

¿Cómo gestionar una bahía?

Uso de pruebas y modelos de ecología

Etapa / Curso	Educación Secundaria Obligatoria Cuarto de la ESO
Área / materia	Ciencias de la naturaleza
Destreza / Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> – Construcción e interpretación de modelos teóricos – Aplicación de estos modelos a problemas de gestión de recursos – Identificación y selección de pruebas y conclusiones a partir de un texto científico
Tiempo de realización	5 o 6 sesiones
Contenidos	Niveles, cadenas y redes tróficas, pirámide trófica, dinámica de los ecosistemas y flujo de energía
Competencias	<ul style="list-style-type: none"> – Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico – Competencia en comunicación lingüística – Competencia matemática – Competencia social y ciudadana – Competencia de aprender a aprender
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> – Lápiz y papel – Botellas de plástico – Colorante de cocina – Cartulinas azules – Pasta de distinta forma y tamaño

Índice

[Introducción](#)

[Actividad 1. ¿Qué circula en la cadena trófica?](#)

[Desarrollo](#)

[Actividad 2. Construyendo pirámides trófica](#)

[Desarrollo](#)

[Actividad 3. Gestión de una bahía](#)

[Desarrollo](#)

[Anexo](#)

[Actividad 4. ¿Herbívoros o carnívoros? Difícil decisión](#)

[Desarrollo](#)

[Alimentar a los peces](#)

[Consideraciones didácticas](#)

Introducción

Las cuatro actividades que se proponen a continuación pueden formar parte de una o de varias unidades sobre ecología en 4º de ESO. Se pueden llevar al aula como un conjunto de actividades relacionadas, pero también pueden realizarse en el marco de otra programación.

En la primera actividad, “¿Cómo fluye la energía a través del ecosistema?”, los estudiantes construyen, con la ayuda del docente, el modelo de flujo de energía.

En la segunda actividad, “Construyendo pirámides tróficas”, elaboran representaciones de pirámides tróficas y dan significado a las mismas.

La tercera actividad, “¿Cómo gestionar una bahía?”, es una actividad de aplicación donde los estudiantes tienen que decidir cómo gestionar una bahía y elaborar un plan, justificando sus decisiones. Para ello deben aplicar los modelos teóricos aprendidos en las sesiones anteriores.

Los objetivos de este conjunto de actividades son:

- a) El desarrollo de las competencias científicas de uso de pruebas y de construcción e interpretación de modelos, así como poner en práctica estas competencias en

el caso de representaciones, como la pirámide o la cadena trófica, para aplicarlas en la resolución de problemas relacionados con la acuicultura.

- b) El desarrollo de la competencia en comunicación lingüística: 1) interpretación de información en diferentes formatos como tablas de datos, diagramas y textos científicos; 2) transformación de lenguajes, desde el lenguaje teórico del modelo de flujo de energía al representacional de los diagramas de pirámides o cadenas tróficas, o al observacional de la simulación con botellas. Asimismo, se pretende poner en práctica estas competencias en la elaboración y exposición, tanto oral como escrita, de las decisiones adoptadas al resolver los problemas de gestión de recursos de las actividades 3 y 4.
- c) Establecer la relación entre el flujo de energía y sus consecuencias en la gestión de recursos por parte del ser humano. Este objetivo se corresponde con un criterio de evaluación para este curso (MEC, 2007):

Explicar cómo se produce la transferencia de materia y energía a largo de una cadena o red trófica concreta y deducir las consecuencias prácticas en la gestión sostenible de algunos recursos por parte del ser humano.

Actividad 1. ¿Qué circula en la cadena trófica?

El objetivo de esta actividad es ayudar al alumnado, a través de una simulación con botellas y agua, a construir significados para el proceso de transferencia de energía entre los niveles tróficos de un ecosistema. La construcción de este modelo de manera que sea utilizable en otros contextos crea grandes dificultades a los estudiantes; es decir, les cuesta comprender que la energía disponible va disminuyendo a lo largo de la cadena trófica, que sólo una pequeña parte pasa de un nivel trófico al siguiente, mientras que el resto es transformada en energía calorífica no aprovechable por los seres vivos. Uno de los motivos es que implica un grado de abstracción muy alto, de ahí que se proponga visualizarlo mediante una simulación o modelo físico.

Con la actividad de simulación se pretende que los estudiantes sean capaces de conectar esas nociones y modelos teóricos abstractos con objetos y procesos más concretos, simulados por el paso del agua de una botella a otra y las “pérdidas” que se producen. La capacidad de realizar estas conexiones puede mejorar la interiorización del modelo de flujo de energía o de otros igualmente complejos.

Desde el punto de vista de los lenguajes científicos, en esta actividad se trabaja el desarrollo de la competencia de realizar transformaciones entre distintos lenguajes: observacional (observar y describir una experiencia) y teórico (interpretar un fenómeno mediante un modelo científico, en este caso, el de flujo de energía). Se requiere del alumnado que describa la actividad en ambos lenguajes y que los relacione a través de la simulación.

La actividad se realiza en pequeños grupos. Recomendamos que la simulación la hagan los propios estudiantes (no el docente), ya que de esta forma se sienten protagonistas de la actividad y su interés aumenta.

Desarrollo

Material

Para realizar la actividad, por cada pequeño grupo se necesitan:

- a) 5 botellas de litro y medio de agua (4 de ellas representan los niveles tróficos, desde productores a consumidores terciarios, y la última, que debe ser *distinta*, representa al Sol). Todas, excepto la del Sol, tienen que estar agujereadas en el fondo;
- b) agua para la botella del Sol y tinte de cocina, preferiblemente amarillo o naranja, con el que se tiñe el agua; y
- c) un barreño o una bandeja donde se recoge el agua sobrante para evitar que se derrame sobre la mesa.

Realización de la simulación

Una vez que cada uno de los grupos dispone de las 5 botellas y el barreño, los estudiantes han de colocar las botellas en orden ascendente según el nivel trófico al que pertenecen, desde el primero, productores, hasta el último, consumidores terciarios.

Una vez colocados, comienzan a pasar el agua de una botella a otra. El docente en este momento ha de dar pautas para que observen atentamente lo que está sucediendo: 1) qué ocurre al final con el agua que contenía la botella del Sol; y 2) qué tipo de “pérdidas” se están produciendo. Al final del proceso, el alumnado se da cuenta de que queda alrededor de un 25% de lo que había al comienzo de la simulación.

Es conveniente que todos los grupos comiencen a la vez, porque favorece que se pueda controlar lo que está sucediendo en el aula, sobre todo si hay algún tipo de dificultad y es necesario dar algún tipo de instrucción extra.

Una vez finalizada la actividad y cuando los estudiantes hayan recogido el material empleado, se les reparte la hoja con las preguntas. Éstas tienen como objetivo que reflexionen acerca de lo que ha sucedido en la simulación y lo relacionen con el modelo teórico puesto en juego, el flujo de energía.

Habréis observado una serie de fenómenos. Contestad a estas preguntas sobre ellos:

- Describe lo que has observado.
- Al finalizar el proceso, ¿qué ha ocurrido con el agua que estaba contenida en la botella que representaba al Sol?
- ¿Qué crees que representa la simulación?
- Si en lugar de botellas fueran plantas y animales, ¿qué representaría la simulación que acabamos de realizar?

Las cuatro preguntas están ordenadas de las más concretas a las más abstractas. Comienzan con la observación de los hechos, pasan a establecer relaciones entre lo observado y lo que se quiere representar, para al final aplicar este conocimiento a los ecosistemas reales.

En la primera y la segunda pregunta, se solicita al alumnado una descripción de lo observado en la realización de la simulación, qué ha ocurrido durante todo el proceso y al final. Los estudiantes deben explicar que se ha producido un paso de agua de una botella a otra y que al final sólo queda una cantidad muy pequeña de agua en comparación con la que había al comienzo en la botella del Sol. También deben tener en cuenta que se producen dos tipos de pérdidas: 1) el agua que *no llega a entrar* en la botella; y 2) el agua que pasa a través de cada una de ellas y se *“pierde”* por los orificios de la base. Ambas observaciones, tanto el paso de agua de una botella a otra y el resultado final, como las “pérdidas” que se han producido por el camino, son muy importantes para entender el modelo de flujo de energía. En este punto se requiere la máxima atención del docente, ya que tendrá que aclarar en qué consiste una observación. Muchos de ellos, en lugar de explicar lo sucedido en la simulación, lo relacionan directamente con el modelo teórico, sobre todo si ya ha sido explicado en el aula.

En la tercera pregunta, una vez descrita la observación, se pide a los estudiantes que la interpreten, es decir, que relacionen el traspaso de agua y sus “pérdidas” con algún modelo teórico conocido. Para ello el alumnado debe recuperar, por un lado, la idea de transferencia de energía y conectarla con el paso de agua de una botella a otra. Por otro, las nociones de que hay energía que pasa de un nivel trófico a otro y energía que es transformada en calorífica, con los tipos de “pérdidas” que se producen. En este paso la ayuda del docente es imprescindible, ya que deberá volver sobre la simulación y guiarles en este proceso de construcción de significados. Esto es especialmente importante en todo lo relacionado con la disminución de energía.

La cuarta pregunta es la que requiere una aplicación del conocimiento, ya que los estudiantes han de conectar el modelo teórico y la simulación con lo que ocurre en un ecosistema. Para ello han de aplicar el modelo de flujo de energía relacionando, por una parte, cada uno de los organismos con el *nivel trófico* al que pertenecen, por ejemplo productores con plantas; y, por otra, la transferencia de energía y su disminución a lo largo de la cadena con la *limitación* en el número de niveles tróficos (la energía no se transfiere indefinidamente). De nuevo, la guía del docente resulta imprescindible, ya que tendrá que promover la reflexión sobre cómo se produce el paso de la energía y qué ocurre en el camino. Es necesario subrayar sus consecuencias, como la limitación en el número de eslabones y la cantidad de energía en cada uno de los niveles tróficos, ya que tendrán que aplicar estos conocimientos en la actividad de gestión de recursos marinos.

Esta actividad dura 30 minutos: 10 para la realización de la simulación y 20 para discutir las preguntas y responderlas. En el resto del tiempo, 20 minutos, el docente introducirá al comienzo de la actividad el modelo teórico sobre el que se trabaja: el flujo de energía.

Actividad 2. Construyendo pirámides tróficas

El objetivo de esta actividad es que el alumnado desarrolle la capacidad de elaborar representaciones externas a partir de modelos teóricos. En este caso, las representaciones son pirámides tróficas de número de individuos, biomasa y producción, que representan relaciones en el ecosistema (en particular, la disminución de la energía disponible a lo largo de los niveles tróficos). Un segundo objetivo es que reflexionen acerca del significado de estas representaciones.

Que el estudiante sea capaz de utilizar el lenguaje, en este caso el representacional, para interpretar y comunicar la realidad, es decir, proporcionar información acerca

de la estructura y dinámica de un ecosistema determinado, forma parte de la competencia en la comunicación lingüística.

La actividad se podrá desarrollar en pequeños grupos o individualmente, aunque aconsejamos la primera opción, ya que el intercambio de conocimiento entre los estudiantes enriquece el aprendizaje.

Consideramos necesario que la actividad se acompañe de una breve explicación por parte del docente, incluso de alguna ejemplificación que ayude al estudiante a comprender mejor este tipo de representaciones.

Desarrollo

En primer lugar se les reparte la hoja con la actividad. Ésta podría integrarse tanto en la sesión que el docente dedique a las pirámides tróficas como en su evaluación.

A partir de las siguientes tablas de datos debéis realizar una serie de actividades.

Tabla 1. Ejemplo de ecosistema terrestre (ecosistema de prado).

	N.º de individuos	Producción (kcal/km ² .año)	Biomasa (kg/km ²)
Humano	10	8 x10 ⁴	480
Vaca	45	1,19 x10 ⁷	10 350
Hierba (alfalfa)	2 x10 ⁸	1,4 x10 ⁸	82 110

Tabla 2. Ejemplo de ecosistema marino.

	N.º de individuos	Producción (kg/km ² .año)	Biomasa (kg/km ²)
Salmones	120	70	540
Arenques y sardinas	8280	900	1800
Plancton carnívoro	108 x 10 ⁵	11 000	5400
Plancton herbívoro	36 x 10 ⁷	110 000	18 000
Plancton vegetal (algas microscópicas)	2 x10 ⁹	1 825 000	10 000

Ahora, resuelve los siguientes ejercicios:

- Construye las cadenas tróficas que forman los organismos que se encuentran en la *tabla 1* y en la *tabla 2*.
- Representa, a partir de los datos y de las cadenas tróficas anteriores, las pirámides de números, biomasa y producción.
- ¿A qué es debido que las figuras resultantes tengan forma de pirámide y no otra forma geométrica? Explícalo con la ayuda de los ejercicios anteriores.

En esta actividad podemos distinguir dos operaciones: la construcción de las representaciones y la reflexión e interiorización de sus significados. Los dos primeros ejercicios están relacionados con la primera operación, la construcción de las representaciones, mientras que el último se relaciona con la segunda, la interiorización de significados.

En cuanto al primer ejercicio, el alumnado tiene que construir las cadenas tróficas de las que forman parte los organismos que aparecen en las tablas. Aunque puede parecer un proceso sencillo, los estudiantes tienen ciertas dificultades, sobre todo al enfrentarse con ecosistemas como el marino, menos cercano y de mayor complejidad.

El docente tendrá que ayudar explicando, por ejemplo, qué es el plancton, qué organismos forman parte del plancton vegetal y qué organismos del animal, distinguiendo a su vez el herbívoro del carnívoro.

Respecto al segundo ejercicio, los estudiantes, una vez relacionados los organismos con su nivel trófico correspondiente, deben construir las pirámides. Para ello es necesario que tengan en cuenta que existen diferencias entre los niveles tróficos y que éstas se reflejan en la representación de la pirámide, ya que cada nivel va disminuyendo en anchura respecto al anterior según ascendemos en la cadena trófica. En este proceso es esencial la adecuada lectura e interpretación de los datos.

El docente, en este momento, debería ayudar a los estudiantes a establecer la escala con la que han de construir la pirámide. Pueden proponer alguna estrategia, por ejemplo, “la regla del 10%” según la cual sólo pasa un 10% de energía de un nivel trófico al siguiente, es decir, del nivel de productores sólo pasaría al nivel siguiente, herbívoros, un 10%. En el dibujo de la pirámide, esto se debe representar de tal manera que el nivel superior sea sólo una décima parte del nivel inferior.

Por último, en el tercer ejercicio es donde el alumnado ha de relacionar la representación de la pirámide con el modelo teórico en el que se basa (el flujo de energía). Para ello es necesaria de nuevo la lectura de los datos. A su vez, también se promueve la transformación de información entre lenguajes. Para dar una respuesta adecuada, los estudiantes han de moverse desde el lenguaje observacional (datos) y el representacional (dibujo de la pirámide), al teórico (flujo de energía).

Esta actividad dura 50 minutos aproximadamente, 30 en la construcción de las pirámides y 20 en la reflexión sobre ellas.

Actividad 3. Gestión de una bahía

El objetivo de esta actividad es que el alumnado aplique los modelos teóricos aprendidos en las sesiones anteriores (flujo de energía, cadena y pirámide trófica), a un problema de gestión de recursos marinos. Han de decidir cómo gestionarían una bahía con tres especies de peces, dos consumidores terciarios (arenques y sardinas) y uno cuaternario (salmón), para alimentar a la población cumpliendo los dos criterios especificados en la tarea: 1) conseguir alimentar la mayor cantidad de población posible; y 2) durante el mayor tiempo posible.

El proceso de decisión, además de los modelos teóricos pertinentes, debe basarse en la información (datos) proporcionada acerca del ecosistema de la bahía: a) dieta de los arenques y las sardinas por una parte, y del salmón por otra; b) cadena trófica del ecosistema y tabla de datos de su producción y biomasa; y c) pirámides de producción y biomasa (construidas en la actividad anterior).

Desde el punto de vista de las competencias en uso de pruebas, la actividad requiere operaciones como la identificación de los datos relevantes, la integración de éstos en justificaciones de la decisión tomada, y la elaboración de una decisión razonada, basada en los datos o pruebas. Todo ello forma parte de las prácticas discursivas de la ciencia.

También se trabaja la competencia en comunicación, ya que, por una parte, el alumnado debe elaborar un informe escrito sobre la decisión consensuada en el grupo, y cómo esta decisión se justifica en los datos. Por otra, debe defenderla oralmente en la puesta en común de los distintos grupos.

Esta actividad ha de realizarse en pequeños grupos, ya que el intercambio de opiniones favorece la construcción de argumentos por parte del alumnado. El docente juega un papel crucial, porque tendrá que guiar a los estudiantes en la elaboración

del plan de gestión, sobre todo cuando tienen dificultades para ir más allá de un modelo que no sea adecuado para la resolución del problema (por ejemplo, el modelo “quién come a quién”).

Desarrollo

En una pequeña localidad que ha sufrido el paso de un huracán, mucha gente se ha quedado sin casa y todas sus cosechas y parte de su ganado han sido destruidos. Lo único que tienen para sobrevivir de momento es una pequeña bahía, donde coexisten varias poblaciones de peces, sardinas, arenques y salmones.

Vosotros formáis parte de una ONG (Acciónnatura). Habéis sido enviados allí para ayudar a los habitantes a gestionar la bahía para que les proporcione suficiente alimento para toda la población y durante el mayor tiempo posible, hasta que puedan volver a plantar y recoger cosechas y a criar ganado.

Vuestro objetivo en esta tarea es decidir cómo gestionaríais la bahía, alimentando a todos los habitantes del lugar, durante el mayor tiempo posible. Es decir, tenéis que ver cuál sería la forma más eficiente de aprovechar los recursos pesqueros disponibles y elaborar un plan de acción explicando cómo lo llevaríais a cabo y justificando vuestra propuesta.

Para esto contáis con este material (información detallada en el anexo):

1. Información científica que puede ser de utilidad:
 - a. Dieta del salmón (Powell, 2003).
 - b. Dieta de los arenques y de las sardinas (Powell, 2003).
 - c. Cadena trófica del salmón, de los arenques y de las sardinas así como su tabla de datos de producción y biomasa.
 - d. Pirámides de producción y biomasa de esta cadena trófica.
2. Una cartulina azul que representa la bahía donde vais a trabajar y diferentes tipos de pasta, que representan los distintos niveles tróficos. Cada nivel trófico difiere en número, tamaño y peso del anterior. Con este material podéis representar los organismos de la bahía y simular qué efectos tendrían vuestras decisiones sobre el ecosistema.

Orientación importante: debéis tener en cuenta lo aprendido en clase.

Describid detalladamente vuestro plan de acción para luego hacer una puesta en común con el resto de los grupos.

Con esta actividad se pretende que el alumnado, además de movilizar y aplicar el conocimiento aprendido en el aula, sea capaz de apoyar sus decisiones en datos. Para dar una respuesta adecuada tienen que relacionar los modelos teóricos con los datos proporcionados, los cuales no son nuevos, ya que han trabajado con ellos en la construcción de las pirámides tróficas.

En esta actividad es muy importante que los estudiantes interpreten los datos de forma adecuada, como por ejemplo la dieta del salmón (proporción 1 a 5 entre lo producido y lo comido), ya que serán piezas clave en la resolución del problema. De nuevo, como en la actividad de las pirámides, tendrán que moverse entre distintos tipos de lenguajes. En este caso irán desde el lenguaje representacional (cadena trófica, pirámide trófica) y el teórico (modelo de flujo de energía) hasta la toma de decisiones concretas, por ejemplo, alimentarse más de arenques y sardinas que de salmones, siguiendo una proporción 5 a 1, que sería la respuesta más adecuada al problema planteado.

Para apoyar estas decisiones, los estudiantes han de movilizar e integrar dos modelos teóricos que cumplan los dos criterios del plan de acción:

- a) **Eficiencia ecológica**, relacionada con la necesidad de alimentar a la mayor cantidad de población posible. Para ello han de tener en cuenta cómo es transferida la energía a lo largo del ecosistema. Es decir, que de la energía contenida en un nivel trófico determinado, sólo el 10% es aprovechable por el siguiente nivel, debido a que el 90% restante se utiliza o se transforma en energía calorífica que no puede ser utilizada por otro ser vivo. Aplicando este modelo teórico a la resolución del problema, se llega a la conclusión de que entre dos opciones disponibles, alimentarse de arenques y sardinas o alimentarse de salmones, la más rentable sería alimentarse de arenques y sardinas, porque se encuentran en un nivel trófico inferior.
- b) **Mantenimiento de poblaciones viables**, ya que el segundo criterio establece la necesidad de alimentar a la población el mayor tiempo posible. Para ello han de tener en cuenta los datos facilitados en la tarea: han de considerar, por una parte, la disminución que se produce, tanto en biomasa como en producción, a medida que se asciende en la cadena trófica; por otra parte, deben tener en cuenta el tiempo que una especie tarda en renovarse, es decir, no perder de vista que es necesario mantener un tamaño de población constante, garantizando así su reproducción y renovación, para que ésta no desaparezca. Aplicando este conocimiento, los estudiantes tendrían que considerar la opción de alimentarse de ambos niveles (arenques más sardinas, por un lado, y salmones por otro), pero en una proporción que asegurara su supervivencia. Aquí entrarían en juego los

datos de las dietas. Si se necesitan 5 kilos de arenques y sardinas por cada kilo de salmón y los primeros son más y aumentan su producción más rápidamente, la mejor solución sería extraer más arenques y sardinas (5) que salmones (1), porque de esta forma tendrían suficiente alimento, tanto para el salmón como para alimentar a la población. Al extraer también una menor proporción de salmones, se asegurarían de que los arenques puedan seguir existiendo sin un exceso de depredadores.

La cantidad de información (datos) que es preciso manejar e integrar en este problema es grande y es necesario que el estudiante tenga en cuenta multitud de variables. Esto es así por la complejidad de los problemas a los que nos enfrentamos en la vida real, por lo que consideramos necesario que el alumnado se enfrente a tareas como ésta, de aplicación de conocimientos a una situación abierta y compleja.

Dada la dificultad de la tarea, el docente juega un papel esencial. Ha de estar pendiente de cómo avanza cada grupo en su plan de gestión, con el fin de garantizar que combinen ambos modelos teóricos. En el caso de que tengan dificultades con alguno de ellos, el docente puede hacerles reflexionar de nuevo sobre el problema, integrando el punto de vista que los estudiantes aún no han contemplado. Llegar a integrar ambos modelos es un proceso complicado, pero con la guía del docente, es posible llevarlo a cabo.

La duración de esta actividad es una sesión completa, alrededor de 50 minutos.

Anexo

Dieta del salmón

El salmón se alimenta principalmente de arenques y sardinas, en una proporción 1:5, es decir, por cada kilogramo de salmón son necesarios 5 kilogramos de arenques y sardinas (Powell, 2003).

Dieta de los arenques y de las sardinas

Arenques y sardinas son planctófagos y se alimentan de plancton carnívoro y herbívoro (Powell, 2003).

Cadena trófica y tabla de datos de producción y biomasa de los niveles tróficos que conforman esta cadena.

Cadena trófica de esta actividad

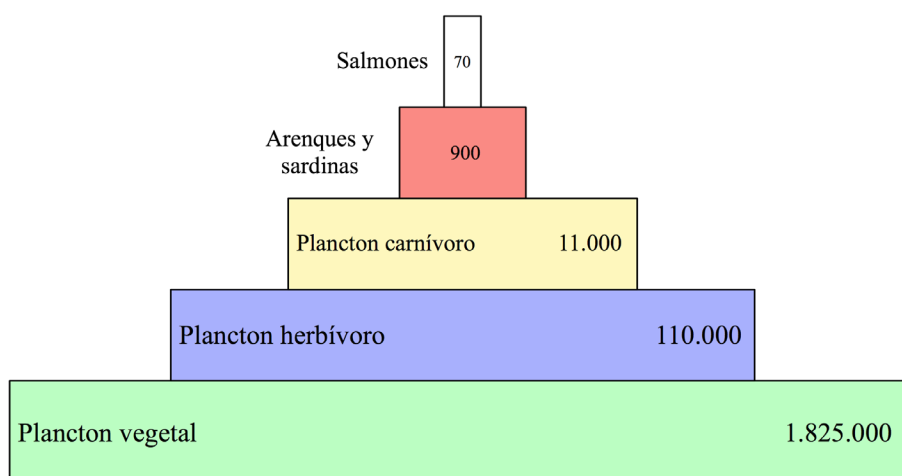
Energía solar recibida → Plancton vegetal → Plancton herbívoro → Plancton carnívoro → Arenques y sardinas → Salmones

Tabla de datos de producción y biomasa

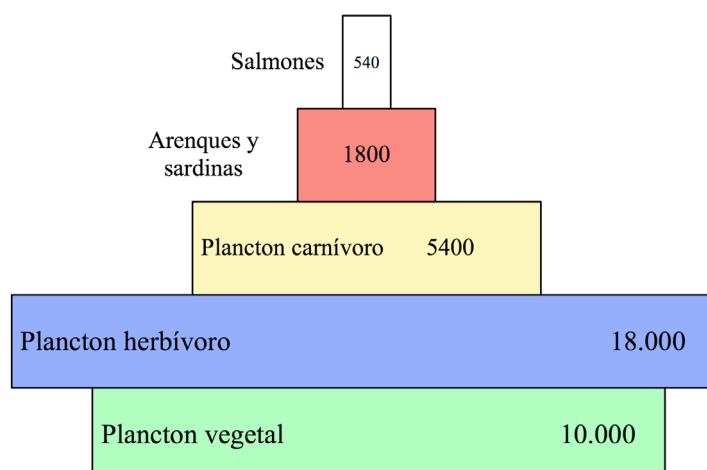
	Producción (kg/km ² .año)	Biomasa (kg/km ²)
Salmones	70	540
Arenques y sardinas	900	1800
Plancton carnívoro	11 000	5400
Plancton herbívoro	110 000	18 000
Plancton vegetal (algas microscópicas)	1 825 000	10 000

Pirámides de producción y biomasa

Pirámide de Producción



Pirámide de Biomasa



Actividad 4. ¿Herbívoros o carnívoros? Difícil decisión

El objetivo de esta actividad es que los estudiantes trabajen con un problema real (en este caso, la viabilidad de la acuicultura), y apliquen los conocimientos de ecología aprendidos en el aula para reflexionar acerca de si esta técnica podría ser una alternativa a la sobreexplotación marina actual. De esta forma promovemos que el alumnado ponga en práctica los modelos teóricos, como flujo de energía o cadena trófica, para intentar proponer una solución justificada a problemas de relevancia social, como la gestión de recursos marinos. Para ello se proporciona al alumnado un extracto de un texto, “La revolución azul” de la revista *Investigación y Ciencia* y cuatro preguntas sobre éste.

El docente, antes de repartir el texto, ha de hacer una pequeña revisión acerca de lo aprendido en el aula, el flujo de energía y sus consecuencias, y las representaciones de las pirámides tróficas y la información que proporcionan. También debería recordar cómo en la *actividad 3* utilizaron este conocimiento al llevar a cabo su plan de gestión; con esto conectaría de nuevo con la idea de gestión de recursos. A partir de ésta, el docente introduciría la acuicultura como un nuevo tipo de gestión de recursos marinos. Aunque la acuicultura hoy en día aparece frecuentemente en los medios de comunicación, puede haber estudiantes que no conozcan su significado, ni en qué consiste, por lo que es importante explicarla.

Sería interesante aportar ejemplos cercanos al alumnado, como el salmón, la lubina o la dorada, peces de consumo habitual y que en la mayoría de los casos proceden de la acuicultura.

También habría que tratar el tema de la dieta de los peces de cultivo, por ejemplo haciendo una puesta en común sobre qué alimentos creen los estudiantes que se utilizan para alimentar a peces que no viven en el mar. De ahí el docente tendría que marcar aquellas propuestas que hagan referencia a piensos de animales o a los animales de forma directa. Si tras la puesta en común no se ha hecho mención a los piensos, sería necesario poner ejemplos cercanos al alumnado como son las granjas de pollos o de cerdos, para que reconozcan la forma de alimentación de los peces en cultivo. Se debe intentar que sean ellos quienes establezcan esta relación, ya que a la hora de reconocer la conclusión final y las pruebas que la respalden, ésta es imprescindible. Tras esta introducción, los estudiantes podrán enmarcar el texto en la acuicultura y la alimentación de los peces de cultivo.

Esta actividad puede realizarse en grupo o individualmente, dependiendo del momento en que se quiera llevar a cabo. Por ejemplo, podría ser utilizada como evaluación, tanto de las destrezas de uso de pruebas y modelización como de la aplicación del conocimiento científico a un contexto real.

Desarrollo

En primer lugar se les reparte el texto a los estudiantes, dejando unos cinco minutos para su lectura. En este momento, el docente resolverá sus dudas sobre vocabulario o cualquier información que puedan no entender. También habría que aclarar qué especies de pescado son las que aparecen en el texto, quizá proporcionando alguna imagen de cada una de ellas.

Una vez que hayan leído el texto, se les reparten las preguntas, de forma que tengan texto y preguntas sobre la mesa, dándoles la oportunidad de volver sobre el fragmento del artículo cuando lo necesiten.

La tarea comprende cuatro preguntas de distintas características, tres de construcción abierta y una de elección múltiple. Son de un formato parecido a las que aparecen en las pruebas PISA:

Responde a las preguntas:

- ¿Cuál es la conclusión principal que extraes tras la lectura del texto?
- ¿Qué informaciones de las que aparecen en el texto utilizarías para apoyar la conclusión anterior?
- En una clase de 4º de la ESO, el docente plantea la siguiente pregunta: ¿qué supone un mayor aprovechamiento de la energía del ecosistema, alimentarse de sardinas y boquerones -que se alimentan de plancton- o alimentarse de salmones?
- De las respuestas que aparecen a continuación, elige la que consideras más adecuada y explica tu elección.
 - a. Salmones, sardinas y boquerones, ya que de esta manera se mantendría el equilibrio de la cadena trófica.
 - b. Sardinas y boquerones, ya que nos aportan todos los nutrientes necesarios en la dieta humana.
 - c. Sardinas y boquerones, porque teniendo en cuenta la “regla del 10%”, cuanto más alto está el eslabón en la cadena, más energía se pierde.
 - d. Salmones, ya que por arriba de la cadena trófica no habrá ninguna población que dependa de él para su alimentación.
- A partir de la lectura y de lo que has aprendido estos días, ¿qué propuestas harías para mejorar la acuicultura actual desde el punto de vista del medio ambiente? Justifícalo.

El objetivo de la primera pregunta es que el alumnado seleccione y extraiga, de toda la información aportada, la conclusión principal del texto; para ello es fundamental que los estudiantes realicen una lectura reflexiva.

Entre ellas, la que consideramos más adecuada y que aparece en varias ocasiones a lo largo del texto es que el problema fundamental de la acuicultura actual consiste en que para producir peces de cultivo, en este caso serviola, es necesario emplear otros peces como la anchoveta peruana.

Otras que podrían aparecer se relacionarían con las soluciones o avances que se están produciendo respecto al problema de emplear unas especies para criar otras. Un ejemplo de avance es usar menos proporción de productos de pescado extraído (aceite y harina) para fabricar los piensos de los peces cultivados. Los estudiantes, en ocasiones, seleccionan esta información, ya que es la que presenta datos numéricos y por ello la consideran más relevante que el resto. Aunque no es tan adecuada como la anterior, esta conclusión también podría considerarse válida, ya que el estudiante reconoce el problema del texto: la acuicultura y su viabilidad. Por último podrían aparecer algunas conclusiones que hicieran referencia a los peces, de forma general, sin reconocer el problema que aborda el texto.

Respecto a la segunda pregunta, una vez establecida la conclusión a la que llega el texto, el alumnado ha de identificar las pruebas que lo apoyan; para ello debe saber qué se entiende por prueba y reconocerla entre la información proporcionada.

En esta pregunta, un aspecto muy importante es la coherencia a la hora de seleccionar las pruebas que apoyan la conclusión final. Por ejemplo, en el caso de que los estudiantes concluyan que el problema principal de la acuicultura es la necesidad de que se extraigan unas especies del mar para alimentar a otras, se debería apoyar la conclusión con pruebas como las que aparecen en cualquiera de los tres fragmentos:

- 1) En el primer fragmento se hace referencia al tipo de gestión que se realiza en la acuicultura actual y las medidas que se adoptan, extracción frente a cultivo:

Los peces pequeños no se cultivan a propósito, pues ya existe una industria dedicada a capturarlos y transformarlos en aceite y harina de pescado.

- 2) En el segundo párrafo, encontramos dos pruebas. La primera de ellas, hace referencia a la dieta de la serviola o pez limón:

El 30 por ciento del alimento utilizado en Kona Blue (empresa dedicada al cultivo industrial de peces) es anchoveta peruana triturada. Sims comenta que la serviola o pez limón (carnívoro terciario) podría sobrevivir con una dieta vegetariana, pero no la hallaría apetecible.

Y la segunda, relacionada con los ingredientes de las harinas para peces de cultivo:

Los ingredientes para el pienso proceden del aceite y la harina de pescado.

3) En el tercer párrafo también encontramos una prueba que hace referencia al incremento en la utilización de harinas de pescado en acuicultura y sus consecuencias para las especies utilizadas en su producción:

Los detractores de esa práctica temen que la incesante demanda de las piscifactorías termine con las poblaciones de anchoas, sardinas y otros peces pequeños. Antes del inicio de la acuicultura moderna, la mayor parte de la harina de pescado se destinaba al engorde de cerdos y pollos, pero actualmente la acuicultura consume el 68 por ciento de la misma.

Si la respuesta se relaciona con la conclusión basada en las soluciones o avances de la acuicultura, la prueba que aportarían se encontraría únicamente en el tercer párrafo, donde se hace referencia a la disminución en la utilización de pescado en la composición de harinas y aceites frente al incremento del uso de soja y grasa de pollo:

Sin embargo, las nuevas formulaciones de piensos han reducido esa proporción. Cuando Kona Blue empezó a cultivar serviolas en 2005, el granulado que utilizaba estaba compuesto en un 80 por ciento por anchoveta peruana. En 2008, la empresa había reducido ese valor a un 30 por ciento, sin haber sacrificado el sabor ni las propiedades saludables del producto final.

La tercera pregunta es de aplicación. Al alumnado se le proporcionan cuatro respuestas y ha de elegir una y justificarla; esto implica tener que recuperar lo aprendido en las sesiones anteriores (cadena y red trófica, pirámides tróficas, etc.) y aplicarlo al problema en particular. Estas respuestas fueron seleccionadas a partir de otras dadas por estudiantes en estudios realizados sobre el aprendizaje de modelos de ecología, en particular de flujo de energía y pirámide trófica. La respuesta correcta es la c y debe respaldarse aplicando el modelo de flujo de energía, que explica que de la energía contenida en un determinado nivel trófico, el 90% es destinado al mantenimiento de los organismos, pasando al siguiente nivel sólo un 10%. Por esta razón, la energía contenida en las sardinas y los boquerones es mayor que en los salmones, ya que se encuentran en un nivel trófico inferior; esto se traduce en que su producción, cantidad de biomasa y número de individuos también es superior.

La última es una pregunta abierta. Se plantea al alumnado el desafío de proporcionar una solución a los problemas actuales de la acuicultura, indicados en el texto. Para responder a la cuestión, el estudiante tendrá que construir una explicación conectando

las pruebas aportadas en el texto con los modelos teóricos de ecología (por ejemplo, el flujo de energía) y con las representaciones (por ejemplo, las pirámides tróficas). La explicación más adecuada sería aquella en que los estudiantes hagan referencia a la posibilidad de cultivar únicamente especies herbívoras. También podríamos considerar aquellas respuestas en las que hagan referencia a la disminución en el uso de especies de pescado en la composición de los piensos.

Tras esto, es imprescindible hacer reflexionar a los estudiantes acerca de si realmente el consumo de pescado en la producción de harinas no seguiría aún afectando en un futuro al ecosistema marino y qué consecuencias tendría.

Muy importante es que realicen una comparación entre el cultivo de peces herbívoros y carnívoros, considerando los dos modelos teóricos que se han de aplicar en la gestión sostenible de recursos:

- a) Respecto al mantenimiento de poblaciones, extracción de peces del mar para alimentar a los peces de cultivo o producción de microalgas o artemias en el laboratorio para la alimentación de peces herbívoros.
- b) Respecto al aprovechamiento energético, los peces herbívoros o que se alimenten de zooplancton (por ejemplo, de artemias), se encuentran en niveles tróficos inferiores a peces como el pez limón, que se alimenta de otras especies de pescado como la anchoveta; por tanto, el aprovechamiento de la energía es mayor, es decir, el número de individuos, biomasa y producción es mayor.

Si los estudiantes no llegan por sí mismos a establecer esa comparación, el docente es el responsable de promover este debate, de tal forma que se consideren ambos aspectos.

Esta actividad puede llevar 30 minutos aproximadamente, 5 de lectura individual y 25 para responder a las preguntas.

Alimentar a los peces

El inconveniente de la acuicultura marina más difícil de resolver es el empleo de especies salvajes de tamaño reducido para alimentar a las especies de las granjas. Los peces pequeños no se cultivan a propósito, pues ya existe una industria dedicada a capturarlos y transformarlos en aceite y harina de pescado.

El 30 por ciento del alimento utilizado en Kona Blue (empresa dedicada al cultivo industrial de peces) es anchoveta peruana triturada. Sims comenta que la serviola o pez limón (carnívoro terciario) podría sobrevivir con una dieta vegetariana, pero

no la hallaría apetecible. Además, su carne no contendría todos los ácidos grasos y aminoácidos que contribuyen a hacerla saludable. Los ingredientes para el pienso proceden del aceite y la harina de pescado. Y ahí radica el problema. “A menudo nos ridiculizan porque matamos peces para engordar a otros”, dice Sims. El cultivo del salmón, realizado en granjas costeras, desencadena la misma cólera.

Los detractores de esa práctica temen que la incesante demanda de las piscifactorías termine con las poblaciones de anchoas, sardinas y otros peces pequeños. Antes del inicio de la acuicultura moderna, la mayor parte de la harina de pescado se destinaba al engorde de cerdos y pollos, pero actualmente la acuicultura consume el 68 por ciento de la misma. Sin embargo, las nuevas formulaciones de piensos han reducido esa proporción. Cuando Kona Blue empezó a cultivar serviolas en 2005, el granulado que utilizaba estaba compuesto en un 80 por ciento por anchoveta peruana. En 2008, la empresa había reducido ese valor a un 30 por ciento, sin haber sacrificado el sabor ni las propiedades saludables del producto final, según Sims, gracias a la mayor proporción de harina de soja y la adición de grasa de pollo, un subproducto del procesado industrial de esas aves. Los nuevos gránulos representan un gran avance frente a la práctica de alimentar a los peces con sardinas. Desgraciadamente, ese hábito despilfarrador continúa entre los piscicultores menos responsables (...)

Fragmento extraído de Simpsons, S.: “La revolución azul”, en Investigación y Ciencia, n.º 415, Abril 2011.

Consideraciones didácticas

El conjunto de actividades que se presentan forman parte de una unidad didáctica de ecología. Tiene como objetivos: a) promover y desarrollar las competencias científicas, en particular, la explicación de fenómenos científicos y el uso de pruebas; y b) promover la aplicación de modelos teóricos complejos, como flujo de energía, en la resolución de problemas reales, en este caso problemas de gestión de recursos.

La primera y la segunda actividad se relacionan con el aprendizaje de conceptos de ecología, como el flujo de energía y con la representación externa de modelos como las pirámides tróficas. Estas actividades pueden realizarse durante las sesiones dedicadas a estas cuestiones, para facilitar al alumnado su comprensión y apropiación, es decir, como actividades de aprendizaje, o también como actividades de evaluación. Por ejemplo, la actividad de construir la representación de las pirámides tróficas serviría para examinar si el alumnado comprende o no el significado de las representaciones y el modelo teórico en que se basan y cuáles son los obstáculos que encuentra en el proceso.

La tercera y cuarta actividad demandan la aplicación de conocimientos y necesitan una sesión completa cada una. El docente puede utilizarlas para introducir conceptos nuevos (por ejemplo, *sostenibilidad* o *acuicultura*), estableciendo conexiones entre el aula y la vida cotidiana de los estudiantes, al conectar lo aprendido en la clase con problemas a los que se enfrenta la sociedad actual.

Las tres primeras actividades están diseñadas para ser realizadas en pequeños grupos alternando con momentos de puesta en común del grupo clase. La cuarta, sobre el texto, proponemos que se realice individualmente para fomentar la reflexión, aunque al final sería interesante poner en común y debatir las ideas de los estudiantes.

Además de los conocimientos de conceptos, para realizar este conjunto de actividades es imprescindible desarrollar destrezas relacionadas con la indagación científica, como interpretar datos, tanto a la hora de construir representaciones como de resolver problemas. La lectura e interpretación de datos científicos es imprescindible en el día a día de una clase de ciencias. Esta destreza también forma parte de la competencia lingüística, al igual que la capacidad de transformar el lenguaje desde hechos o acontecimientos observables hasta conceptos teóricos que dan sentido a estas observaciones. Desarrollar la destreza de transformar lenguajes desde el observacional al representacional y de éste al teórico o viceversa, requiere que se trabaje en el aula. Con este objetivo se elaboraron la actividad de construcción y reflexión acerca de las representaciones de las pirámides tróficas y la de la simulación del flujo de energía.

Otra consideración importante al diseñar esta unidad didáctica fue elaborar actividades que requirieran aplicar el conocimiento aprendido en el aula, como sucede en el problema de la gestión de una bahía o el de la evaluación de la sostenibilidad de la acuicultura. Promover que el alumnado movilice e intercambie conocimiento y lo estructure junto con datos en la construcción de soluciones o propuestas, es una dimensión esencial en unidades cuyo objetivo es favorecer que los estudiantes desarrollen competencias, es decir, capacitarlos para aplicar lo aprendido en el aula a situaciones de la vida cotidiana. Por otra parte, llevar a cabo este tipo de actividades en el aula favorece el interés de los estudiantes por las asignaturas de ciencias, ya que dejan de verlas como sesiones en las que deben memorizar un sinfín de términos que luego “no sirven para nada”, aprendiendo a reconocer su utilidad. Consideramos que este tipo de cuestiones socio-científicas favorecen también que los estudiantes desarrollen el pensamiento crítico, siendo capaces de formarse sus propias opiniones sobre el mundo real.