

*Entre todos salvaremos el Monasterio de Piedra: una actividad para promover el aprendizaje de ecología y el uso de pruebas en secundaria**

*Together we will save the Stone Monastery:
an activity to promote the ecology learning
and the use of evidence in secondary*

**Gaizka Rodellar
Beatriz Bravo-Torija**

Departamento de Didáctica de Ciencias Experimentales
Universidad de Zaragoza

Resumen: Este trabajo describe el diseño e implementación de una actividad para promover el uso de pruebas y el aprendizaje de ecología en 4º de ESO. La tarea gira entorno a la elaboración de un plan de restauración de una zona de bosque dañada tras un incendio. Para resolverla el alumnado debe ser capaz de establecer relaciones entre los distintos componentes de este ecosistema y, en base a ellas, tomar decisiones sobre cómo restaurarlo. Los resultados muestran que aunque los alumnos reconocen la existencia de interacciones entre clima, suelo, flora y fauna, tienen dificultades para proponer opciones concretas sobre cómo realizar su plan de regeneración.

Palabras clave: Competencia científica, Ecología, Uso de pruebas, Educación Secundaria

Abstract: This work describes the design and implementation of an activity to promote the use of evidence and ecology learning at 10th grade. The task requires students to be able to develop a regeneration plan for an area of a forest damaged by a fire. To solve the problem the students should establish relationships between the different components of this ecosystem and, based on them, to make decisions about how to rebuild it. The results show that although students recognize the existence of interactions between climate, soil and wildlife, they encounter difficulties using them to propose specific options about how to carry out their regeneration plan.

Keywords: Scientific competence, Ecology, Use of evidence; Secondary Education

(Fecha de recepción: abril, 2015, y de aceptación: septiembre, 2015)

DOI: 10.7203/DCES.30.5152

* Agradecimientos al proyecto EDU2012-38022-C02-01 financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y a Ester Mateo y Begoña Peña por sus recomendaciones. A los alumnos de 4º de ESO del colegio de la Milagrosa y a su profesor Blas Peris.

1. *Introducción*

En unos años dominados por noticias constantes sobre el cambio climático, la sobreexplotación de recursos o la destrucción de hábitats se hace necesario dedicar tiempo en el aula para abordar temas como la gestión de recursos, el mantenimiento de la biodiversidad o el uso de energías alternativas. Los alumnos, como ciudadanos, han de tomar conciencia de estos problemas, y considerar qué papel tienen en ellos y en qué medida pueden ayudar a disminuirlos, o incluso a evitarlos. Para ello, la relación entre ecología y educación se hace imprescindible, ya que los problemas de conservación y explotación de la naturaleza son ecológicos y deben enfocarse más desde una perspectiva educativa que formulando leyes y reglamentos (Margalef, 1974). Volk (2001) concreta más este punto señalando la importancia que tiene para la educación la comprensión de las interacciones entre los organismos y su medio.

Sin embargo, a pesar de la importancia de reconocer estas interacciones para entender los problemas ambientales, estudios como el de Rojero (1999) han detectado que la mayoría de los estudiantes solo consideran el ecosistema como el lugar donde viven los seres vivos, sin identificar la relación de éstos con su medio. Jordan et al. (2009) encontraron resultados similares al preguntar a 45 alumnos de secundaria sobre el ecosistema y su funcionamiento. Solo un 22% fue capaz de proporcionar ejemplos de interacciones, ya fuera

entre organismos, como la dependencia entre algas y peces, o entre estos y su medio, como el papel de las rocas en la fijación de las algas.

Para ayudar a solventar esta dificultad, autores como Eilam (2002) señalan la necesidad de proporcionar contextos en los que se trabaje con ecosistemas que presenten multitud de componentes. Autor 2 y colega (2012) sugieren además que han de ser situaciones cercanas al alumnado y que le proporcione oportunidades para que puedan tomar decisiones sobre por ejemplo cómo gestionar un ecosistema. Enfrentar a los alumnos a estos problemas es importante dado que uno de los objetivos al finalizar la educación secundaria es formar ciudadanos que utilicen el conocimiento científico que poseen para poder tomar decisiones sobre los problemas relacionados con el mundo natural, y el papel del ser humano en él (OCDE, 2008).

En concreto, en este trabajo se espera que al tener que tomar decisiones sobre un ecosistema concreto como un bosque cercano a los alumnos, y en una situación específica como un incendio, los alumnos consideren también su implicación, y cómo ellos con el conocimiento que poseen pueden ayudar. En palabras de Lucas (1980) educar a los alumnos “a favor” del medio, es decir a favor de su protección, conservación y mejora. Para resolver la tarea, los estudiantes han de: a) considerar el tipo de fauna y flora que se encuentra en esa región, así como el clima y el suelo, y establecer conexiones entre ellos; y b)

tomar decisiones sobre cómo recuperar la zona quemada. Para evaluar el resultado de la actividad se examina:

- a) ¿Qué tipos de datos son los más utilizados por los estudiantes en la elaboración del plan de restauración?
- b) ¿Qué relaciones establecen entre los datos y el conocimiento de ecología en la toma de decisiones sobre cómo restaurar el bosque?
- c) ¿Qué interacciones establecen entre los distintos componentes del ecosistema en su plan de gestión final?

2. Marco teórico

Aprendizaje de ecología: el funcionamiento del ecosistema y sus interrelaciones

Aunque los temas de ecología han incrementado su presencia en el currículo de educación secundaria (Sánchez Cañete y Pontes Pedrejas, 2010), su comprensión sigue requiriendo un gran esfuerzo debido, entre otras razones, a su elevado nivel de abstracción y a la interdisciplinaridad de sus ideas (Jordan et al., 2009).

Estudios acerca de qué piensan los estudiantes sobre modelos ecológicos como las redes tróficas, el ciclo de materia o el flujo de energía, han mostrado las dificultades que estos presentan para considerar relaciones que van más allá de la lineal causa-efecto. Por ejemplo, Fernández y Casal (1995) encontraron que al trabajar con redes tróficas los alumnos tenían problemas

para reconocer las consecuencias que la perturbación de un organismo tenía en otro que no estuviera relacionado directamente con él. Hogan (2000) mostró la limitación de los estudiantes de secundaria para reconocer el papel de los productores en el ciclo de materia. Özay y Öztas (2003) concretaron más esta observación encontrando que la mayoría de los alumnos consideraban las plantas como productoras de oxígeno, sin reconocer su papel en la fotosíntesis. Esto les llevaba a ser incapaces de generalizar que todos los organismos dependían de los productores para sobrevivir.

En este trabajo nos centramos en el modelo de ecosistema, en particular en el tipo de interacciones que establecen los estudiantes entre sus componentes. Elegimos trabajar el ecosistema ya que como señala Del Carmen (1999) *es central para la comprensión del funcionamiento de la naturaleza, ya que ayuda a establecer una visión compleja, y dinámica de la misma* (p. 1). En relación al modelo de ecosistema, Sánchez Cañete y Pontes Pedrejas (2010) mostraron que la mayoría de los profesores de primaria en formación reconocían la existencia del biotopo y la biocenosis, pero no las interacciones que se establecían entre ellos. Algunos confundían ambos términos y otros consideraban el ecosistema como organizador de la naturaleza pero sin justificar porqué. Estas dificultades también han sido detectadas por autores como Rojero (1999) o Jordan et al. (2009) en estudiantes de secundaria. Leach et al. (1996) además

observaron cómo este problema llevaba al alumnado a no ser capaz de razonar cómo se controla y equilibra un ecosistema.

García (2003) apunta que una de las razones por la que los alumnos encuentran estas dificultades podría relacionarse con cómo es abordada la enseñanza del ecosistema en el aula. Este autor insiste en que además de describir las interacciones que tienen lugar en los ecosistemas, es necesario dedicar el tiempo suficiente a aclarar la noción de interacción y lo que supone para comprender la organización y el funcionamiento del ecosistema. En este trabajo plantear un problema de gestión de un bosque nos permite examinar qué interacciones establece el alumnado entre los distintos componentes del ecosistema, y qué limitaciones encuentra.

El uso de pruebas como parte de la competencia científica

La evaluación del conocimiento en base a pruebas es uno de los rasgos centrales del trabajo científico (Jiménez Aleixandre, 2008), además de una de las tres capacidades básicas requeridas para el desarrollo de la competencia científica (OCDE, 2008). Sin embargo, es la dimensión que peores resultados obtiene en las evaluaciones de los alumnos; en las pruebas PISA 2006 (OCDE, 2008) solo el 15% de los estudiantes fueron capaces de identificar y explicar diferencias y similitudes entre distintos conjuntos de datos y obtener conclusiones basadas en pruebas.

Diversos estudios han puesto de manifiesto las dificultades concretas que encuentran los estudiantes en esta práctica científica. Por ejemplo, en la interpretación de datos Kanari y Millar (2004) encontraron que los alumnos tenían problemas al estimar si una variable incrementaba, decrecía o se mantenía estable con respecto a otra. En los casos de no-covarianza solo un 50 % de ellos obtuvieron conclusiones correctas. En la justificación de conclusiones en base a pruebas, Venville y Dawson (2009) observaron que mientras la mitad de los estudiantes de 15 años eran capaces de proporcionar datos para resolver un problema de genética, solo un cuarto explicaba cómo esos datos justificaban sus conclusiones. Resultados similares fueron encontrados por Sandoval y Millwood (2005), quienes también detectaron la dificultad de los alumnos para citar suficientes pruebas para apoyar su conclusión.

Para ser capaz de identificar y seleccionar pruebas apropiadas para una conclusión, un requisito imprescindible es reconocer qué es considerado como prueba. Hogan y Maglienti (2001) examinaron la validez que daban expertos y estudiantes a una serie de pruebas hipotéticas. Estos autores encontraron que mientras los expertos incidían en la consistencia empírica de los datos, los estudiantes confiaban en sus opiniones personales. Otro es tener en cuenta toda la información disponible, sin embargo estudios como el de Chinn y Brewer (2001) detectaron que los estudiantes tendían a ignorar aquellas pruebas que

no respaldaban sus conclusiones, en lugar de buscar alternativas.

En resumen, aunque el uso de pruebas forma parte de la competencia científica, no es un proceso obvio para el alumnado, lo que hace necesario seguir trabajándolo de forma específica en el aula.

3. Metodología

Este apartado se divide en tres secciones, la primera presenta el contexto en el que se realiza la actividad, la segunda aborda su diseño y la tercera describe el análisis de los informes escritos de los estudiantes.

Contexto y participantes

Los participantes fueron 20 alumnos de 4º de ESO (ciego para revisión). El profesor del aula, y primer autor, era alumno del máster de formación de profesorado de secundaria y se encontraba realizando sus prácticas. El profesor titular, aunque no intervino en la actividad, estuvo con él y colaboró en la formación de los grupos de trabajo, asegurando su heterogeneidad según el rendimiento académico de los estudiantes.

Diseño y desarrollo de la actividad

Para el diseño de la actividad se consideró qué se pretendía que fuera capaz de hacer el alumnado. Se esperaba que al realizar la actividad los estudiantes comenzaran a reconocer los ecosistemas

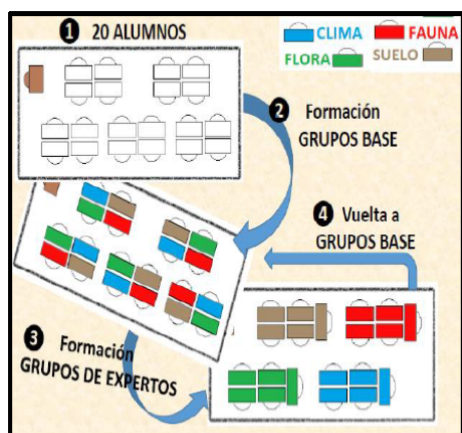
como sistemas en los que tienen lugar múltiples interacciones y no solo como una suma de sus partes, identificando que cualquier cambio en uno de sus elementos podía afectar al conjunto, y también a su funcionamiento. Partiendo de esta idea se contextualizó la actividad en un ecosistema cercano a ellos, el bosque del entorno del Monasterio de Piedra, y se planteó una situación hipotética pero que les pudiera resultar familiar como la destrucción de parte del mismo por un incendio.

Tras presentar el problema al alumnado, se solicitaba su participación en la restauración de la zona incendiada. Ellos eran los “expertos” que debían tomar las decisiones acerca de qué especies utilizar para repoblar la zona y cómo hacerlo. Para ello se les proporcionó una serie de datos sobre las características del suelo, clima, fauna y flora del bosque. A partir de su análisis, debían justificar las acciones que realizarían, valorando cómo cada componente del ecosistema influía en los demás.

El número de datos proporcionados era elevado, lo que podía suponer un problema dado que era la primera vez que los alumnos realizaban este tipo de actividad. Para poder resolverlo se decidió utilizar una metodología de trabajo colaborativo conocida como rompecabezas o puzzle (Pujolás, 2003), ya que favorece tanto el trabajo en equipo, al tener un objetivo común, como la adquisición de responsabilidades, al asignar a cada miembro del grupo una función específica.

Al comienzo de la actividad, los alumnos se dividieron en cinco pequeños grupos integrados por cuatro personas. Estos son conocidos como grupos base y son en los que se llevó a cabo la elaboración del plan de restauración. Dado que para hacerlo necesitaban información de los cuatro componentes que conforman el ecosistema, flora, fauna, clima y suelo, a cada miembro del grupo se le asignó la responsabilidad de recoger información sobre uno de ellos.

Figura 1. Distribución del aula



Tras distribuir las funciones, se reunieron en los grupos de expertos, donde analizaron la información aportada para cada componente y tomaron decisiones respecto a cada uno de ellos. Por ejemplo, en el caso de fauna y flora, qué especies eran las más adecuadas para restaurar el ecosistema, y en el de clima y suelo, qué condiciones climatológicas y edafológicas tenía esa zona y cómo influían en el tipo de organismos que vivían allí. Esperábamos que la asignación de una función concreta dentro del

grupo base promoviera la implicación de los alumnos en la actividad, ya que de su trabajo en el grupo de expertos dependía el plan de restauración que debían elaborar.

La actividad se realizó durante dos semanas, en un total de siete sesiones de 50 minutos (tabla I).

Material proporcionado al alumnado



Al inicio de la actividad la clase recibió una carta de un ayuntamiento cercano a la zona incendiada (figura 2). En ella se solicitaba su ayuda como asesores para reconstruir la zona del bosque que había sufrido daños.

Junto a la carta, también se facilitaron cuatro dossiers informativos con los datos necesarios para su trabajo. En la tabla II se muestra un resumen de la información proporcionada a los estudiantes.

Considerando toda la información, los alumnos debían tomar decisiones sobre qué especies de vegetales y animales podrían repoblar la zona, y cómo lo harían. Para ello era necesario que tuvieran en cuenta no solo las relaciones entre los organismos, sino también otras características como la acidez del suelo, las precipitaciones o la temperatura, ya que determinarían qué especies podrían vivir en ese ecosistema. En los siguientes párrafos se presenta el ejemplo de una posible decisión, repoblar con halcones, ardillas y conejos, y se considera qué información tendrían que aportar cada uno de los expertos y

Tabla I. Secuenciación de la actividad

Secuenciación		Sesiones
Presentación Rompecabezas y asignación grupos	Presentación (lectura carta). Reunión componentes de los grupos base: A, B, C, D y E y asignación del grupo de expertos: flora, fauna, suelo y clima.	1
Reunión grupos de expertos	Trabajo grupos de expertos: investigación de pruebas aportadas y toma de decisiones.	3
Reunión grupos Base	Reunión grupos base, intercambio y contraste de la información. Toma de decisiones en base a las pruebas aportadas por cada uno de los grupos.	2
Elaboración de la propuesta	Elaboración de la propuesta y presentación a los compañeros.	1

Álvaro Mur Sierra.
Ayuntamiento de Zaragoza
Plaza del Pilar 18, 50003 (Zaragoza)

Zaragoza, 4 de diciembre de 2014

Estimados colegas,

Me remito a ustedes desde el departamento de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Zaragoza para solicitar su ayuda debido a los incendios ocurridos el pasado verano en nuestra provincia y que dañaron una pequeña zona de nuestro Parque Natural del Monasterio de Piedra. Por ello, y como director del Parque Natural requiero de su colaboración para la puesta en marcha del proyecto de reconstrucción del mismo: *"Entre todos salvaremos el Parque"*.

Su grupo, nos ha sido recomendado debido a su eficacia, calidad y buen trabajo por uno de nuestros colaboradores, la Universidad de Zaragoza. Requerimos por ello, la colaboración de su equipo de Ingenieros y Biólogos ya que parte de nuestras especies vegetales y animales se han visto reducidas en número e incluso algunas han llegado a desaparecer.


Como saben, existen especies tanto animales como vegetales que no son capaces de convivir entre ellas, por ello, les facilitamos un listado de algunas de las especies que nosotros, desde el Parque, hemos escogido para la repoblación y reforestación y nos gustaría saber cuáles de todas ellas creen ustedes que son más recomendables para poner en marcha el proyecto.

Por otra parte, y como también saben, es importante tener en cuenta tanto las características climáticas de la zona como las características del suelo para conseguir que nuestro ecosistema vuelva a estar en equilibrio. Debido a que son factores que pueden influir a la hora de que se decanten por unas especies o por otras también les aportamos la información necesaria sobre estos parámetros.

Ya que el Parque es considerado de interés natural y turístico, y que en parte, pertenece a todos los Zaragozanos, consideramos importante su regeneración y por lo tanto la ayuda que puedan prestarnos. Para ello, en los siguientes documentos les facilitamos toda la información que creemos que necesitarán para llevar a cabo este proyecto.

De antemano, los colaboradores del proyecto abajo firmantes (Diputación de Zaragoza, Ayuntamiento de Calatayud y la Universidad de Zaragoza) y yo mismo, director del Parque, les damos las gracias por su atención.

Reciban un cordial saludo,



Álvaro Mur Sierra.
Director del Parque Nacional Monasterio de Piedra.

Colaboran,







Figura 2.
Carta presentada a los alumnos

Tabla II. Datos presentados en cada dossier

<p>FAUNA</p>	<p>-Representación red trófica de las especies importantes del ecosistema y las relaciones que establecen.</p> <p>-Tabla de datos con información sobre las especies más importantes del parque: pirámide de edad de las poblaciones, porcentaje de pérdida de población, estrategia de reproducción, y dieta principal.</p> <p>-Tabla de las especies valoradas como candidatas para la repoblación y alguna de sus características como estrategia de reproducción o dieta.</p> <p>-Artículos de prensa: El país (2014): Alerta por la importante aparición de la procesionaria en todo el litoral mediterráneo y Andalucía.</p>
<p>FLORA</p>	<p>-Representación red trófica de las especies importantes del ecosistema y las relaciones que existen entre las especies tanto animales como vegetales.</p> <p>-Tabla de datos con información sobre las especies más importantes del parque: relaciones interespecíficas, hábitat, distribución, o condiciones de luz y humedad por especie.</p> <p>-Selección especies: tabla que muestra las especies que los científicos del parque consideran como candidatas para la reforestación, presentando características como el tipo de crecimiento.</p> <p>- Mapa climático y tipos de vegetación en España.</p>
<p>CLIMA</p>	<p>-Gráficos, tablas y mapas con información sobre temperatura, vientos y precipitaciones.</p> <p>-Ilustración del Ciclo del agua.</p> <p>-Texto informativo de Greenpeace sobre los efectos de un incendio sobre los balances hídricos y su impacto sobre la calidad de las aguas y la atmósfera.</p> <p>-Artículo Consumer (2011) sobre las consecuencias ecológicas de los incendios forestales.</p>
<p>SUELO</p>	<p>-Tabla de datos con los tipos de suelo y sus características.</p> <p>-Mapas y texto que muestran las condiciones de precipitación de la zona.</p> <p>-Texto sobre los efectos de un incendio sobre los balances hídricos y su impacto sobre la calidad de las aguas y la atmósfera.</p> <p>-Salud de los suelos: ¿Cómo mejorar el suelo? (Guía de los suelos. Manual para extensionistas, promotores y productores del campo).</p>

qué relaciones deberían establecer en el grupo base para justificar su decisión.

Comenzamos partiendo de la idea de incluir a los halcones en el ecosistema. Como muestra el dossier del grupo fauna, en su tabla de datos con información sobre las especies más importantes del parque, el dato de porcenta-

je de reducción de poblaciones refleja que esta población se ha reducido en un 100%. Profundizando en las razones por las que ha podido ocurrir, se encuentra que su principal fuente de alimento, ardillas y conejos, también se ha visto muy diezmada, al menos un 70% en el caso de las ardillas. Por tanto,

para recuperar a los halcones habría que asegurar también la recuperación de sus presas. Establecer esta relación implica considerar tres tipos de informaciones: las dietas preferentes, las relaciones tróficas y la proporción de pérdida de población de esas especies. También habría que decidir la proporción en que se introducen las especies presa frente a los depredadores, para lo cual habría que recurrir al tipo de crecimiento de cada una de ellas. Tras el análisis de los datos, deberían decidirse por ambas poblaciones: la de ardillas como especie de urgente repoblación y la de conejos para mantener el equilibrio del ecosistema.

Tras esto es necesario considerar qué tipo de vegetación sería la adecuada para alimentar a ardillas y conejos. Para esto, el grupo flora debería recurrir a la representación de la red trófica, y en base a ésta reconocer que el tomillo podría ser una de las especies aptas al tener un gran crecimiento (datos de tipo de crecimiento) y formar parte del hábitat natural tanto de ardillas como de conejos. Además no se ha visto muy reducida, solo un 2%, tras el incendio (porcentaje de pérdida de población).

Para reconocer la adecuación del tomillo al clima de la zona, el grupo clima debería recurrir al mapa que relaciona el tipo de vegetación con las condiciones climatológicas de la zona donde se sitúa el bosque, encontrando que esta especie sí que se encuentra en esta zona.

Finalmente hay que tener en cuenta qué características tiene el suelo tras

el incendio, y comprobar si estas encajan con los organismos propuestos. Para ello, los alumnos deberían utilizar los datos de las características físico-químicas del terreno, entre los que destacan, su pobreza en materia orgánica o su escasez de agua. Datos que se ajustan al tomillo ya que requiere suelos áridos y poco fértiles, aguanta bien las sequías, perjudicándoles el exceso de humedad.

Análisis de los informes escritos de los estudiantes

Los datos analizados se extrajeron de los informes escritos de los estudiantes, tanto de los grupos base como de los expertos. El análisis de sus respuestas se basó en el análisis del contenido. La unidad de análisis es el argumento, compuesto principalmente por datos, justificación y conclusión (Toulmin, 1958). Cada uno de los informes de los estudiantes se dividió en función de los argumentos que presentaban, y estos fueron clasificados en distintas categorías en base al uso de pruebas realizado.

Para definir las categorías que formaron parte de la herramienta de análisis se consideró: a) si los estudiantes utilizaban datos de un mismo tipo de datos o de distintos tipos; b) si establecían relaciones entre ellos y también con la teoría; y c) si integraban las pruebas en justificaciones o solo citaban los datos, ya que un dato solo se convierte en prueba cuando es integrado en una justificación (Kosloswki et al., 2008). En base a esta premisa, en el análisis

distinguiamos entre la categoría citar datos, donde los alumnos únicamente nombran parte de la información proporcionada, por ejemplo características del suelo, y el resto donde los alumnos usan los datos para establecer conclusiones concretas, por ejemplo qué especies vegetales serían adecuadas para la repoblación del bosque.

En base a estas dimensiones y a los informes escritos de los estudiantes se diseñaron dos herramientas de análisis, cada una de ellas compuesta por cuatro categorías. En la herramienta para los expertos (tabla III) se distinguía entre si los alumnos citaban datos o los utilizaban para justificar sus conclusiones, y si esos datos procedían de un mismo tipo de datos o de distintos y si se rela-

cionaban entre ellos y con la teoría. En la de los grupos base (tabla V) además de examinar si los alumnos integran los datos en sus justificaciones, también se tuvo en cuenta qué interacciones establecían entre los componentes del ecosistema.

4. Resultados y discusión

Uso de pruebas en los grupos de expertos

En este apartado se describen las categorías de análisis, presentando ejemplos para cada una de ellas (tabla III) y se describen los resultados obtenidos en cada uno de los informes de los estudiantes.

Tabla III. Uso de pruebas en la toma de decisiones en los grupos de expertos

Categorías	Ejemplo
Establecen conclusiones coordinando distintos tipos de pruebas con teoría e integrándolas en sus justificaciones	Fauna: <i>“Se metería [el escarabajo] porque la especie ha sufrido un importante daño y se alimenta especialmente de los mosquitos veraniegos y por eso evitan que su cantidad sea demasiado alta”</i>
Establecen conclusiones basadas en más de un tipo de prueba, integrándolas en sus justificaciones	Fauna: <i>“se metería [la ardilla] porque han desaparecido totalmente y a su vez sirven de alimento a los halcones”</i>
Establecen conclusiones, integrando solo un tipo de pruebas en sus justificaciones	Flora: <i>“no se pueden encontrar juntas [la lavanda y el alcornoque] ya que el alcornoque da mucha sombra y la lavanda necesita el sol”</i>
Citan datos sin establecer ninguna conclusión	Suelo: <i>“la pérdida de nutrientes es mayor cuanto mayor sea el incendio”</i>

Grupo Fauna

Este grupo organiza su plan de gestión considerando qué especies son adecuadas para la repoblación del ecosiste-

ma y qué especies no lo son, aportando en todas ellas al menos una justificación. En total son capaces de evaluar la introducción de 11 especies distintas. Los datos más utilizados son los rela-

cionados con la representación de la cadena trófica, apareciendo en 8 de las opciones propuestas por los estudiantes. También, aunque en menor proporción consideran los datos de porcentaje de pérdida de población, apareciendo en 4 opciones y los de competencia entre especies, presentes en 2 de ellas. Sin embargo no aparecen otros como la pirámide de edad o la estrategia de reproducción, a pesar de que serían relevantes para comprender la capacidad de repoblación de las especies y servirían para precisar cuán urgente debe ser su repoblación.

En cuanto a cómo justifica cada una de sus opciones; este grupo es capaz de justificar todas las decisiones que toman en base a los datos proporcionados. La única diferencia entre sus conclusiones es el número de justificaciones que proporciona en cada caso. En 5 de sus decisiones aporta solo una justificación basada siempre en un mismo tipo de dato la dieta preferente “*conejos porque sirven de alimento para halcones y lobos*”. En las restantes proporciona al menos 2 justificaciones, relacionando datos de la red trófica con el porcentaje de pérdida de población “*Se meterían [ardillas] porque han desaparecido totalmente y a su vez son alimento de los halcones*”, llegando incluso a considerar la importancia de mantener el ecosistema “*Se metería [el escarabajo] porque la especie ha sufrido un importante daño y se alimenta especialmente de los mosquitos veraniegos y por eso evitan que su cantidad sea demasiado alta*”.

Grupo Flora

Este grupo sigue una estrategia similar al anterior, presenta 6 opciones considerando las ventajas o los inconvenientes de introducir cada una de ellas. Los datos más utilizados provienen de la información acerca de las características y el recuento de las especies después del incendio, en concreto hace referencia al porcentaje de pérdida de poblaciones y a los requerimientos de radiación solar.

De las 6 opciones que presenta solo en 1 de ellas aparecen 2 justificaciones, la opción de por qué no seleccionarían el cactus relacionándola con datos de precipitaciones y temperatura y con la impermeabilidad el suelo, estableciendo interacciones entre estos tres componentes del ecosistema “*También nos hemos estado informando de que los cactus no queríamos poner porque no necesitan agua y el clima aquí no es que no llueva nunca y también porque requiere mucha temperatura y aquí no es muy alta. Excepción (se podría poner, porque el suelo esta quemado y es impermeable así que el agua no le deja pasar)*”.

El resto de las justificaciones se basan en las relaciones interespecíficas de competencia, en concreto en cuanto a la luz, como muestra el ejemplo de la lavanda y el alcornoque; “*no se pueden encontrar juntas ya que el alcornoque da mucha sombra y la lavanda necesita el sol*”. También señalan como prueba el porcentaje de pérdida de poblaciones, en el caso del tomillo utilizan este dato para justificar por qué lo descartan “*no*

hemos colocado el tomillo ya que solo se ha perdido un 2% del 80%”.

Grupo Clima

En el informe que proporciona este grupo se hace patente que los alumnos reconocen la interacción existente entre este componente y el resto del ecosistema “*El clima es uno de los elementos importantes del ecosistema ya que si hay un cambio brusco éste puede afectar a los demás elementos que son la fauna, flora y el suelo*”, aunque no aportan ninguna conclusión en la que esta interacción se haga explícita. Por ejemplo “*después del incendio las precipitaciones y el viento serán irregulares [...] y este viento favorecerá la erosión del suelo ya que el suelo está desprotegido por no tener vegetación*” reconociendo que las condiciones tras el incendio serán adversas pero no toman ninguna decisión.

La información que proporcionan procede principalmente de dos fuentes, la tabla de datos de los parámetros climáticos de Zaragoza. Los alumnos son

capaces de citar los datos sobre la temperatura media, la precipitación total o la humedad relativa de la zona, pero no los utilizan para obtener ninguna conclusión acerca de qué características tendrían que tener los animales y vegetales que vivieran en esa zona. No aparece ningún dato relacionado con las gráficas de precipitaciones ni con los vientos.

Grupo Suelo

En este grupo, los alumnos identifican la información relevante de cada fuente de datos, llegando a proporcionar 19 informaciones diferentes, pero al igual que el grupo clima no llegan a utilizarlas para considerar qué características tendrían que tener las especies que pudieran utilizarse para repoblar el bosque. Entre ellas destacan las relacionadas con los impactos en el suelo tras el incendio, “*el flujo del agua sobre el terreno incendiado llega a duplicar la impermeabilidad del suelo*”, y las características del suelo y las condiciones de precipitación.

Tabla IV. Comparativa del desempeño de los grupos de expertos

Categorías	Argumentos proporcionados por los grupos de expertos			
	Fauna	Flora	Clima	Suelo
Establecen conclusiones coordinando distintos tipos de pruebas con teoría e integrándolas en sus justificaciones	2			
Establecen conclusiones basadas en más de un tipo de prueba, integrándolas en sus justificaciones	4	1		
Establecen conclusiones, integrando solo un tipo de pruebas en sus justificaciones	5	5		
<i>Cita datos sin establecer ninguna conclusión</i>			6	19

Una vez examinado los informes de los estudiantes, encontramos claras diferencias en el desempeño de los grupos (tabla IV). Mientras que los de fauna y flora establecen conclusiones en base a los datos proporcionados, los de suelo y clima son capaces de identificar la información relevante y citarla en sus informes, pero no proponen ninguna conclusión sobre qué características tendrían que tener los seres vivos que repoblarán el ecosistema dañado. En ambos casos solo se sitúan en la categoría citar datos. Consideramos que una de las razones para esta diferencia podría encontrarse en el tipo de información facilitada al alumnado. Mientras que a los grupos de fauna y flora se les proporcionaban datos que les permitían claramente establecer relaciones entre ellos, por ejemplo las relaciones tróficas, o entre ellos y el clima y el suelo, como los mapas de la vegetación, en los grupos de suelo y

clima esto no ocurría. Quizá hubiera sido necesario proporcionar ese mismo andamiaje a estos últimos para ayudarles a tomar decisiones concretas, dado que el razonamiento que deben hacer es más complejo. Estos grupos no solo han de reconocer las características del clima y suelo de la zona, sino que han de identificar e interpretar la información relevante, relacionarla y conectarla con las características que tendrían que tener los seres vivos que la habitaran.

Uso de pruebas en los grupos base

En este apartado se examinan los informes de los grupos base, considerando qué relaciones se establecen entre los datos de los distintos componentes del ecosistema, y cómo se utilizan para justificar cómo restaurar el bosque. En la tabla V se describen las categorías, acompañándolas con ejemplos de alumnado.

Tabla V. Uso de pruebas en la toma de decisiones en los grupos base

Categorías	Ejemplos
Establecen conclusiones coordinando pruebas de los distintos elementos del ecosistema con teoría, e integrándolas en sus justificaciones	Grupo A: <i>“Fauna: [...] hemos visto conveniente meter animales que vivan en matorrales y pinos como: los conejos (que viven en matorrales), escarabajos (comen mosquitos veraniegos y viven en matorrales). Hemos metido animales que utilicen diferentes recursos pero están dentro de la cadena alimenticia y por lo tanto se produce un equilibrio”</i>
Establecen conclusiones, relacionando pruebas procedentes de los distintos elementos del ecosistema, e integrándolas en sus justificaciones	Grupo D: <i>“lo colocamos [boj común] donde haya más pinos ya que necesita media sombra y estos se la dan. Algunos seres vivos encuentran refugio en él”</i>
Establecen conclusiones considerando pruebas procedentes de uno de los elementos del ecosistema, e integrándolas en sus justificaciones	Grupo B: <i>“escarabajos se alimentan los mosquitos o insectos que viven en los matorrales, lo que mejoraría su calidad de vida”</i>
Citan datos sin establecer ninguna conclusión	Grupo A: <i>“precipitaciones: escasas durante todo el año, lo que produce erosión del suelo y a su vez afecta a las plantas y animales”</i>

Grupo A

En grupo los alumnos evalúan cada una de sus opciones, explicando uno a uno cada uno de los componentes del ecosistema. Proporcionan 6 conclusiones, todas ellas apoyadas en datos, y una información que no va acompañada de ninguna conclusión *“Precipitaciones: escasas durante todo el año, lo que produce erosión del suelo y a su vez afecta a animales y plantas”*.

Se observa una diferencia entre las conclusiones alcanzadas respecto a flora y fauna, y las alcanzadas para clima y suelo. En las primeras son capaces de proponer especies concretas basándose en al menos tres tipos de datos distintos, características de las especies, hábitat y parámetros climáticos de la zona, y estableciendo relaciones entre ellos, como se muestra en el ejemplo que proponen de flora *“hemos visto conveniente introducir plantas que no necesiten mucha agua, que sean capaces de resistir temperaturas extremas y que sean de rápido crecimiento y sirvan de cobijo a diferentes especies como: pinos y matorrales”*. Incluso reconocen la necesidad de mantener el ecosistema en equilibrio *“hemos metido animales que utilicen diferentes recursos pero están dentro de la cadena alimenticia y por lo tanto se produce un equilibrio”*. En cuanto a las referidas a clima y suelo, solo son capaces de establecer conclusiones generales, por ejemplo con respecto al viento *“vientos: fuertes durante todo el año, por lo que hemos escogido plantas con raíces fuertes y que den cobijo a los*

animales” no llegando a una conclusión concreta acerca de cuál sería la mejor especie para repoblar la zona. Al igual que en este ejemplo, en los restantes también utilizan un solo tipo de dato y las interacciones que se establecen son muy generales *“suelo: es de tipo árido o semiárido, con escasa infiltración de agua, [...] por lo que esto afecta a las plantas que deben necesitar poca agua, crecer rápido”*.

Grupo B

La forma de actuar de este grupo es distinta al resto, en lugar de elaborar un plan de gestión sobre cómo restaurar el ecosistema, elabora una explicación acerca de las consecuencias que el incendio tiene sobre el ecosistema, presentando un esquema en el que aparecen distintas opciones de fauna y flora, pero no las relacionan para proporcionar una opción concreta de repoblación. Un fragmento de su explicación es *“El clima es uno de los aspectos más importantes de un ecosistema ya que afecta tanto al suelo como a la flora y a la fauna. Debido a las precipitaciones el suelo se erosiona, porque el incendio ha provocado que el suelo sea más impermeable [...] las plantas no captan el suficiente agua y no pueden crecer [...] los animales no tienen recursos para una buena calidad de vida”*.

En el esquema proponen 6 opciones, 5 de ellas justificadas considerando las relaciones tróficas entre los organismos *“escarabajos se alimentan de los mosquitos o insectos que viven en los*

matorrales” o *“pinos se crean plagas de orugas que son perjudiciales para la salud”*. Aunque se hace explícito que tanto el clima como el suelo afectan a la fauna y flora, no establecen ningún conector explicando por qué.

Grupo C

La respuesta de este grupo, al igual que en el grupo A, se organiza en función de los cuatro elementos que conforman el ecosistema, describiendo cada uno por separado.

En los 2 argumentos que hacen referencia a fauna y flora llegan a conclusiones concretas, considerando únicamente las relaciones entre los seres vivos. Tanto en una como en otra tienen en cuenta las plagas, en concreto la información acerca de la procesionaria *“dentro de la fauna y la flora hay un aspecto bastante importante que son las plagas. Un ejemplo es la oruga que vive en los pinos y como la flora va añadir pinos la fauna no mete orugas para evitar su plaga”*. En ninguno de los argumentos hay referencias a las consecuencias que el clima y el suelo podrían tener en sus decisiones.

En los puntos de clima y suelo, los argumentos son similares a los del grupo B *“otro aspectos es el clima que tiene precipitaciones y vientos irregulares que afectan a la hora de elegir la fauna y la flora que se va a poner [...] y produce la destrucción del suelo”*. Ambos grupos son capaces de reconocer la existencia de interacciones pero no

de usarlas para llegar a alguna conclusión.

Grupo D

Este grupo aunque es el que más datos proporciona, cita 7 datos procedentes de clima y suelo, por ejemplo *“la impermeabilidad del agua llegó a duplicarse debido a la escasa vegetación”*, aunque no llega a utilizarlos para decidir cómo resaurar la zona incendiada, por ejemplo.

Toma 14 decisiones, 5 relacionadas con flora y 9 con fauna, limitándose a copiar las justificaciones de los grupos de expertos, con lo que al igual que en estos, solo consideran datos procedentes de uno de los componentes del ecosistema. Solo en una ocasión, establecen una interrelación entre fauna y flora, en el boj común: *“lo colocamos donde haya más pinos ya que necesita media sombra y estos se la dan. Algunos seres vivos encuentran refugio en él”*.

Grupo E

A diferencia de los grupos anteriores, a excepción del A, éste es capaz de proporcionar explicaciones concretas de cómo el clima y el suelo influyen en los seres vivos, reconociendo estas interacciones, aunque solo llegan a establecer conclusiones que señalan las características generales de las especies de animales y vegetales, sin identificar ninguna en concreto. Por ejemplo en cuanto a la relación clima, fauna y flora indican que *“hay que introducir*

las especies animales y vegetales en función del clima, ya que dependiendo de si el clima tiene temperaturas extremas o no se introducirán unas especies u otras dependiendo de la temperatura que puedan soportar”. Lo mismo ocurre con la relación suelo-flora “el suelo afectará principalmente a las especies vegetales ya que las diferentes especies que se

introduzcan dependerá de la acidez que puedan soportar, el agua que necesiten para sobrevivir”, y con fauna y flora “las especies animales y vegetales también se influirán entre ellas ya que una especie animal puede provocar la desaparición de una vegetal o sin la ayuda de una especie otra no podrá sobrevivir”.

Tabla VI. Comparativa del desempeño de los grupos base

Categorías	Argumentos proporcionados por los grupos base				
	A	B	C	D	E
Establecen conclusiones coordinando pruebas de los distintos elementos del ecosistema con teoría, e integrándolas en sus justificaciones	1				
Establecen conclusiones, relacionando pruebas procedentes de los distintos elementos del ecosistema, e integrándolas en sus justificaciones	1			1	1
Establecen conclusiones considerando pruebas procedentes de uno de los elementos del ecosistema, e integrándolas en sus justificaciones	4	5	2	13	2
<i>Citan datos sin establecer ninguna conclusión</i>	1	1	2	7	

En el desempeño en los grupos base también se observan diferencias entre los grupos, mientras el grupo A es capaz de reconocer interacciones entre los distintos componentes, proporcionando opciones concretas y llegando a considerar la necesidad de mantener el equilibrio del ecosistema, el resto proponen conclusiones basándose principalmente en la interacción flora-fauna. Estos resultados son coherentes con los encontrados por Rojero (1999) e inciden en la importancia de establecer explícitamente en el aula este tipo de interacciones.

5. Conclusiones

De los resultados obtenidos en relación a las preguntas de investigación planteadas al inicio de este trabajo, se puede concluir que:

En cuanto a los datos utilizados, en los grupos de flora y fauna destaca el uso de las relaciones tróficas, utilizado como prueba en la mayoría de sus justificaciones. Otro que también aparece de forma frecuente es el porcentaje de pérdida de las poblaciones tras el incendio. Sin embargo no se hace referencia a

datos como el tipo de crecimiento, necesario para determinar qué estrategia seguir para la repoblación de las especies. En cuanto a los de clima y suelo destaca el uso de las informaciones procedentes del texto sobre las consecuencias ecológicas de un incendio, frente a otros como los mapas y gráficos de precipitaciones que no son utilizados por ninguno de los grupos. En los grupos base el dato más utilizado de nuevo son las relaciones tróficas.

En relación a las conexiones que establecen los alumnos entre los datos, y entre éstos y la teoría de ecología, se han encontrado grandes diferencias entre los grupos de expertos. Mientras fauna y flora utilizan al menos 1 prueba para justificar cada una de sus decisiones, llegando en 5 ocasiones a relacionar al menos 2, los grupos de suelo y clima identifican y citan datos relevantes para el problema, pero no llegan a establecer qué características generales tendrían que tener los seres vivos que habitarán el lugar. En cuanto a la teoría, solo el grupo fauna ha sido capaz de considerar la necesidad del mantenimiento del equilibrio, considerando la importancia de introducir especies que tuvieran una relación de competencia entre ellas.

En los grupos base, también se observa una diferencia en las relaciones que establecen entre los datos de los distintos componentes y en cómo los integran en sus justificaciones. Mientras los grupos A, D y E han sido capaces de relacionar al menos datos de 2 componentes, por ejemplo flora y clima o fauna y flora

e integrarlos en sus justificaciones, los grupos B y C solo han utilizado datos de un mismo componente, destacando el uso de las relaciones tróficas para justificar su plan de gestión.

En cuanto a las interacciones que establecen en los grupos base, aunque todos señalan la influencia que el clima y el suelo tienen en el tipo de flora y fauna que puede encontrarse en un lugar determinado, solo los grupos A y E utilizan esta información para proponer opciones concretas como el boj común, o para establecer qué características generales tendría que tener las especies que repoblarán el lugar.

En resumen, a pesar de que los alumnos han sido capaces de identificar la información relevante para resolver el problema y han reconocido la influencia de todos los componentes del ecosistema entre sí, esto no ha sido suficiente para que utilizaran los datos para proponer opciones concretas sobre cómo restaurar el ecosistema. Por ello, insistimos en la necesidad de dedicar más tiempo a este tipo de problemas en el aula, proponiendo trabajar con otros ecosistemas, y planteando nuevos contextos como las consecuencias del dragado de un río en el ecosistema de ribera. Contextos en los que se siga trabajando la idea de ecosistema como un todo, quedando patente cómo todos sus componentes influyen en su funcionamiento. Además también se hace necesario prestar atención al uso de distintos tipos de datos en el aula, ya que como han mostrado los resultados los alumnos tienden a utilizar aquellos

que les resultan más familiares como son las relaciones tróficas, frente a otros como los mapas o las gráficas, que a pesar de aparecer con frecuencia en los libros de textos, son casi ignorados por el alumnado.

6. Bibliografía

- BRAVO-TORIJA, B. y JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (2012). Progression in Complexity: Contextualizing Sustainable Marine Resources Management in a 10th Grade Classroom. *Research in Science Education*, nº 42 (1), 5-23. DOI: 10.1007/s11165-011-9254-1
- CHINN, C. A. y BREWER, W. F. (2001). Models of data: A theory of how people evaluate data. *Cognition and Instruction*, nº 19, 323-393.
- DEL CARMEN, L. (1999). El estudio de los ecosistemas. *Alambique*, (20), 47-56.
- EILAM, B. (2002). Strata of comprehending ecology: Looking through the prism of feeding relations. *Science Education*, nº 86 (5), 645-671. DOI: 10.1002/sce.10041
- FERNÁNDEZ, R. y CASAL, M. (1995). La enseñanza de la ecología: Un objetivo de la educación ambiental. *Enseñanza de las ciencias*, nº 13 (3), 295-312.
- GARCÍA, J. E. (2003). Investigando el ecosistema. *Investigación en la Escuela*, nº 51, 83-100.
- HOGAN, K. (2000). Assessing students' systems reasoning in ecology. *Journal of Biological Education*, nº 35 (1), 22-28. DOI: 10.1080/00219266.2000.9655731
- HOGAN, K. y MAGLIENTI, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, nº 38(6), 663-87. DOI: 10.1002/tea.1025
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2008). Designing argumentation learning environments. En S. Erduran y M. P. Jiménez Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (91-115). Dordrecht: Springer.
- JORDAN, R; GRAY, S; DEMETER, M; LUI, L. y HMELO-SILVER, C. (2009). An Assessment of Student' Understanding of Ecosystem Concepts: Conflating Ecological Systems and Cycles. *Applied Environmental Education & Communication*, nº 8 (1), 40-48. DOI: 10.1080/15330150902953472
- KANARI, Z. y MILLAR, R. (2004). Reasoning from data: how students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, nº 41 (7), 748-769. DOI: 10.1002/tea.20020
- KOSLOWSKI, B; MARASIA, J; CHELENZA, M. y DUBLIN, R. (2008). Information becomes evidence when an explanation can incorporate it into a causal framework. *Cognitive Development*, nº 23, 427-487. DOI:10.1016/j.cogdev.2008.09.007

- LEACH, J; DRIVER, R; SCOTT, P. y WOOD ROBINSON, C. (1996). Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Science Education*, n° 18 (1), 19-34. DOI: 10.1080/0950069960180102
- LUCAS, A. M. (1980). Science and Environmental Education: Pious hopes, Self-praise and disciplinary chauvinism. *Studies in Science Education*, n° 7, 1-26. DOI: 10.1080/03057268008559874
- MARGALEF, R. (1974). *Ecología*. Barcelona: Omega.
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE) (2008). Informe PISA 2006. *Competencias científicas para el mundo del mañana*. Madrid: Santillana.
- ÖZAY, E. y ÖZTAS, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, n° 37 (2), 68-70. DOI: 10.1080/00219266.2003.9655853
- PUJOLÁS, P. (2003). *El aprendizaje cooperativo: algunas ideas prácticas*. Barcelona: Universidad de Vic.
- ROJERO, F. (1999). Entender la organización. Aspectos didácticos del estudio de los ecosistemas. *Alambique*, (20), 55-64.
- SÁNCHEZ CAÑETE, F.J. y PONTES PEDREJAS, A. (2010). La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. *Revista Eureka para la Enseñanza de las Ciencias*, (7), 271-285. DOI: 10498/8942
- SANDOVAL, W. A. y MILLWOOD, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, n° 23 (1), 23-55. DOI: 10.1207/s1532690xci2301_2
- TOULMIN, S. (1958). *The use of argument*. Cambridge: University press.
- VENVILLE, G. J. y DAWSON, V. M. (2009). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, n° 47 (8), 952-977. DOI: 10.1002/tea.20358
- VOLK, T. L. (2001). Integration and curriculum design. En H. R. Hungerford, W. J. Bluhm, T. L. Volk, y J. M. Ramsey (Eds.), *Essential readings in environmental education* (123-154). Champaign, IL: Stipes.

