

<h1>¿Quién cambió: la polilla o la población?</h1>

Ciencias Naturales | Biología | Aprendizaje Basado en Indagación

Descripción

En esta clase de Biología, los estudiantes investigarán el caso de *Biston betularia*, conocida como la polilla moteada, para comprender cómo puede cambiar la frecuencia de ciertos rasgos en una población a través de varias generaciones. A partir de imágenes, datos sencillos y una simulación, analizarán la relación entre variación, ambiente, supervivencia y reproducción.

El propósito central es que los estudiantes representen y expliquen la evolución como un cambio en las características heredables de una población, y no como una transformación intencional de los individuos. También distinguirán explicaciones científicas basadas en selección natural de ideas como “los organismos cambian porque lo necesitan” o “la evolución siempre significa progreso”.

El tema se relaciona con situaciones actuales como la resistencia de bacterias a los antibióticos, los cambios en plagas agrícolas y la conservación de especies. Mediante el Aprendizaje Basado en Indagación, los estudiantes formularán preguntas, propondrán explicaciones, analizarán evidencias y revisarán sus ideas. La clase culminará con una argumentación breve en la que utilizarán datos del caso para justificar qué significa evolucionar.

Objetivos de Aprendizaje

- **Representar** mediante tablas, gráficos o esquemas el cambio en la frecuencia de dos formas de una población a través de varias generaciones.
- **Analizar** datos e imágenes del caso de *Biston betularia* para relacionar el ambiente con la supervivencia y reproducción diferencial.
- **Distinguir** la evolución de los cambios que ocurren en un individuo durante su vida, de las explicaciones basadas en necesidad y de la idea de progreso.
- **Argumentar** una explicación científica utilizando una afirmación, evidencias del caso y un razonamiento coherente.

Recursos Necesarios

- Proyector o pantalla y presentación con fotografías de troncos claros, troncos oscurecidos y polillas claras y oscuras.
- Una ficha impresa por estudiante con el caso, una tabla de datos y preguntas de indagación.
- Una hoja de trabajo por grupo de 3 o 4 estudiantes.
- Tarjetas recortables de polillas claras y oscuras: aproximadamente 10 claras y 10 oscuras por grupo.
- Imágenes impresas de troncos claros y oscuros, o dos fondos de papel de colores contrastantes por grupo.
- Calculadora básica o calculadora del teléfono, si está permitido.
- Marcadores, lápices de colores, regla y papel milimetrado o cuadriculado.

- Pizarra o rotafolio para construir una explicación colectiva.
- Herramienta digital opcional: Google Sheets o Excel para elaborar el gráfico de frecuencias.
- Reloj visible o temporizador para controlar los tiempos de indagación.

Requisitos Previos

- Reconocer que los seres vivos presentan variación entre individuos de una misma especie.
- Comprender de manera básica los conceptos de población, generación, rasgo heredable y reproducción.
- Interpretar tablas sencillas y representar datos mediante gráficos de barras o líneas.
- Conocer que los depredadores pueden afectar la supervivencia de algunas presas.
- Haber trabajado previamente la diferencia entre una observación, una inferencia y una explicación científica.

Actividades

Fase de Inicio

Tiempo estimado: 10 minutos.

Propósito de la sesión: Activar las ideas previas sobre evolución y presentar un problema que pueda ser investigado con evidencias. Los estudiantes analizarán si una población de polillas puede cambiar cuando cambia el ambiente y discutirán si ese cambio ocurre porque cada individuo “se adapta” durante su vida.

Activación de conocimientos previos: “¿Qué significa adaptarse?” (3 minutos)

- **Docente:** Proyecta una imagen de una polilla clara y una oscura sobre un tronco claro. Pregunta: “**¿Cuál de las dos sería más difícil de detectar para un ave? ¿Qué evidencia de la imagen apoya tu respuesta?**”
- **Estudiantes:** Responden individualmente en una nota adhesiva o en su cuaderno. Después, comparten su respuesta con la persona de al lado.
- **Docente:** Recoge dos o tres respuestas y las clasifica en la pizarra como *observación* o *explicación*, sin corregir todavía todas las ideas.

Motivación y enganche: el reto de la polilla (4 minutos)

- **Docente:** Presenta el reto: “**En una ciudad industrial, los troncos de los árboles se oscurecieron. Años después, aumentó la proporción de polillas oscuras. ¿Las polillas cambiaron porque lo necesitaban o ocurrió algo diferente?**”
- Muestra brevemente dos fotografías históricas o ilustraciones de *Biston betularia* en troncos claros y oscurecidos.
- **Estudiantes:** Escriben una predicción y una pregunta investigable. Pueden comenzar con: “**¿Qué pasaría con la población si...?**” o “**¿Cómo podríamos comprobar que...?**”
- **Docente:** Selecciona una pregunta que no tenga una respuesta inmediata y anuncia que la clase la investigará mediante datos y una simulación.

Contextualización (3 minutos)

- **Docente:** Relaciona el caso con la vida cotidiana: **“Cuando una bacteria se vuelve resistente a un antibiótico, ¿cada bacteria aprende a resistir o cambia la proporción de bacterias resistentes en la población?”**
- Explica que comprender la evolución permite interpretar problemas de salud, agricultura y conservación, evitando titulares o explicaciones simplificadas.
- **Estudiantes:** Indican con pulgar arriba, al centro o abajo cuánto confían en su predicción inicial. La revisarán al final.

Fase de Desarrollo

Tiempo estimado: 40 minutos.

Presentación del contenido: El docente no inicia con una definición cerrada. Primero pregunta: **“¿Qué tendría que cambiar para afirmar que evolucionó una población?”** A partir de las respuestas, construye con el grupo estas ideas: una población contiene variación; algunos rasgos pueden heredarse; el ambiente puede favorecer la supervivencia y reproducción de ciertos individuos; y, después de varias generaciones, cambia la frecuencia de esos rasgos. Se aclara que la selección natural no ocurre porque los individuos elijan cambiar ni porque “necesiten” hacerlo. Tampoco implica necesariamente progreso: es un cambio relacionado con las condiciones del ambiente.

Actividad 1. Leer el caso como científicos (15 minutos)

Objetivo específico: Analizar datos e imágenes del caso de *Biston betularia* y formular una explicación basada en evidencias.

Organización: Grupos de 3 o 4 estudiantes.

- **Docente:** Entrega la ficha con el siguiente contexto: *“En una población de polillas moteadas existían formas claras y oscuras. En zonas con troncos cubiertos de líquenes, las formas claras eran menos visibles. En zonas industriales, el hollín oscureció los troncos y las formas oscuras quedaron mejor camufladas. Las aves depredaban con mayor frecuencia a las polillas más visibles.”*
- Entrega esta tabla para analizar:

Generación	Polillas claras	Polillas oscuras
Inicial	60	40
Después de 1 generación	45	55
Después de 2 generaciones	30	70
Después de 3 generaciones	20	80

- **Docente dice:** **“No busquen solamente una respuesta; identifiquen qué datos permiten sostenerla.”**

- **Estudiantes:** Responden en la ficha: “¿Qué cambió: los individuos o la proporción de formas en la población?”, “¿Qué forma tuvo mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse en troncos oscuros?” y “¿Qué dato de la tabla respalda su explicación?”
- Elaboran un gráfico de barras con las cuatro generaciones y escriben una pregunta que todavía les gustaría investigar.

Rol del docente: Observa si los estudiantes confunden “más visibles” con “más débiles” y pregunta: “¿Qué ocurre con la frecuencia de cada forma a lo largo de las generaciones?” y “¿Podría una polilla individual cambiar de clara a oscura durante su vida por estar sobre un tronco oscuro?”

Producto: Ficha con respuestas, gráfico y pregunta investigable.

Actividad 2. Simular la selección natural (12 minutos)

Objetivo específico: Representar el cambio de una población a través de generaciones y distinguirlo del cambio individual.

Organización: Grupos de 3 o 4.

- **Docente:** Cada grupo recibe 10 tarjetas claras y 10 oscuras, además de un fondo claro y uno oscuro. Indica: “**Las tarjetas representan una población. El depredador será una persona que retirará, durante 15 segundos, las tarjetas más visibles.**”
- En el fondo claro, un estudiante actúa como depredador y retira cinco tarjetas visibles. El grupo cuenta las tarjetas que quedan y supone que cada sobreviviente deja una tarjeta del mismo color para formar la siguiente generación.
- Repiten el procedimiento durante tres generaciones. Después cambian al fondo oscuro y repiten dos generaciones, registrando en una tabla el número de polillas claras y oscuras.
- **Estudiantes:** Calculan cuál forma aumenta y cuál disminuye en cada ambiente. Elaboran una flecha o esquema: *variación → depredación diferencial → reproducción diferencial → cambio en la población.*
- **Docente pregunta:** “¿El depredador hizo que una polilla cambiara de color?”, “¿Qué ocurrió con las frecuencias?” y “¿Qué predicción harían si el ambiente volviera a ser claro?”

Producto: Tabla de resultados, representación del mecanismo y predicción para un nuevo ambiente.

Transición: El docente solicita que cada grupo deje visible su esquema y anuncia: “**Ahora compararemos explicaciones para decidir cuál usa mejor las evidencias.**”

Actividad 3. Clasificar explicaciones y argumentar (6 minutos)

Objetivos específicos: Distinguir evolución de cambio individual, necesidad y progreso; argumentar con evidencias.

Organización: Parejas y plenaria.

- Las parejas clasifican estas afirmaciones como *científicamente adecuada* o *inadecuada* y las justifican: “**Las polillas se volvieron oscuras porque necesitaban camuflarse**”; “**Las polillas oscuras sobrevivieron y dejaron más descendencia en troncos oscuros**”; “**La población evolucionó porque cambió la proporción de formas durante generaciones**”; “**La forma oscura es más evolucionada y, por eso, superior**”.

- **Docente:** Pide que cada pareja complete oralmente: **“Afirmamos que...; la evidencia es...; esto significa que...”**
- Se escuchan dos respuestas y el docente corrige con precisión: la evolución se refiere a poblaciones y no implica una dirección universal hacia algo “mejor”.

Producto: Clasificación justificada y miniargumento oral.

Diferenciación y acompañamiento

- **Para quienes necesitan apoyo:** ofrecer una tabla parcialmente completada, un banco de palabras —población, generación, heredable, ambiente, frecuencia— y un esquema visual con flechas. El docente puede leer las preguntas en voz alta y asignar roles concretos dentro del grupo.
- **Para quienes terminan antes:** pedirles que expliquen qué cambiaría si las polillas claras y oscuras tuvieran igual visibilidad, o que relacionen el modelo con la resistencia bacteriana indicando semejanzas y diferencias.
- **Transiciones:** entre actividades, el docente usa una frase breve: **“Del dato pasamos al modelo; del modelo pasamos a evaluar explicaciones.”**

Fase de Cierre

Tiempo estimado: 10 minutos.

Propósito: Consolidar la explicación científica construida, verificar la comprensión de los conceptos centrales y conectar el caso con situaciones reales.

Síntesis: ticket de salida “Una población cambia” (5 minutos)

- **Docente:** Entrega o proyecta el siguiente formato: **“Completa la explicación: En un ambiente con troncos oscuros, la población de *Biston betularia* cambió porque... La evidencia que lo demuestra es... Esto no significa que cada polilla...”**
- **Estudiantes:** Responden individualmente usando al menos un dato numérico de la tabla o de la simulación.
- Como síntesis colectiva, el docente escribe tres ideas en la pizarra: **la evolución ocurre en poblaciones; las frecuencias cambian entre generaciones; la selección no responde a una necesidad consciente ni equivale siempre a progreso.**

Reflexión metacognitiva (3 minutos)

Los estudiantes responden en el reverso del ticket:

- **“¿Qué idea sobre la evolución cambió o se fortaleció en mí durante la clase?”**
- **“¿Qué evidencia me permite distinguir un cambio en un individuo de un cambio evolutivo en una población?”**
- **“¿Qué parte de mi explicación todavía necesitaría investigar o comprobar?”**

Retroalimentación y transferencia (2 minutos)

- **Docente:** Revisa rápidamente algunos tickets, destaca dos explicaciones que incluyan evidencia y reformula errores frecuentes sin exponer a ningún estudiante.
- Pregunta final: “¿**Por qué sería incorrecto decir que las bacterias se hacen resistentes porque lo necesitan?**”
- **Estudiantes:** Responden con la estructura afirmación-evidencia-razonamiento.
- **Tarea o reto opcional:** Fotografíar o describir un ejemplo cotidiano relacionado con selección natural —resistencia a antibióticos, plagas o cambios en especies— y escribir tres líneas indicando cuál es la población, qué ambiente influye y qué evidencia sería necesaria.

Evaluación

Tipo y momentos de evaluación

- **Diagnóstica:** durante el inicio, mediante la respuesta a “¿Qué significa adaptarse?” y la predicción sobre las polillas. Permite identificar confusiones entre cambio individual y evolución.
- **Formativa:** durante el análisis de datos, la simulación y la clasificación de explicaciones. El docente observa, formula preguntas guía y retroalimenta en el momento.
- **Sumativa breve:** durante el ticket de salida del cierre, donde cada estudiante debe explicar el cambio poblacional utilizando una evidencia concreta.

Criterios de evaluación

- **Representa correctamente** el cambio en la frecuencia de polillas claras y oscuras a través de generaciones. Vinculado al objetivo 1.
- **Interpreta evidencias** del caso y relaciona camuflaje, depredación, supervivencia y reproducción diferencial. Vinculado al objetivo 2.
- **Distingue** evolución poblacional de cambio individual, necesidad y progreso. Vinculado al objetivo 3.
- **Construye una argumentación científica** que incluya afirmación, evidencia y razonamiento. Vinculado al objetivo 4.

Instrumentos sugeridos

- Lista de cotejo para el gráfico, la tabla y el esquema de la simulación.
- Rúbrica breve para el argumento final: claridad de la afirmación, uso de datos y coherencia del razonamiento.
- Registro de observación del docente durante el trabajo grupal.
- Autoevaluación mediante las preguntas metacognitivas del ticket de salida.

Evidencias de aprendizaje

- Gráfico de frecuencias de las formas claras y oscuras por generación.
- Tabla de resultados y esquema de la simulación de selección natural.

- Clasificación justificada de afirmaciones sobre evolución.
- Ticket de salida con explicación basada en una evidencia numérica o experimental.

Enriquecimientos

Inicio - Activar

Actividad de activación: “¿Quién cambió?”

Duración: 8 minutos.

Propósito: Activar ideas previas sobre variación, población, generaciones y selección natural, identificando posibles confusiones entre el cambio de un individuo y el cambio de una población.

Materiales: Una imagen o diapositiva con dos polillas de la especie *Biston betularia*: una clara y una oscura. Si es posible, incluir un tronco claro y otro oscuro como fondo.

Desarrollo

1. **Observación individual - 2 minutos:** Muestre las imágenes sin explicar todavía el caso. Solicite que cada estudiante responda en su cuaderno:
 - ¿Qué diferencias observas entre las polillas?
 - Si el ambiente se vuelve más oscuro, ¿qué podría ocurrir con las polillas a lo largo del tiempo?
 - ¿Quién cambió: cada polilla o la población?
2. **Hipótesis rápida - 2 minutos:** Cada estudiante complete la frase: “Después de varias generaciones, la población podría cambiar porque...”. Debe realizar un pequeño esquema con dos momentos: generación inicial y generación posterior.
3. **Discusión en parejas - 2 minutos:** En parejas, comparan sus respuestas y seleccionan una explicación que puedan defender. Pídeles que identifiquen si su explicación se refiere a:
 - Un cambio ocurrido durante la vida de una polilla.
 - La reproducción y supervivencia diferencial de algunas polillas.
 - Un cambio en la proporción de polillas claras y oscuras dentro de la población.
4. **Puesta en común - 2 minutos:** Recoja dos o tres respuestas diferentes. Registre en el tablero palabras clave como “individuo”, “población”, “generaciones”, “ambiente”, “supervivencia” y “descendencia”, sin confirmar aún cuál explicación es correcta.

Preguntas orientadoras del docente

- ¿Una polilla puede cambiar su color porque “necesita” camuflarse?
- ¿El hecho de que sobreviva una polilla significa que toda la población cambió?
- ¿Qué tendría que observarse en las siguientes generaciones para afirmar que hubo un cambio evolutivo?

- ¿Es correcto decir que una población se volvió “mejor” o “más avanzada”, o sería más preciso decir que algunas características fueron favorecidas en un ambiente determinado?

Producto y evaluación diagnóstica

Aspecto a observar	Indicador de ideas previas
Diferencia entre individuo y población	Reconoce que la evolución se analiza en la población y no como una transformación intencional de cada individuo.
Importancia de las generaciones	Menciona que el cambio debe observarse a través de varias generaciones.
Variación	Identifica que existen polillas con características diferentes dentro de la población.
Explicación del cambio	Relaciona, aunque sea de manera inicial, la supervivencia y reproducción con el ambiente.
Detección de ideas alternativas	Expresa explicaciones basadas en la necesidad, el esfuerzo individual o la idea de progreso.

Cierre y conexión con la indagación

Concluya señalando que existen diferentes explicaciones posibles y que la clase analizará evidencias del caso de *Biston betularia* para responder la pregunta: **“¿El ambiente transformó a cada polilla o cambió la proporción de características dentro de la población a través de las generaciones?”**

Conserve los esquemas iniciales para compararlos al final de la sesión y revisar cómo cambió la explicación de cada estudiante.

Inicio - Contextualizar

Contextualización para la fase de inicio

Duración sugerida: 10 minutos.

Propósito: conectar la evolución con situaciones cercanas a los estudiantes y generar una pregunta de indagación sobre la diferencia entre el cambio de un individuo y el cambio de una población a través de las generaciones.

Situación desencadenante

El docente presenta la siguiente situación:

“En una ciudad, durante varios años, se observa que algunos insectos son más fáciles de encontrar en los troncos de los árboles, mientras que otros pasan casi desapercibidos. Al mismo tiempo, la ciudad cambia: aumenta la contaminación, se modifican las áreas verdes y aparecen nuevos productos para controlar plagas. Algunas personas dicen: ‘Los insectos cambiaron porque necesitaban adaptarse’. Otras afirman: ‘Los insectos que lograron sobrevivir fueron los que ya tenían características que les ayudaban’. ¿Cuál de estas explicaciones se puede apoyar con evidencias?”

Luego, el docente relaciona esta situación con experiencias actuales y cercanas:

- Las bacterias que pueden volverse resistentes a ciertos antibióticos después de muchas generaciones.
- Los insectos que desarrollan resistencia a algunos pesticidas.
- Los cambios en la cantidad o distribución de especies cuando se modifican los ambientes por la contaminación, la urbanización o el cambio climático.
- Las diferencias visibles entre personas de una misma familia, aclarando que no toda diferencia observable constituye una adaptación evolutiva.

El docente puede enfatizar que, en redes sociales y conversaciones cotidianas, es común escuchar expresiones como “el animal se adaptó porque lo necesitaba” o “la evolución siempre produce organismos mejores”. Estas ideas son útiles como punto de partida, pero deben ser analizadas mediante observaciones, modelos y evidencias científicas.

Preparación emocional y motivación

Se invita a los estudiantes a asumir el papel de investigadores que deben resolver un caso científico. El docente puede decir:

“Hoy no vamos a memorizar una definición de evolución. Vamos a investigar una situación en la que parece que un organismo cambió para sobrevivir. Tendremos que decidir si cambió cada individuo, si cambió la población o si la explicación es más compleja. Todas las hipótesis pueden plantearse inicialmente, pero deberán justificarse con evidencias.”

Este encuadre favorece la curiosidad y reduce el temor a equivocarse, ya que las respuestas iniciales se consideran hipótesis que pueden revisarse durante la clase.

Preguntas iniciales de indagación

El docente presenta las preguntas de manera oral o en la pizarra y solicita respuestas breves, sin corregirlas todavía:

- Si una polilla se posa sobre un tronco oscuro, ¿puede cambiar su color durante su vida para camuflarse?
- ¿Qué diferencia hay entre que una polilla individual cambie y que cambie la proporción de polillas claras y oscuras en una población?
- ¿Una especie cambia porque “necesita” hacerlo?
- Si en una población aumenta la cantidad de individuos con una característica, ¿significa necesariamente que la especie se volvió “mejor”?
- ¿Qué datos necesitaríamos para comprobar una explicación sobre el cambio de una población?

Conexión con el caso de *Biston betularia*

Para cerrar la contextualización, el docente muestra una imagen de dos polillas *Biston betularia*, una clara y otra oscura, sobre troncos de diferente color. Puede presentar el siguiente desafío:

“En distintas zonas y momentos históricos se registraron cambios en la frecuencia de polillas claras y oscuras. Algunas explicaciones relacionaron estos cambios con el color de los troncos, la contaminación y la acción de los depredadores. ¿Qué pudo haber ocurrido con la población? ¿Las polillas individuales cambiaron durante su vida o las generaciones fueron teniendo proporciones diferentes de cada tipo?”

Se solicita a los estudiantes que escriban una hipótesis individual en una frase y que indiquen qué evidencia esperarían encontrar para apoyarla. No es necesario que lleguen todavía a una respuesta correcta; sus hipótesis serán retomadas durante la representación y el análisis del caso.

Transición hacia la indagación

El docente concluye:

“Para responder al desafío, tendremos que observar qué ocurre con los individuos, comparar generaciones y analizar cómo cambia la población. También examinaremos si hablar de evolución significa necesariamente hablar de progreso o de organismos ‘mejores’.”

Inicio - Activar

Actividad de activación: “¿Quién cambió?”

Duración: 8 minutos.

Propósito: Activar ideas previas sobre el cambio en los seres vivos y provocar una primera reflexión acerca de la diferencia entre cambios individuales y cambios en una población a través de las generaciones.

Materiales: Pizarra o diapositiva con la siguiente situación y afirmaciones. También puede entregarse una copia por pareja.

Situación inicial: “En una zona industrial, los troncos de los árboles se vuelven más oscuros. Después de varias generaciones, se observa que hay más polillas oscuras que polillas claras”.

Desarrollo

- **1. Predicción individual — 2 minutos:** Cada estudiante responde en silencio: “¿Por qué creen que aumentó la cantidad de polillas oscuras?”. Debe escribir una explicación breve, sin consultar fuentes.
- **2. Clasificación de afirmaciones — 3 minutos:** En parejas, clasifican las siguientes afirmaciones en tres grupos: “estoy de acuerdo”, “no estoy seguro/a” y “no estoy de acuerdo”.
 - “Las polillas individuales cambiaron de color porque necesitaban sobrevivir”.
 - “Las polillas oscuras pudieron ser menos visibles para los depredadores en los troncos oscuros”.
 - “La población cambió porque, generación tras generación, sobrevivieron y dejaron más descendencia algunas polillas que otras”.
 - “Que haya más polillas oscuras significa necesariamente que la especie progresó”.
- **3. Puesta en común — 3 minutos:** El docente solicita algunas respuestas y registra en la pizarra las palabras o ideas clave: individuo, población, generaciones, supervivencia, reproducción, necesidad y progreso.

Preguntas orientadoras del docente

- ¿El cambio de color ocurre en una polilla durante su vida o se observa al comparar varias generaciones?
- ¿Qué diferencia hay entre decir “cambiaron las polillas” y decir “cambió la proporción de polillas en la población”?

- ¿Las polillas cambiaron porque “lo necesitaban” o algunas características pudieron favorecer su supervivencia y reproducción?
- ¿Tener más polillas oscuras significa que son mejores en cualquier ambiente?
- ¿Qué datos necesitaríamos para comprobar cuál explicación es más adecuada?

Cierre y conexión con la indagación

El docente aclara que las respuestas iniciales son hipótesis y no conclusiones. Luego plantea la pregunta guía: **“¿Quién cambió realmente: cada polilla o la población de polillas a través de las generaciones?”**

Se explica que durante la clase analizarán el caso de *Biston betularia* mediante evidencias, representaciones de poblaciones y comparación de generaciones. Se retomarán las afirmaciones iniciales al final para revisar cuáles se mantienen, cuáles deben modificarse y qué evidencias respaldan cada explicación.

Producto rápido de la actividad

Cada estudiante entrega o conserva una respuesta inicial a la pregunta: **“Explica en dos o tres líneas por qué podría aumentar la proporción de polillas oscuras en una población”**. Esta respuesta se utilizará al cierre para comparar sus ideas previas con la explicación construida a partir de la evidencia científica.

Desarrollo - Ejemplos

Propósito de la sesión

Que los estudiantes analicen evidencias sobre cambios en poblaciones a través de varias generaciones y construyan una explicación que diferencie:

- El cambio de un individuo durante su vida.
- El cambio en la frecuencia de características dentro de una población.
- La selección natural de la idea de que los organismos cambian porque “lo necesitan”.
- La evolución de la idea de progreso o perfeccionamiento.

Pregunta orientadora

¿Quién cambió: el individuo, la población o el ambiente?

Secuencia de indagación para una sesión de 60 minutos

Tiempo	Etapas de indagación	Actividad
5 minutos	Exploración de ideas previas	Presentar la pregunta: “Si los troncos de los árboles se oscurecen, ¿las polillas cambian de color durante su vida?”. Los estudiantes responden individualmente y justifican.
10 minutos	Planteamiento del problema	Observar imágenes o descripciones de polillas claras y oscuras sobre troncos claros y oscuros. Formular preguntas y posibles explicaciones.

Tiempo	Etapa de indagación	Actividad
20 minutos	Análisis de evidencias	Trabajar con el caso de <i>Biston betularia</i> y una tabla de datos sobre frecuencias de las variedades clara y oscura.
15 minutos	Comparación de casos	Analizar brevemente un caso adicional, como resistencia bacteriana a antibióticos o cambios en el tamaño de peces por pesca selectiva.
10 minutos	Construcción de explicación	Responder la pregunta orientadora mediante un esquema causal y una conclusión basada en evidencias.

Caso central: la polilla del abedul, *Biston betularia*

Este caso permite analizar cómo una población puede cambiar cuando las condiciones ambientales afectan la supervivencia y la reproducción de sus individuos.

Situación para presentar al curso

En una población de polillas del abedul existen variaciones heredables en el color de las alas. Algunas polillas son claras y otras oscuras. Las aves pueden capturarlas con mayor facilidad cuando contrastan con el tronco donde descansan.

Durante la Revolución Industrial, el hollín oscureció muchos troncos y redujo la presencia de líquenes claros. En esas condiciones, las polillas oscuras quedaron menos expuestas a los depredadores en algunos lugares. Con el paso de las generaciones, aumentó la proporción de polillas oscuras en determinadas poblaciones.

Posteriormente, en zonas donde disminuyó la contaminación, los troncos recuperaron una apariencia más clara y la frecuencia de polillas claras volvió a aumentar.

Datos simplificados para analizar

Condición ambiental	Generación	Polillas claras	Polillas oscuras
Troncos claros, con líquenes	Inicial	70%	30%
Troncos oscuros, con hollín	Inicial	70%	30%
Troncos oscuros, con hollín	Después de varias generaciones	25%	75%
Troncos claros, después de disminuir la contaminación	Después de varias generaciones	68%	32%

Preguntas de indagación

- ¿Qué característica ya estaba presente en la población antes del cambio ambiental?

- ¿Cambió el color de cada polilla durante su vida?
- ¿Qué ocurrió con la proporción de polillas claras y oscuras después de varias generaciones?
- ¿Cómo podría influir la depredación de las aves?
- ¿Qué evidencia permite afirmar que cambió la población?
- ¿Las polillas se volvieron oscuras porque “necesitaban” camuflarse?
- ¿El aumento de polillas oscuras significa que la especie se volvió “mejor” en todos los ambientes?

Actividad práctica: modelo con tarjetas o fichas

El docente prepara tarjetas claras y oscuras que representen polillas. También puede utilizar papel blanco y negro, tapas de botellas o fichas de dos colores.

- Formar una población inicial con 10 tarjetas claras y 10 oscuras.
- Colocar las tarjetas sobre una superficie clara.
- Solicitar a un estudiante que actúe como depredador y retire durante 20 segundos las tarjetas que pueda distinguir con mayor facilidad.
- Registrar cuántas tarjetas de cada tipo quedaron.
- Representar la población sobreviviente como la población reproductora de la siguiente generación.
- Repetir la simulación sobre una superficie oscura.
- Comparar las frecuencias iniciales y finales.

El docente debe aclarar que la actividad es un modelo: las tarjetas no son organismos reales y la selección natural no ocurre porque los individuos decidan cambiar. El modelo representa diferencias en supervivencia y reproducción asociadas con características heredables.

Registro de resultados

Ambiente	Tipo de polilla más capturada	Tipo de polilla que queda en mayor proporción	Predicción para la siguiente generación
Superficie clara			
Superficie oscura			

Explicación científica esperada

Una respuesta adecuada podría ser:

“La población de *Biston betularia* cambió porque ya existían polillas claras y oscuras, y algunas tuvieron mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse según el color del ambiente. El cambio se observa en la proporción de cada variedad después de varias generaciones. No fue cada polilla la que cambió de color por necesidad”.

Casos de estudio adicionales

Caso 1: resistencia bacteriana a los antibióticos

En una población de bacterias pueden existir algunas con características que les permiten resistir un antibiótico. Cuando se aplica el medicamento, muchas bacterias sensibles mueren, mientras que algunas resistentes sobreviven y se reproducen. Después de varias generaciones, aumenta la proporción de bacterias resistentes.

Preguntas para estudiantes

- ¿El antibiótico provoca que cada bacteria decida hacerse resistente?
- ¿Qué cambia: cada bacteria o la proporción de bacterias resistentes en la población?
- ¿Por qué el uso incorrecto o incompleto de antibióticos puede favorecer este proceso?
- ¿La resistencia hace que las bacterias sean “mejores” en todos los ambientes?

Conexión con el objetivo: permite diferenciar la evolución de un cambio individual. Una persona puede recuperarse de una infección, pero las bacterias resistentes pueden aumentar su frecuencia en la población a través de generaciones.

Caso 2: tamaño de los peces en una población sometida a pesca

En un lago, los pescadores suelen capturar preferentemente peces grandes. Si el tamaño tiene un componente heredable, los peces pequeños pueden sobrevivir y reproducirse con mayor frecuencia. Después de varias generaciones, podría aumentar la proporción de peces que maduran con menor tamaño.

Preguntas para estudiantes

- ¿Todos los peces se vuelven pequeños durante su vida porque son capturados los grandes?
- ¿Qué individuos tienen mayor probabilidad de dejar descendencia?
- ¿Qué información adicional sería necesaria para comprobar que el cambio tiene una base heredable?
- ¿La población se vuelve “más avanzada” o simplemente cambia en relación con una presión ambiental?

Conexión con el contexto de los estudiantes

Este caso puede relacionarse con actividades económicas locales, pesca, agricultura o manejo de recursos naturales. También permite discutir que una característica favorable en un ambiente puede no serlo en otro. Por ejemplo, un pez pequeño podría tener ventaja en un lago con pesca intensa, pero no necesariamente en un ambiente sin esa presión.

Actividad de comparación entre casos

Elemento	Polillas	Bacterias	Peces
Variación inicial	Color claro u oscuro	Mayor o menor resistencia	Diferencias de tamaño y edad reproductiva

Elemento	Polillas	Bacterias	Peces
Presión ambiental	Depredación y color del tronco	Uso de antibióticos	Pesca preferencial de peces grandes
Qué cambia a través de generaciones	Proporción de polillas claras y oscuras	Proporción de bacterias resistentes	Proporción de individuos con ciertos tamaños o rasgos
Qué no debe afirmarse	Que cada polilla cambió de color por necesidad	Que el antibiótico “enseñó” a resistir a las bacterias	Que todos los peces se hicieron pequeños durante su vida

Producto final de los estudiantes

Cada grupo elabora una explicación visual que incluya:

- La variación presente en la población inicial.
- El cambio ambiental o la presión de selección.
- Los individuos con mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse.
- El cambio en la frecuencia de características después de varias generaciones.
- Una frase que explique por qué no se trata de un cambio individual provocado por la necesidad.

Una estructura posible para el esquema es:

Variación heredable → condición ambiental → diferencias en supervivencia o reproducción → cambio en la proporción de características en la población → varias generaciones.

Cierre y evaluación rápida

Como ticket de salida, cada estudiante responde:

- ¿Qué evidencia muestra que evolucionó la población de polillas?
- ¿Por qué una polilla individual no es un ejemplo de evolución si se oscurece durante su vida?
- ¿Por qué la evolución no significa necesariamente progreso o perfeccionamiento?

Criterios de evaluación

- Identifica que una población puede presentar variación entre sus individuos.
- Explica que la evolución se reconoce por cambios en la frecuencia de características a través de generaciones.
- Diferencia cambios individuales, como crecimiento, aprendizaje o respuesta fisiológica, de cambios poblacionales.
- Relaciona el ambiente con diferencias en supervivencia y reproducción.
- Evita explicaciones basadas en la necesidad, la intención o la idea de que los organismos evolucionan para volverse “mejores”.
- Utiliza datos o resultados del modelo para justificar sus conclusiones.

Desarrollo - Gamificar

Propuesta de gamificación para la fase de desarrollo

Nombre de la experiencia: “Operación Polilla: el misterio del cambio poblacional”.

Los estudiantes asumirán el papel de equipos de investigadores que deben analizar evidencias del caso de *Biston betularia* y resolver una pregunta central: **¿cambió cada polilla o cambió la proporción de polillas de la población?**

La gamificación se utiliza para organizar la indagación, tomar decisiones y argumentar con evidencias, no solo para acumular puntos.

Duración y organización

Momento	Tiempo	Actividad
Presentación de la misión	3 minutos	Explicación del reto y organización de equipos.
Reto 1: identificar la población	8 minutos	Clasificación de individuos y representación de frecuencias.
Reto 2: analizar el cambio entre generaciones	12 minutos	Interpretación de datos del caso y construcción de un modelo.
Reto 3: evaluar explicaciones	10 minutos	Comparación de hipótesis sobre el cambio de la población.
Reto final: defender una conclusión	7 minutos	Argumentación breve basada en evidencias.

Elementos de juego

- **Equipos de investigación:** grupos de 3 o 4 estudiantes con roles rotativos.
- **Pasaporte de evidencias:** hoja donde registran observaciones, datos, explicaciones y conclusiones.
- **Cartas de evidencia:** imágenes, datos de frecuencias, información sobre contaminación y depredación.
- **Fichas de evidencia:** se obtienen por interpretar correctamente una fuente, justificar una decisión o relacionar una afirmación con datos.
- **Medidor de rigor científico:** tablero con cuatro niveles: observación, patrón, explicación y argumento.
- **Cartas de ayuda:** cada equipo puede utilizar una durante la actividad para recibir una pregunta orientadora del docente.
- **Insignia final:** “Detectives del cambio poblacional”, otorgada a los equipos que construyan una explicación basada en evidencias, aunque no sean los primeros en terminar.

Roles dentro de los equipos

- **Analista de datos:** organiza las cantidades y calcula o representa las frecuencias.
- **Observador de evidencias:** identifica qué información aporta cada imagen o tarjeta.
- **Crítico de explicaciones:** revisa si las conclusiones confunden cambios individuales con cambios poblacionales.
- **Vocero:** comunica la explicación final del equipo.

Si el grupo tiene tres integrantes, el rol de analista de datos y observador de evidencias puede combinarse.

Reto 1: “¿Qué hay en la población?”

Propósito: reconocer que una población puede incluir individuos con diferentes características y representar sus proporciones.

El docente entrega a cada equipo tarjetas que representan polillas claras y oscuras. Las tarjetas corresponden a dos generaciones de una población. Para evitar que los estudiantes interpreten la actividad como un cambio individual, se recomienda utilizar tarjetas con identificadores diferentes en cada generación.

Generación	Polillas claras	Polillas oscuras	Total
Inicial	18	6	24
Posterior	8	16	24

Los equipos deben:

- Organizar las tarjetas según el color de las polillas.
- Representar cada generación mediante un gráfico de barras o pictograma.
- Describir qué cambió y qué no cambió.
- Escribir una afirmación que comience con: “En la población...”

Fichas de evidencia: el equipo recibe una ficha si diferencia correctamente entre “la cantidad total de polillas” y “la proporción de cada tipo de polilla”.

Pregunta orientadora: ¿las mismas polillas cambiaron de color o la proporción de polillas claras y oscuras fue diferente en la generación posterior?

Reto 2: “Reconstruyan la historia con evidencias”

Propósito: relacionar el cambio en las frecuencias de la población con condiciones ambientales y supervivencia diferencial.

Cada equipo recibe un conjunto de cartas de evidencia. Las cartas pueden incluir los siguientes datos:

- En zonas con troncos cubiertos de líquenes, las polillas claras son menos visibles.
- En zonas con troncos oscurecidos por contaminación, las polillas oscuras son menos visibles.
- Las aves pueden capturar con mayor facilidad a las polillas que contrastan con el tronco.
- En la población inicial ya existían polillas claras y oscuras.
- El ambiente no produce intencionalmente el color que cada polilla necesita.
- Las polillas que sobreviven y se reproducen pueden contribuir con sus características a la siguiente generación.

Los estudiantes deben ordenar las cartas para construir una posible explicación del cambio observado. Después, completan el siguiente esquema:

Elemento	Respuesta del equipo
----------	----------------------

Variación presente en la población	¿Qué diferencias existían entre las polillas?
Condición ambiental	¿Cómo era el color de los troncos?
Supervivencia diferencial	¿Qué tipo de polilla podía ser menos visible?
Cambio entre generaciones	¿Qué ocurrió con la proporción de cada tipo?

Regla de rigor: no pueden obtener la ficha de evidencia si explican el caso utilizando expresiones como “la polilla quiso cambiar”, “necesitó cambiar” o “se volvió oscura durante su vida”. Deben formular la explicación en términos de variación, ambiente, supervivencia, reproducción y generaciones.

Reto 3: “Tribunal de hipótesis”

Propósito: distinguir explicaciones científicas de ideas de necesidad o progreso.

El docente entrega a cada equipo tres tarjetas con hipótesis. Los estudiantes deben clasificarlas como:

- **Compatible con las evidencias.**
- **Parcialmente compatible.**
- **No compatible con las evidencias.**

Hipótesis	Clasificación esperada
“Las polillas se volvieron oscuras porque necesitaban camuflarse.”	No compatible. Atribuye un cambio intencional al individuo.
“La población cambió porque algunos tipos de polilla sobrevivieron y se reprodujeron más en determinadas condiciones.”	Compatible con las evidencias.
“Las polillas oscuras son más evolucionadas porque son mejores.”	No compatible. Confunde evolución con progreso y depende del ambiente.
“La frecuencia de ciertos tipos de polilla puede cambiar si las condiciones ambientales afectan su supervivencia.”	Compatible con las evidencias.

Para justificar cada clasificación, el equipo debe citar al menos una carta de evidencia o un dato del Reto 1.

Reto final: “Informe de la población”

Cada equipo dispone de un minuto para presentar una conclusión utilizando la estructura:

“Nuestra conclusión es que _____. Lo sabemos porque _____ y _____. Esto significa que cambió _____, no necesariamente _____.”

Una respuesta esperada podría ser:

“Nuestra conclusión es que cambió la proporción de polillas claras y oscuras en la población. Lo sabemos porque en la generación posterior aumentó la frecuencia de polillas oscuras y porque las condiciones de los troncos afectaron su

visibilidad ante los depredadores. Esto significa que cambió la población a través de las generaciones, no que cada polilla cambiara de color por necesidad.”

Sistema de puntuación formativa

Criterio	Puntos
Representa correctamente las frecuencias de las dos generaciones.	1 punto
Distingue un cambio poblacional de un cambio individual.	2 puntos
Relaciona el ambiente con la visibilidad y la supervivencia diferencial.	2 puntos
Rechaza explicaciones basadas en necesidad o intención.	1 punto
Evita interpretar la evolución como progreso.	1 punto
Utiliza datos o evidencias para justificar la conclusión.	2 puntos

Interpretación: los puntos no representan quién “sabe más”, sino el nivel de calidad de la explicación científica. El docente puede reconocer con la insignia final a todos los equipos que alcancen al menos 7 puntos.

Materiales

- Tarjetas de polillas claras y oscuras para dos generaciones.
- Tarjetas de evidencia sobre ambiente, visibilidad, depredación y reproducción.
- Hoja de pasaporte de evidencias.
- Hojas cuadriculadas o papel para elaborar gráficos.
- Fichas, adhesivos o sellos para representar evidencias.
- Tarjetas de hipótesis.
- Temporizador visible para controlar los retos.

Retroalimentación del docente durante el juego

El docente debe evitar entregar directamente la respuesta y utilizar preguntas que mantengan la indagación:

- ¿Qué evidencia muestra que cambió la proporción de la población?
- ¿Están hablando de una polilla individual o de varias generaciones?
- ¿Las polillas cambiaron porque lo necesitaban o algunas ya presentaban diferencias?
- ¿Una característica ventajosa en un ambiente sería siempre ventajosa en otro?
- ¿Por qué “más oscuras” no significa necesariamente “más evolucionadas”?

Cierre de la fase de desarrollo

Antes de pasar a la siguiente fase de la clase, cada estudiante completa individualmente una tarjeta de salida:

- **Una idea que ahora puedo explicar:** _____.

• Una diferencia entre cambio individual y evolución: _____.

• Una evidencia del caso de *Biston betularia*: _____.

Esta tarjeta permite comprobar que el aprendizaje pertenece a cada estudiante y no únicamente al equipo, además de identificar si persisten concepciones como “la necesidad produce cambios” o “evolucionar significa progresar”.

Desarrollo - Evaluar

Propósito de la evaluación formativa

Monitorear si los estudiantes comprenden que la evolución ocurre en poblaciones a través de generaciones, mientras que los individuos pueden cambiar durante su vida, y si logran analizar el caso de *Biston betularia* usando evidencias. También se busca identificar ideas equivocadas, como que los organismos cambian porque “lo necesitan” o que la evolución siempre representa progreso.

Ruta de monitoreo durante la sesión

Momento	Herramienta	Tiempo	Qué permite observar
Inicio	Votación diagnóstica y justificación breve	5 minutos	Ideas iniciales sobre cambio individual, necesidad y evolución.
Exploración del caso	Lista de cotejo de representación poblacional	10 minutos	Si reconocen cambios en la proporción de variantes a través de generaciones.
Análisis de evidencias	Preguntas de indagación y semáforo de comprensión	10 minutos	Cómo relacionan ambiente, supervivencia, reproducción y frecuencia de variantes.
Construcción de explicación	Organizador de afirmación, evidencia y razonamiento	15 minutos	Si explican el cambio poblacional sin atribuirlo a una necesidad consciente.
Cierre	Ticket de salida	5 minutos	Avance individual hacia el objetivo de aprendizaje.

1. Votación diagnóstica: “¿Qué cambió?”

Aplicación: presentar a los estudiantes una afirmación sobre el caso de *Biston betularia* y pedirles que elijan una opción. Luego deben justificar su decisión en una o dos frases. La votación puede hacerse levantando tarjetas, usando los dedos o ubicándose en distintas zonas del aula.

Situación: En una zona contaminada, aumentó la proporción de polillas oscuras durante varias generaciones.

Pregunta: ¿Cuál explicación es más adecuada?

- A. Cada polilla se volvió más oscura porque necesitaba camuflarse.
- B. La población cambió porque las polillas oscuras tuvieron, en promedio, mayor posibilidad de sobrevivir y reproducirse.

- C. La especie decidió cambiar para adaptarse al ambiente.
- D. Las polillas oscuras son una forma más avanzada de polilla.

Indicadores para el docente:

- Avance: selecciona B y menciona población, generaciones, supervivencia o reproducción.
- Comprensión parcial: selecciona B, pero explica el cambio como una transformación ocurrida en cada individuo.
- Requiere apoyo: selecciona A, C o D y atribuye el cambio a la necesidad, la decisión o el progreso.

Retroalimentación inmediata sugerida: “Tu explicación menciona una diferencia entre las polillas. Ahora precisa si esa diferencia apareció en un individuo durante su vida o si cambió la proporción de individuos con esa característica a lo largo de varias generaciones”.

2. Lista de cotejo para la representación de la población

Aplicación: durante el trabajo con imágenes, datos o tarjetas de varias generaciones, el docente observa los grupos y marca los desempeños evidenciados. Puede pedir a cada grupo que represente mediante dibujos, conteos o porcentajes la composición de la población.

Indicador observable	Sí	En parte	Aún no
Distingue individuos claros y oscuros dentro de una misma población.			
Compara la proporción de polillas claras y oscuras en al menos dos generaciones.			
Representa el cambio mediante dibujos, conteos, fracciones o porcentajes.			
Indica que el cambio ocurre en la población y no porque un individuo se transforme durante su vida.			
Relaciona la variación observada con diferencias en supervivencia o reproducción.			

Pregunta de verificación para los grupos: “Si observáramos una sola polilla durante toda su vida, ¿podríamos ver directamente el cambio evolutivo? ¿Qué tendríamos que comparar para identificarlo?”

La respuesta esperada debe incluir la comparación de una población en distintas generaciones, no solamente la observación de un individuo.

3. Preguntas de indagación durante el análisis del caso

El docente puede seleccionar cuatro o cinco preguntas y formularlas mientras los estudiantes analizan la información. Se recomienda pedir primero una respuesta individual y luego una explicación en pareja.

- ¿Qué diferencias observables existen entre las polillas de la población?
- ¿La característica oscura apareció porque las polillas la necesitaron o ya existían variaciones en la población?
- ¿Qué cambio se observa en la proporción de polillas claras y oscuras entre generaciones?
- ¿Cómo pudo influir el color de los troncos en la posibilidad de ser capturadas por las aves?

- ¿Qué relación existe entre sobrevivir, reproducirse y dejar descendencia?
- ¿Qué evidencia apoyaría la explicación de que la población evolucionó?
- ¿La polilla “mejoró” necesariamente? ¿Mejoró para cualquier ambiente?
- ¿Qué podría ocurrir con la proporción de polillas claras si el ambiente volviera a ser más claro?

Criterio de escucha docente: las respuestas avanzadas conectan una variación heredable con diferencias en supervivencia o reproducción y con un cambio en la proporción de variantes a través de generaciones.

4. Semáforo de comprensión

Aplicación: realizar una pausa de dos minutos después del análisis de los datos. Cada estudiante muestra una tarjeta o escribe un color junto con una frase.

- **Verde:** puedo explicar por qué cambió la proporción de polillas en la población.
- **Amarillo:** entiendo parte de la explicación, pero confundo el cambio individual con el cambio poblacional.
- **Rojo:** todavía pienso que las polillas cambiaron porque lo necesitaban o porque decidieron adaptarse.

Después del semáforo, pedir una evidencia de comprensión:

“Escribe una frase que comience así: La población cambió porque...”

Uso de la información:

- A los estudiantes en verde se les puede pedir que comparen el caso con un cambio ambiental diferente.
- A los estudiantes en amarillo se les puede entregar una tabla de generaciones para completar.
- A los estudiantes en rojo se les puede solicitar que ordenen las ideas: variación, ambiente, supervivencia, reproducción y cambio poblacional.

5. Organizador de afirmación, evidencia y razonamiento

Aplicación: en parejas o grupos pequeños, los estudiantes responden a la pregunta central y completan el organizador. El docente revisa rápidamente las respuestas antes de la puesta en común.

Pregunta de indagación: ¿Quién cambió: la polilla individual o la población?

Elemento	Respuesta del estudiante	Indicador de logro
Afirmación	¿Qué sostiene el grupo?	Afirma que cambió la proporción de variantes en la población a través de generaciones.
Evidencia	¿Qué dato, imagen u observación respalda la afirmación?	Usa datos comparativos entre generaciones o ambientes.
Razonamiento	¿Cómo se relaciona la evidencia con la afirmación?	Explica la relación entre coloración, camuflaje, depredación, reproducción y frecuencia de variantes.

Frase de apoyo: “La población evolucionó porque, en el ambiente _____, las polillas _____ tuvieron mayor probabilidad de _____. Por eso, después de varias generaciones, aumentó o disminuyó la proporción de _____”.

6. Tarjetas para detectar ideas alternativas

Aplicación: entregar a cada grupo cuatro tarjetas con afirmaciones. Los estudiantes deben clasificarlas como “explicación científica adecuada”, “explicación incompleta” o “idea que debe revisarse”. Luego justifican una de sus decisiones.

- “Las polillas se volvieron oscuras porque necesitaban ocultarse.”
- “Ya había polillas con diferencias de color y algunas quedaron menos expuestas a los depredadores.”
- “Una polilla individual cambia evolutivamente durante su vida.”
- “La evolución puede favorecer una característica en un ambiente y no favorecerla en otro.”
- “La polilla oscura es más avanzada que la polilla clara.”
- “La evolución se identifica al comparar poblaciones a través de generaciones.”

Respuesta esperada:

- Explicaciones adecuadas: segunda, cuarta y sexta afirmación.
- Ideas que deben revisarse: primera, tercera y quinta afirmación.
- Posible matiz: la primera afirmación puede considerarse incompleta porque confunde la función del camuflaje con una necesidad que produce directamente el cambio.

7. Ticket de salida individual

Aplicación: entregar los últimos cinco minutos de la clase. Las respuestas deben ser breves, pero deben incluir una explicación y no solo una definición.

Nombre: _____

1. Explica en dos o tres frases qué cambió en la población de *Biston betularia*.
2. ¿Por qué no es correcto decir que cada polilla se volvió oscura porque lo necesitaba?
3. Escribe una evidencia que permita distinguir evolución de cambio individual.
4. ¿Por qué no necesariamente se puede afirmar que una variante es “mejor” o “más avanzada” que otra?

Indicadores para revisar rápidamente:

Nivel de avance	Características de la respuesta
Logrado	Explica el cambio en la proporción de variantes de una población a través de generaciones; relaciona el ambiente con supervivencia y reproducción; rechaza la necesidad y el progreso como explicaciones.
En desarrollo	Reconoce que cambia la población, pero confunde parcialmente la causa, el papel de la variación o la relación entre supervivencia y reproducción.
Inicial	Explica el caso como un cambio individual provocado por la necesidad, la decisión del organismo o una idea de progreso.

Retroalimentación breve para el cierre

- **Para una explicación centrada en el individuo:** “La evidencia debe mostrar cambios en la proporción de individuos de una población a lo largo de varias generaciones, no la transformación de una sola polilla”.
- **Para una explicación basada en la necesidad:** “Necesitar una característica no produce por sí solo una variante. Analicemos qué variaciones existían y cuáles dejaron más descendencia”.
- **Para una explicación basada en progreso:** “Una característica puede ser ventajosa en un ambiente y desfavorable en otro. La evolución no tiene una dirección obligatoria hacia algo ‘mejor’”.
- **Para una explicación con evidencia insuficiente:** “Tu afirmación es posible, pero necesitas indicar qué dato del caso la respalda y cómo ese dato se relaciona con el cambio poblacional”.

Registro docente de una página

Estudiante o grupo	Reconoce cambio poblacional	Usa evidencia	Evita la explicación de necesidad	Evita la idea de progreso	Próximo apoyo
	Logrado / En desarrollo / Inicial	Logrado / En desarrollo / Inicial	Logrado / En desarrollo / Inicial	Logrado / En desarrollo / Inicial	
	Logrado / En desarrollo / Inicial	Logrado / En desarrollo / Inicial	Logrado / En desarrollo / Inicial	Logrado / En desarrollo / Inicial	

Este registro permite tomar una decisión al finalizar la clase: reforzar la diferencia entre individuo y población, profundizar el uso de evidencias o ampliar el análisis hacia la dependencia de la adaptación respecto del ambiente.

Desarrollo - Tareas

Fase de desarrollo: tareas de indagación

La fase de desarrollo tiene una duración aproximada de 40 minutos. Se propone el trabajo colaborativo en grupos de 3 o 4 estudiantes, con roles rotativos: coordinador, encargado de datos, relator y crítico de evidencias.

Objetivo específico	Descripción
O1	Distinguir los cambios que ocurren en un individuo de los cambios en la frecuencia de características de una población.
O2	Representar cómo una población puede cambiar a través de varias generaciones.
O3	Analizar evidencias para explicar la evolución sin recurrir a las ideas de necesidad o progreso.

Tarea 1. Observar el caso y formular preguntas investigables

Tiempo estimado: 10 minutos.

Propósito: Activar las ideas iniciales de los estudiantes y orientar la indagación hacia la diferencia entre el cambio individual y el cambio poblacional.

Situación de indagación:

En la especie *Biston betularia* existen polillas de color claro y polillas de color oscuro. En algunas zonas, la contaminación oscureció los troncos de los árboles. En esos lugares se observó que, con el paso de las generaciones, aumentó la proporción de polillas oscuras. Cuando disminuyó la contaminación y los troncos volvieron a ser más claros, la proporción de polillas claras aumentó nuevamente.

Instrucciones para los estudiantes:

- Lean la situación y observen imágenes o representaciones de polillas claras y oscuras sobre troncos claros y oscuros.
- Escriban individualmente dos observaciones, sin explicar todavía por qué ocurre el fenómeno.
- En el grupo, clasifiquen sus observaciones en tres categorías: cambios en individuos, cambios en la población y posibles factores ambientales.
- Formulen una pregunta investigable que pueda responderse utilizando datos. Por ejemplo: ¿Cómo cambia la proporción de polillas claras y oscuras después de varias generaciones en distintos ambientes?
- Escriban una predicción razonada sobre qué tipo de polilla podría dejar más descendencia en cada ambiente.

Producto esperado:

- Una tabla con observaciones clasificadas.
- Una pregunta investigable.
- Una predicción acompañada de una razón basada en el camuflaje y la depredación.

Conexión con el objetivo: Contribuye principalmente al O1 y al O3, porque permite comenzar a distinguir entre lo que cambia en un organismo individual y lo que cambia en la proporción de características de una población.

Preguntas orientadoras del docente:

- ¿Una polilla clara puede transformarse en oscura durante su vida?
- ¿Qué significa afirmar que “cambió la población”?
- ¿Qué evidencia necesitaríamos para comprobar que la población cambió?
- ¿La característica de color aparece porque la polilla la necesita?

Tarea 2. Representar el cambio de una población a través de generaciones

Tiempo estimado: 15 minutos.

Propósito: Modelar que la evolución se evidencia como un cambio en la frecuencia de características heredables dentro de una población a través de las generaciones.

Datos para el trabajo grupal:

Generación	Ambiente con troncos oscuros	Ambiente con troncos claros
Inicial	50% claras / 50% oscuras	50% claras / 50% oscuras
1	35% claras / 65% oscuras	65% claras / 35% oscuras

2	20% claras / 80% oscuras	80% claras / 20% oscuras
3	10% claras / 90% oscuras	90% claras / 10% oscuras

Instrucciones para los estudiantes:

- Representen los datos mediante dos gráficos de barras o dos gráficos de líneas: uno para el ambiente con troncos oscuros y otro para el ambiente con troncos claros.
- Utilicen un color o símbolo diferente para las polillas claras y oscuras.
- Escriban debajo de cada gráfico una conclusión que incluya las palabras población, generaciones y proporción.
- Respondan: ¿qué característica aumentó en cada ambiente?, ¿qué ocurrió con la proporción de cada tipo?, ¿cambió cada polilla individual o cambió la composición de la población?
- Elaboren una secuencia de cuatro viñetas que represente la población inicial y las tres generaciones siguientes.

Producto esperado:

- Dos gráficos correctamente contruidos y rotulados.
- Una secuencia visual del cambio de la población.
- Una conclusión escrita sobre el cambio en las proporciones.

Conexión con el objetivo: Contribuye directamente al O1 y al O2. Los estudiantes representan el cambio poblacional y reconocen que las polillas individuales no cambian de color para adaptarse, sino que varía la proporción de tipos dentro de la población.

Intervenciones del docente:

- Solicitar que diferencien “una polilla se volvió oscura” de “aumentó la proporción de polillas oscuras”.
- Preguntar qué debe ocurrir con la reproducción para que una característica aumente en la población.
- Recordar que los gráficos deben mostrar una variable independiente, generaciones, y una variable dependiente, proporción de cada tipo de polilla.

Tarea 3. Construir una explicación basada en evidencias

Tiempo estimado: 15 minutos.

Propósito: Utilizar los datos para elaborar una explicación científica y cuestionar las ideas de necesidad y progreso en la evolución.

Instrucciones para los estudiantes:

- Revisen los gráficos elaborados en la tarea anterior.
- Construyan una explicación utilizando la estructura afirmación, evidencia y razonamiento.
- Completen las siguientes frases:
 - **Afirmación:** En el ambiente con troncos oscuros, la población cambió porque...
 - **Evidencia:** Los datos muestran que entre la generación inicial y la tercera generación...

- **Razonamiento:** Esto puede explicarse porque las polillas cuyo color se confundía mejor con el tronco tenían mayores probabilidades de...
- Respondan por escrito las siguientes preguntas:
- ¿Las polillas se volvieron oscuras porque necesitaban sobrevivir?
- ¿La población de polillas oscuras es “más evolucionada” que la de polillas claras?
- ¿Qué podría ocurrir si el ambiente volviera a cambiar?
- Intercambien la explicación con otro grupo y señalen una evidencia clara y una afirmación que necesite mayor justificación.

Producto esperado:

- Un texto breve de explicación científica de seis a ocho líneas.
- Respuestas argumentadas a las tres preguntas conceptuales.
- Una retroalimentación escrita para otro grupo.

Conexión con el objetivo: Contribuye principalmente al O3 y permite integrar los tres objetivos. Los estudiantes explican el cambio poblacional a partir de la variación, la reproducción diferencial y las condiciones ambientales, sin afirmar que los organismos cambian por necesidad ni que la evolución implica progreso.

Criterios de logro durante la fase de desarrollo

- Diferencia un cambio individual de un cambio en la proporción de características de una población.
- Representa adecuadamente los cambios en las frecuencias de polillas claras y oscuras a través de las generaciones.
- Utiliza datos concretos como evidencia, no solo opiniones.
- Relaciona el color de las polillas con la posibilidad de pasar desapercibidas ante los depredadores.
- Evita explicar el fenómeno diciendo que las polillas cambiaron porque lo necesitaban.
- Reconoce que una característica ventajosa depende del ambiente y no representa necesariamente mayor progreso evolutivo.

Desarrollo - Rubrica

Rúbrica de evaluación formativa del proceso de aprendizaje

Plan de clase: ¿Quién cambió: la polilla o la población?

Área: Ciencias Naturales - Biología

Nivel: Educación media, 15 a 17 años

Duración: Una sesión de 60 minutos

Propósito de la evaluación: Valorar cómo los estudiantes construyen, representan y revisan sus explicaciones sobre el cambio de una población de *Biston betularia* a través de las generaciones.

Escala de desempeño

Nivel	Descripción general	Puntaje
4. Avanzado	Explica con claridad, utiliza evidencias y relaciona diferentes ideas científicas de manera autónoma.	4
3. Logrado	Explica adecuadamente la idea central y utiliza evidencias, aunque presenta pequeños vacíos o imprecisiones.	3
2. En desarrollo	Reconoce algunos elementos importantes, pero su explicación es parcial, confusa o poco sustentada.	2
1. Inicial	Presenta explicaciones basadas principalmente en ideas previas, sin relacionarlas con la evidencia del caso.	1

Rúbrica analítica

Criterio	4. Avanzado	3. Logrado	2. En desarrollo	1. Inicial
1. Representación del cambio poblacional	Representa claramente cómo cambia la proporción de polillas claras y oscuras en la población a través de varias generaciones. Incluye referencias al tiempo, las generaciones o las frecuencias.	Representa el cambio en la proporción de polillas de la población a través de las generaciones, aunque omite algún elemento secundario.	Representa cambios en los individuos, pero muestra con dificultad el cambio en la población o en las frecuencias de los rasgos.	No representa un cambio relacionado con las generaciones o presenta la evolución como un cambio ocurrido en una sola polilla.
2. Distinción entre cambio individual y evolución	Distingue con claridad que una polilla individual no cambia su color por necesidad durante su vida y que la evolución se observa como un cambio en las características o frecuencias de una población a través de generaciones.	Diferencia el cambio individual de la evolución poblacional, aunque requiere precisar alguna de sus explicaciones.	Reconoce que las generaciones son importantes, pero todavía explica parcialmente la evolución como una transformación individual.	Afirma que las polillas cambian individualmente para adaptarse al ambiente o que una necesidad modifica directamente sus características.

Criterio	4. Avanzado	3. Logrado	2. En desarrollo	1. Inicial
3. Uso de evidencias del caso de <i>Biston betularia</i>	Selecciona datos relevantes del caso, como la coloración, la depredación, el ambiente y las proporciones observadas, y los utiliza para respaldar una explicación.	Utiliza al menos una evidencia pertinente del caso para apoyar su explicación, aunque la relación entre evidencia y conclusión podría ser más explícita.	Menciona datos del caso, pero los usa de manera general o no explica cómo respaldan su conclusión.	No utiliza evidencias del caso o formula conclusiones sin relación con los datos proporcionados.
4. Explicación de la selección natural	Explica que existen variaciones previas en la población y que, según las condiciones ambientales, algunas polillas tienen mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse, modificando la proporción de rasgos en generaciones posteriores.	Explica que el ambiente favorece la supervivencia y reproducción de algunas polillas, aunque no desarrolla completamente la relación entre variación, reproducción y generaciones.	Relaciona el ambiente con la supervivencia, pero presenta la selección como una decisión consciente de los organismos o como una respuesta directa a una necesidad.	Explica el caso como un cambio dirigido por la necesidad, el esfuerzo o la intención de las polillas.
5. Análisis de la idea de progreso	Explica que la evolución no implica avanzar hacia una forma perfecta o “mejor” en general, sino que las características pueden resultar más o menos favorables según el ambiente.	Reconoce que una característica favorable depende del ambiente y que la evolución no tiene una dirección fija, aunque su explicación es breve.	Considera que las polillas oscuras son necesariamente más evolucionadas o mejores, pero empieza a reconocer que la ventaja depende del contexto.	Interpreta la evolución como progreso inevitable hacia organismos superiores, perfectos o más complejos.
6. Construcción y revisión de explicaciones	Formula una explicación inicial, la contrasta con las evidencias y la revisa justificando qué cambió en su pensamiento y por qué.	Revisa su explicación a partir de las evidencias e identifica al menos una idea que mantuvo o modificó.	Realiza cambios en su explicación, pero no logra justificarlos claramente con evidencias.	Mantiene su explicación inicial sin contrastarla con las evidencias o no logra explicar su razonamiento.

Criterio	4. Avanzado	3. Logrado	2. En desarrollo	1. Inicial
7. Argumentación y participación en la indagación	Participa activamente, formula preguntas pertinentes, escucha otras explicaciones y argumenta utilizando la estructura: afirmación, evidencia y razonamiento.	Participa y comunica sus ideas con relación al problema, utilizando alguna evidencia o explicación científica.	Participa de forma irregular o comunica opiniones sin relacionarlas suficientemente con la evidencia.	Participa poco o sus intervenciones no se relacionan con la pregunta de indagación ni con la información analizada.

Instrumentos y momentos de aplicación

Momento de la clase	Evidencia observable	Criterios principales
Inicio: 0-10 minutos	Respuesta individual a la pregunta: “¿Por qué aumentó la cantidad de polillas oscuras?”	Distinción entre cambio individual y poblacional; ideas sobre necesidad y progreso.
Desarrollo: 10-35 minutos	Representación gráfica, esquema o secuencia de las generaciones de <i>Biston betularia</i> .	Representación del cambio poblacional; uso de evidencias; explicación de la selección natural.
Discusión: 35-50 minutos	Intervenciones del grupo y comparación de explicaciones.	Argumentación, participación y análisis de la idea de progreso.
Cierre: 50-60 minutos	Explicación revisada o respuesta de salida: “¿Quién cambió: la polilla o la población? ¿Qué evidencia lo demuestra?”	Construcción y revisión de explicaciones; integración de los objetivos de aprendizaje.

Desempeño esperado al finalizar la clase

Se espera que el estudiante explique que las polillas individuales no cambian su color durante su vida para responder a una necesidad. La población puede cambiar a través de las generaciones porque ya existe variación entre los individuos y, en determinadas condiciones ambientales, algunos rasgos favorecen la supervivencia y la reproducción. También debe reconocer que este cambio no representa necesariamente progreso, perfección o superioridad, ya que una característica favorable depende del ambiente.

Interpretación del puntaje

Puntaje total	Interpretación formativa	Orientación para el docente
---------------	--------------------------	-----------------------------

25-28 puntos	Comprensión sólida y transferencia de las ideas evolutivas.	Proponer una comparación con otro caso de selección natural o pedir una explicación más compleja sobre cambios ambientales.
18-24 puntos	Comprensión adecuada, con algunos aspectos por consolidar.	Reforzar la relación entre variación, reproducción diferencial y cambio poblacional.
11-17 puntos	Comprensión parcial y presencia de ideas alternativas.	Utilizar preguntas guiadas, revisar la representación generacional y contrastar explícitamente cambio individual y poblacional.
7-10 puntos	Comprensión inicial; predominan explicaciones basadas en necesidad o progreso.	Retomar el caso con una secuencia visual sencilla y solicitar una nueva explicación apoyada en datos.

Preguntas de retroalimentación durante la clase

- ¿El cambio que observas ocurre en una polilla individual o en la proporción de polillas de la población?
- ¿Qué evidencia indica que el cambio ocurrió a través de varias generaciones?
- ¿Las polillas se volvieron oscuras porque lo necesitaban? ¿Qué explicación alternativa ofrecen los datos?
- ¿Una polilla oscura es siempre “mejor” que una clara? ¿De qué depende su ventaja?
- ¿Qué parte de tu explicación cambió después de analizar la evidencia?

Cierre - Sintetizar

Actividad de síntesis: “La población responde con evidencia”

Duración: 15 minutos, dentro de la fase de cierre.

Propósito: Consolidar la comprensión del caso de *Biston betularia* y verificar si los estudiantes distinguen entre el cambio de un individuo y el cambio evolutivo de una población a través de las generaciones.

Producto final: Una explicación breve basada en evidencia, acompañada de una representación del cambio en la población.

Materiales

- Una hoja de salida por estudiante.
- Tablero o proyección.
- Lápices de colores.
- Datos simplificados del caso de *Biston betularia*.

Datos para analizar

Presente a los estudiantes la siguiente información. Aclare que los porcentajes representan la frecuencia aproximada de cada variedad en la población y no cambios en individuos particulares.

Momento	Polillas claras	Polillas oscuras	Condición predominante del ambiente
Antes de la contaminación industrial	90 %	10 %	Troncos claros con líquenes
Durante la contaminación industrial	30 %	70 %	Troncos oscurecidos por hollín
Después de disminuir la contaminación	80 %	20 %	Troncos nuevamente más claros

Desarrollo de la actividad

- Representación individual — 4 minutos:** Cada estudiante elabora una representación sencilla de los tres momentos. Puede utilizar barras, círculos o dibujos para mostrar cómo cambia la proporción de polillas claras y oscuras en la población.
- Explicación con evidencia — 5 minutos:** Los estudiantes completan las siguientes frases:
 - “La evidencia de que cambió la población es...”
 - “El individuo no evolucionó porque...”
 - “La contaminación no hizo que cada polilla necesitara volverse oscura; lo que ocurrió fue que...”
 - “Este caso no demuestra progreso porque...”
- Comparación en parejas — 3 minutos:** En parejas, intercambian sus explicaciones y verifican si incluyen: cambio en la frecuencia de características, comparación entre generaciones, relación con la supervivencia y reproducción, y ausencia de intención o necesidad individual.
- Puesta en común — 3 minutos:** El docente solicita a dos o tres parejas que compartan sus explicaciones. Luego construye en el tablero una conclusión colectiva.

Conclusión esperada

La población de *Biston betularia* cambió a través de las generaciones porque varió la proporción de polillas claras y oscuras. En los troncos oscurecidos, las polillas oscuras pudieron camuflarse mejor, sobrevivir y reproducirse con mayor frecuencia. No fue una transformación de cada polilla durante su vida ni una respuesta consciente a una necesidad. Cuando el ambiente cambió nuevamente, también cambió la frecuencia de las variedades. Esto no representa progreso, sino adaptación a una condición ambiental específica.

Ticket de salida

Antes de finalizar la clase, cada estudiante responde individualmente:

- **¿Qué cambió: las polillas individuales o la población?** Justifica con un dato de la tabla.
- **¿Por qué este caso es un ejemplo de evolución?**
- **Escribe una afirmación incorrecta y corrígela:** “Las polillas se volvieron oscuras porque necesitaban camuflarse”.

Criterios de evaluación rápida

Criterio	Logro esperado
Representación del cambio	Muestra que la proporción de polillas claras y oscuras cambia entre generaciones.
Uso de evidencia	Utiliza al menos un dato de la tabla para respaldar su explicación.
Diferencia entre individuo y población	Reconoce que los individuos no cambian evolutivamente durante su vida; cambia la población a través de las generaciones.
Comprensión de la selección natural	Relaciona el camuflaje con la supervivencia y la reproducción diferencial, sin atribuir intención o necesidad a las polillas.
Diferencia entre evolución y progreso	Explica que una característica puede ser favorable en un ambiente y no representa una mejora universal.

Retroalimentación docente

Si los estudiantes afirman que “la polilla cambió para adaptarse”, solicite que indiquen si hablan de un individuo o de la población. Pregunte: “¿Qué observamos que cambió en los datos: el cuerpo de cada polilla o la proporción de variedades en la población?”. Si relacionan evolución con progreso, pregunte: “¿La polilla oscura sería siempre mejor, incluso sobre troncos claros?”.

Cierre - Reflexionar

Cierre metacognitivo: “¿Quién cambió: la polilla o la población?”

Duración sugerida: 12 a 15 minutos.

Propósito: que los estudiantes revisen sus explicaciones sobre el caso de *Biston betularia*, identifiquen qué comprendieron sobre la evolución de las poblaciones y reconozcan posibles confusiones entre cambio individual, necesidad y progreso.

Actividad 1. Vuelve a la pregunta inicial

Tiempo: 3 minutos.

Individualmente, los estudiantes responden en su cuaderno:

- Al comenzar la clase, ¿pensaba que cambiaba la polilla individual o la población? ¿Qué pienso ahora?
- Completa la frase: “En el caso de *Biston betularia*, evolucionó _____ porque _____”.
- ¿Qué evidencia del caso apoya mejor mi respuesta?

Orientación docente: se espera que los estudiantes reconozcan que la evolución ocurre en la población a través de generaciones. Las polillas individuales pueden sobrevivir o morir, pero no cambian su color porque lo necesiten durante su vida.

Actividad 2. Semáforo de comprensión

Tiempo: 4 minutos.

Los estudiantes clasifican cada afirmación con un color:

- **Verde:** puedo explicarla y justificarla.
- **Amarillo:** la comprendo parcialmente o tengo dudas.
- **Rojo:** todavía no puedo explicarla.

Afirmación	Color	Justificación breve
La evolución ocurre en poblaciones, no en individuos aislados.		
Una polilla no cambia su color porque lo necesite para sobrevivir.		
Las diferencias entre individuos pueden influir en su supervivencia y reproducción.		
La población puede cambiar en la frecuencia de sus características a través de las generaciones.		
Que una característica aumente no significa necesariamente que represente progreso.		

Después, cada estudiante elige una afirmación marcada en amarillo o rojo y escribe una pregunta que le ayudaría a comprenderla mejor.

Actividad 3. Detectives de explicaciones

Tiempo: 4 minutos.

En parejas, los estudiantes analizan las siguientes explicaciones sobre el caso y señalan si son científicamente adecuadas. Deben corregir las que presenten errores.

Explicación	¿Es adecuada?	Corrección o justificación
“Las polillas se volvieron oscuras porque necesitaban camuflarse en los troncos contaminados”.		
“Algunas polillas ya presentaban diferencias de color. En ciertos ambientes, unas tuvieron mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse”.		
“La polilla individual evolucionó al cambiar de color durante su vida”.		
“La proporción de polillas con ciertas características cambió en la población durante varias generaciones”.		
“Las polillas oscuras eran más evolucionadas porque eran mejores que las claras”.		

Preguntas para orientar la discusión:

- ¿Qué palabra o idea hace que una explicación sea incorrecta?

- ¿La característica apareció porque el ambiente la necesitaba o ya existían variaciones en la población?
- ¿Qué significa “tener mayor éxito reproductivo” en este caso?
- ¿Por qué “más frecuente” no significa necesariamente “mejor” o “más avanzado”?

Actividad 4. Ticket de salida: explico con evidencia

Tiempo: 4 minutos.

Cada estudiante responde individualmente el siguiente ticket de salida:

- Explica en tres o cuatro líneas quién cambió en el caso de *Biston betularia*: ¿el individuo o la población?
- Incluye una evidencia del caso y menciona el papel de las generaciones.
- Escribe una idea que ahora comprendes mejor y una duda que aún conservas.

Respuesta esperada: la población cambió a través de las generaciones porque variaron las proporciones de polillas claras y oscuras. Las diferencias de color ya estaban presentes en la población y, según las condiciones del ambiente, algunas polillas pudieron camuflarse mejor, sobrevivir y reproducirse más. No cambiaron porque lo necesitaran, ni puede afirmarse que una forma fuera “más progresada” en todos los ambientes.

Preguntas metacognitivas para la puesta en común

- ¿Qué evidencia fue más útil para cambiar o confirmar tu explicación?
- ¿Qué diferencia hay entre decir “una polilla cambió” y decir “cambió la frecuencia de una característica en la población”?
- ¿Qué parte de tu explicación corresponde a una observación y qué parte corresponde a una interpretación?
- ¿Cómo sabes que el cambio descrito ocurrió a través de generaciones y no durante la vida de un individuo?
- ¿Qué error sería más fácil cometer al explicar este caso: pensar que hubo necesidad, confundir individuo con población o hablar de progreso? ¿Por qué?
- ¿Qué nueva pregunta sobre el caso podrías investigar con más datos?

Rúbrica rápida de verificación docente

Criterio	Logrado	En desarrollo	Requiere apoyo
Distingue individuo y población.	Explica que la evolución se identifica en cambios de la población a través de generaciones.	Menciona la población, pero todavía mezcla cambios individuales y poblacionales.	Afirma que cada polilla cambia durante su vida para adaptarse.
Usa evidencia del caso.	Relaciona el color, el ambiente, la supervivencia y la reproducción con el cambio observado.	Menciona algunos elementos, pero sin establecer una relación clara.	Describe el caso sin utilizar evidencia para justificarlo.
Rechaza la idea de necesidad.	Explica que el ambiente no produce intencionalmente la característica que se necesita.	Reconoce la idea, pero la expresa con cierta ambigüedad.	Afirma que las polillas cambiaron porque necesitaban hacerlo.

Criterio	Logrado	En desarrollo	Requiere apoyo
Rechaza la idea de progreso.	Explica que una característica puede ser ventajosa en un ambiente y no representar superioridad general.	Usa la palabra “mejor” sin relacionarla claramente con el ambiente.	Concluye que una forma es más avanzada o superior en todos los contextos.
Reflexiona sobre su aprendizaje.	Identifica un avance, una dificultad y una pregunta nueva.	Identifica solo uno de esos elementos.	No logra reconocer qué comprendió o qué necesita revisar.

Cierre oral del docente

Para finalizar, el docente puede sintetizar: “En evolución, no preguntamos qué individuo decidió cambiar, sino cómo cambió la proporción de características dentro de una población a través de las generaciones. Las variaciones no aparecen porque los organismos las necesiten y una característica que resulta favorable en un ambiente no representa necesariamente progreso o superioridad en todos los ambientes”.

Cierre - Retroalimentar

Estrategias de retroalimentación para el cierre

Se propone dedicar los últimos 12 a 15 minutos de la sesión al cierre. Las estrategias deben ayudar a que los estudiantes revisen sus explicaciones sobre el caso de *Biston betularia* y diferencien el cambio individual de la evolución de una población.

1. Ticket de salida: “Una población, varias generaciones”

Cada estudiante responde individualmente, en una hoja o formulario, las siguientes preguntas:

- ¿Qué cambió principalmente en el caso de *Biston betularia*: una polilla individual o la proporción de polillas claras y oscuras en la población?
- Representa mediante un esquema o una frase qué ocurrió entre una generación y la siguiente.
- Explica por qué este caso no demuestra que las polillas cambiaron porque “lo necesitaban”.
- ¿Por qué no es adecuado afirmar que la población “progresó” necesariamente?

Retroalimentación docente: revisar rápidamente las respuestas y clasificar los avances en tres aspectos: identificación del cambio poblacional, explicación basada en generaciones y superación de ideas finalistas o de progreso.

Respuesta o evidencia observada	Retroalimentación específica
El estudiante afirma que “la polilla se volvió oscura”.	“Tu respuesta identifica un cambio de color, pero debes precisar el nivel en que ocurre. Una polilla individual no cambia su color para adaptarse; lo que cambia entre generaciones es la proporción de individuos claros y oscuros en la población.”

El estudiante menciona que aumentaron las polillas oscuras, pero no relaciona el cambio con generaciones.	“Reconoces el cambio en la población. Ahora agrega la idea temporal: la frecuencia de polillas oscuras aumentó en generaciones sucesivas.”
El estudiante afirma que las polillas se oscurecieron porque lo necesitaban.	“Revisa la causa propuesta. La necesidad no produce directamente una característica. Es necesario considerar la variación existente, la supervivencia diferencial y la reproducción de algunos individuos en un ambiente determinado.”
El estudiante afirma que las polillas oscuras son “mejores” que las claras.	“La ventaja depende del ambiente. En superficies oscuras, el color oscuro puede favorecer el camuflaje; en otros ambientes, la ventaja podría ser distinta. Evolucionar no significa progresar hacia algo superior.”

2. Semáforo de comprensión con justificación

El docente presenta tres afirmaciones y cada estudiante muestra una tarjeta, color o señal con los siguientes significados: verde, “puedo explicarlo”; amarillo, “tengo dudas”; rojo, “necesito apoyo”. La señal debe acompañarse de una justificación breve.

- “Una polilla individual cambia su color porque el ambiente se oscureció.”
- “La evolución puede observarse cuando cambia la proporción de rasgos heredables en una población a través de las generaciones.”
- “Si una población evoluciona, necesariamente se vuelve más avanzada.”

Retroalimentación docente: no limitarse a indicar si la respuesta es correcta o incorrecta. Solicitar que los estudiantes usen conceptos y evidencias del caso: variación, población, generaciones, camuflaje, supervivencia, reproducción y frecuencia.

Preguntas de profundización:

- “¿Qué palabra de la afirmación te permite decidir si es adecuada?”
- “¿La afirmación habla de un individuo o de una población?”
- “¿Qué evidencia del caso respalda o contradice tu respuesta?”
- “¿La ventaja de un color sería la misma en todos los ambientes?”

3. Retroalimentación entre pares: “Precisa, evidencia y mejora”

Los estudiantes intercambian sus explicaciones finales sobre el caso. Cada compañero utiliza una pauta breve con tres criterios:

Criterio	Pregunta para revisar
Precisión conceptual	¿La explicación distingue entre el cambio de un individuo y el cambio en la población?
Uso de evidencia	¿Incluye información del caso de <i>Biston betularia</i> y menciona lo ocurrido a través de generaciones?

Explicación causal	¿Evita decir que las polillas cambiaron por necesidad o que la evolución implica progreso?
--------------------	--

El estudiante que revisa debe completar las frases:

- “Una idea clara de tu explicación es...”
- “Una evidencia que podrías agregar es...”
- “Para evitar confundir evolución con cambio individual, podrías decir...”

Orientación docente: recordar que la retroalimentación debe referirse a la explicación y no a la persona. Se recomienda evitar expresiones como “está mal” y utilizar formulaciones como “esta parte necesita mayor precisión porque...”.

4. Revisión de modelos: antes y después

Si durante la clase los estudiantes elaboraron un dibujo, diagrama o secuencia sobre el caso, deben revisarlo con un color diferente. Se les solicita realizar al menos una modificación y justificarla.

El modelo mejorado debería incluir, cuando corresponda:

- Variación entre individuos de la población, por ejemplo, polillas claras y oscuras.
- Un ambiente que puede favorecer el camuflaje de un fenotipo frente a los depredadores.
- Diferencias en supervivencia y reproducción.
- Cambio en la proporción de polillas claras y oscuras entre generaciones.
- La aclaración de que los individuos no cambian su color durante su vida por necesidad.

Retroalimentación orientadora: el docente puede señalar un elemento presente y formular una pregunta para promover la mejora:

- “Ya representaste polillas de dos colores. ¿Cómo mostrarías que esa variación existía antes del cambio en el ambiente?”
- “¿Dónde se observa en tu modelo el paso de una generación a otra?”
- “¿Tu flecha indica que el individuo cambia o que cambia la proporción en la población?”
- “¿Qué agregarías para mostrar que la selección depende del ambiente y no de una idea universal de superioridad?”

5. Cierre oral: completar y corregir afirmaciones

El docente presenta afirmaciones incompletas o parcialmente erróneas. Los estudiantes las completan o corrigen de manera oral:

- “En el caso de *Biston betularia*, evolucionó...”
- “La evidencia de evolución se observa cuando...”
- “No es correcto decir que las polillas cambiaron porque lo necesitaban, porque...”
- “La evolución no significa progreso necesariamente, ya que...”

El docente recoge dos o tres respuestas y construye con el grupo una formulación científica final:

“En una población de *Biston betularia* existían variaciones heredables en el color. Según las condiciones del ambiente, algunos individuos pudieron sobrevivir y reproducirse más que otros. A través de varias generaciones cambió la proporción de los colores en la población. Esto es evolución; no significa que cada individuo haya cambiado por necesidad ni que la población se haya vuelto universalmente mejor.”

6. Escala de logro y compromiso de mejora

Como cierre metacognitivo, cada estudiante selecciona el nivel que mejor representa su comprensión y escribe una acción concreta para mejorar.

Nivel	Descripción	Acción de mejora
Logrado	Puedo explicar que la evolución implica cambios en la población a través de generaciones y puedo diferenciarla del cambio individual, la necesidad y el progreso.	“Usaré evidencia del caso para justificar mi explicación.”
En proceso	Reconozco que cambia la población, pero todavía confundo alguna causa o no explico claramente el papel de las generaciones.	“Revisaré mi esquema y agregaré qué ocurre entre una generación y la siguiente.”
Necesito apoyo	Explico el caso como si cada polilla cambiara individualmente o como si la especie progresara de manera necesaria.	“Compararé mi explicación con el modelo de población y utilizaré las palabras variación, generaciones y reproducción.”

Criterios de logro para el cierre

- Identifica que el cambio evolutivo se refiere a una población, no a la transformación de un individuo.
- Representa el cambio en la proporción de polillas claras y oscuras a través de varias generaciones.
- Relaciona las condiciones ambientales con diferencias en supervivencia y reproducción.
- Evita explicar la evolución mediante la necesidad, la intención o el esfuerzo de los individuos.
- Reconoce que una característica puede ser ventajosa en un ambiente determinado sin representar un progreso universal.
- Utiliza evidencias del caso de *Biston betularia* para sostener su explicación.