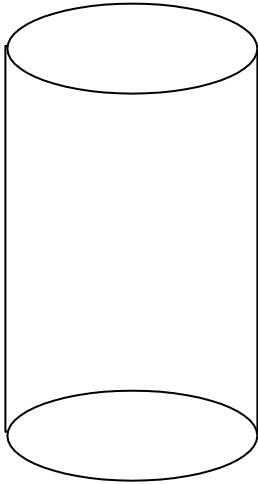
*Columnas de Winogradsky: ecología microbiana en el aula*

Mes 2: Fecha \_\_\_\_\_

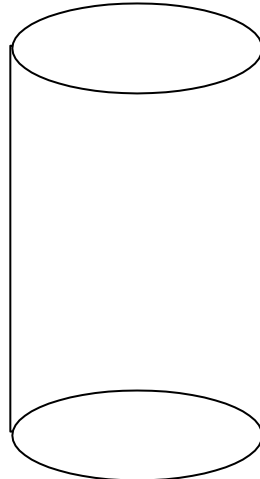
			
<b>Control</b>	<b>Carbono</b>	<b>Azufre</b>	<b>Carbono/Azufre</b>

*Columnas de Winogradsky: ecología microbiana en el aula*

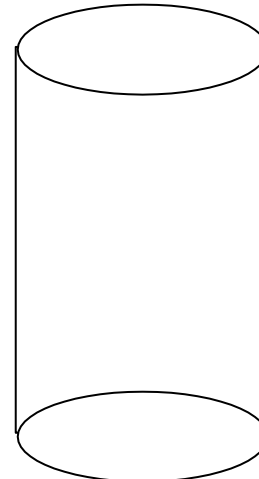
Mes 3: Fecha \_\_\_\_\_



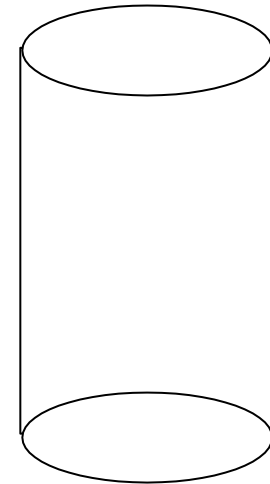
**Control**



**Carbono**



**Azufre**



**Carbono/Azufre**