

USO DEL CONCEPTO DE SUCESIÓN ECOLÓGICA POR ALUMNOS DE SECUNDARIA: LA PREDICCIÓN DE LOS CAMBIOS EN LOS ECOSISTEMAS

IBARRA MURILLO, JULIA¹ y GIL QUÍLEZ, MARÍA JOSÉ²

¹ Departamento de Psicología y Pedagogía. Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadía.

² Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Zaragoza.

maider@unavarra.es

quilez@unizar.es

Resumen. El papel que juega la ecología en relación con los temas ambientales ha sido criticado desde diversos campos. Esta crítica se extiende a cómo la ecología se utiliza en la enseñanza y las dificultades de su uso en temas de educación ambiental. Sin embargo, este conocimiento científico sigue siendo relevante para afrontar muchos de los actuales problemas ambientales. La teoría del cambio conceptual supone la búsqueda de modelos, estructuras y conceptos fundamentales para un aprendizaje científico de calidad. De acuerdo a dicha teoría, el paso del conocimiento cotidiano al conocimiento científico requiere de la reestructuración de los niveles ontológico, epistemológico y conceptual. Este trabajo examina el conocimiento de los estudiantes de 16 a 18 años sobre la sucesión ecológica en estos tres niveles. Concluimos que se requiere cierta reacomodación en estas estructuras con el fin de conseguir en los alumnos la comprensión de la sucesión ecológica y el desarrollo de competencias para la toma de decisiones en temas ambientales en relación con la sucesión.

Palabras clave. Ecología, sucesión, educación ambiental, cambio conceptual, equilibrio.

Use of ecological concepts by secondary school students: the prediction of changes in ecosystems

Summary. The role of ecology, although significant in environmental terms, has attracted criticism from various quarters. Such criticism extends to the way ecology is taught in schools, making it difficult to use in environmental education. There is a clear relation between the way in which we understand a phenomenon and how we act and this is especially relevant when we are concerned with environmental affairs. The theory of conceptual change involves the search for models, structures and concepts fundamental for achieving quality scientific learning. According to this theory, the passage from everyday knowledge to scientific knowledge requires restructuring on ontological, epistemological and conceptual levels. This work examines the knowledge of students (16 and 18 years old) of ecological succession on these three levels. We establish whether a rearrangement of these structures is required in order to understand the concept of succession and to provide the students with competences to take environmental decisions.

Keywords. Ecology, succession, environmental education, conceptual change, equilibrium.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación forma parte de un estudio más amplio sobre la transposición didáctica de la sucesión en los ecosistemas, de la ciencia a la escuela. En este trabajo se analizan las estructuras conceptuales de los alumnos de Secundaria acerca de la sucesión. El ob-

jetivo es conocer si es necesaria una reestructuración de las mismas, de manera que los alumnos puedan entender y utilizar el concepto de sucesión, lo que Duit (2003) llama cambio conceptual para el aprendizaje.

LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE SUCESIÓN

La sociedad actual relaciona los problemas ambientales con la ecología tanto en el análisis de los efectos indeseados de la actividad industrial y tecnológica (cambio climático, degradación ambiental, etc.) como en las soluciones a dichos problemas. La educación ambiental se ha fundamentado en buena medida en la ecología para el desarrollo de muchos de sus programas. Así mismo, las diferentes perspectivas sobre la educación ambiental coinciden en que ésta debe extenderse desde el conocimiento disciplinar o interdisciplinario hasta los cambios de actitudes y valores que permitan a los estudiantes cambiar su mundo (Mappin y Jhonson, 2005). Nos planteamos de qué manera el estudio de la ecología puede ayudar a los alumnos a discutir los problemas ambientales, en concreto los relacionados con la degradación, la recuperación y la protección de ecosistemas.

Uno de los problemas está relacionado con que la ecología es un cuerpo de conocimientos heterogéneo, y pueden ser enfrentados entre sí (ecología de ecosistemas vs. ecología de poblaciones); además, tal como señala Shrader-Frechette y McCoy (1993) es característica la ambigüedad de muchos de los conceptos ecológicos (el mismo término de ecosistema, equilibrio, comunidad), y este aspecto dificulta mucho el proceso de enseñar y aprender. Las críticas se extienden también a la forma en que se enseña en las escuelas (Magro, Simonneaux, Favre y Hemptinne, 2002; Korfiatis, 2005), donde domina un concepto del ecosistema y su dinámica como algo «fuera de» el entorno urbano, la actividad humana, centrado en el espacio geográfico más que en el temporal. También la comprensión de los problemas ambientales requiere una familiaridad básica con las escalas de tiempo de los procesos ecológicos, que no es sencilla de visualizar (Berkowitz, Ford y Brewer, 2005). Todo ello obstaculiza la comprensión de cómo la especie humana se integra en la naturaleza (Carlsson, 2002; Grotzer y Bell, 2003).

Otra dificultad es que las interpretaciones de los conceptos ecológicos pueden ser anticuadas, carecer de significado científico o tener valores y connotaciones imprevistas (Mappin y Jhonson, 2005). Es por ello por lo que los conceptos ecológicos estudiados y potencialmente útiles no se usan correctamente para analizar dichos problemas ambientales.

La sucesión ecológica trata de predecir los cambios que se dan en los ecosistemas en largos periodos de tiempo, por ejemplo, la evolución desde suelo desnudo hasta la formación de bosque o la recuperación de la vegetación después de un fuego. Para comprender el significado de la sucesión, el alumno debe conocer ciertos conceptos previos tales como población, ecosistema, tipos de relaciones entre los seres vivos y el hábitat. Así mismo, conocer y ser capaz de utilizar el concepto de sucesión es necesario cuando se les exige a los alumnos cierta capacidad para predecir formaciones paisajísticas futuras en un determinado entorno (por ejemplo, después de un fuego) o prever soluciones para algunos problemas ambientales (por ejemplo, la erosión).

El concepto de sucesión es difícil de aprehender, ya que está fuertemente influenciado por la idea de equilibrio de la naturaleza. La idea inicial de sucesión en los ecosistemas (Clements, 1916) defendía que éstos evolucionan con el tiempo hacia formaciones más estables y maduras («clímax»), con máxima biodiversidad, y que podían mantenerse indefinidamente en esta suerte de equilibrio ecológico. Ejemplos de dichas formaciones serían las selvas tropicales y también los bosques templados poco alterados y los arrecifes coralinos. En la segunda mitad del siglo xx, la ecología de ecosistemas (Odum, 1953; Margalef, 1974) y la de poblaciones (Begon, Harper y Townsend, 1995) se enfrentan también en torno al concepto de sucesión y la idea de equilibrio. Finalmente se entiende que el concepto de equilibrio carece de valor empírico aunque sí de valor metafórico, y este último es interesante para la práctica docente. El equilibrio ecológico es una metáfora de cómo trabaja la Tierra y hace referencia a la armonía de la naturaleza; está muy arraigada en nuestra sociedad y se remonta a la antigua Grecia (Pickett, Kolasa y Jones, 2007). Shrader-Frechette y McCoy (1993) señalan la ambigüedad del término «equilibrium» que se refleja en las diferentes definiciones que sobre el mismo hay en la literatura. Por otro lado, Terradas (2004) lamenta la injustificada importancia que ha tenido la idea del equilibrio en la formación de generaciones de biólogos, que han creído posible gestionar la naturaleza con este apoyo teórico. Pickett et al. (2007) proponen, para una mejor comprensión por parte de los ciudadanos de cómo funciona la naturaleza, sustituir la metáfora de equilibrio por la de flujo de la naturaleza.

En la mayoría de los libros de texto, la ecología no es sólo presentada como la ciencia del equilibrio sino que, además, la idea de equilibrio de la naturaleza se presenta como un axioma en lugar de hipótesis que ha de ser verificada, lo que quita el carácter científico no sólo a la idea de equilibrio, sino también a la descripción de la naturaleza (Korfiatis, 2005). Lo anterior coincide con ciertos análisis de la transposición didáctica de los libros científicos a los libros de texto (Ibarra y Gil, 2005). Los libros de texto muestran la ecología mayoritariamente desde el paradigma ecosistémico y así mismo refuerzan la idea del equilibrio ecológico y el determinismo de los cambios. Esto dificulta que los alumnos discutan temas de gestión sostenible del medio natural en una naturaleza «desequilibrada».

La sucesión ecológica está presente en todos los libros de texto de secundaria que tratan los ecosistemas de una forma extensa, en concreto en la asignatura de Biología y Geología de 4º de ESO y en la de Ciencias de la Vida y de la Tierra de 2º de Bachillerato. En las preguntas de evaluación de los textos se les pide a los alumnos algún tipo de predicción sobre ecosistemas degradados o que identifiquen ecosistemas maduros.

Sobre la base de todo lo anterior nos planteamos las siguientes preguntas:

– ¿Cuál es el esquema conceptual de los alumnos en relación con la sucesión ecológica?

- ¿Qué significados adquiere este concepto para los alumnos?
- ¿Utilizan este concepto para analizar los problemas ambientales y/o para predecir la evolución general de ciertos ecosistemas en el tiempo?

Es decir, pretendemos conocer el esquema conceptual que los alumnos utilizan para interpretar los cambios en los ecosistemas y analizar de qué forma utilizan el concepto de la sucesión ecológica para interpretar estos procesos. En el marco de la teoría del cambio conceptual buscamos definir líneas de mejora en la enseñanza y aprendizaje de los ecosistemas y de los modelos científicos que deben representarlos.

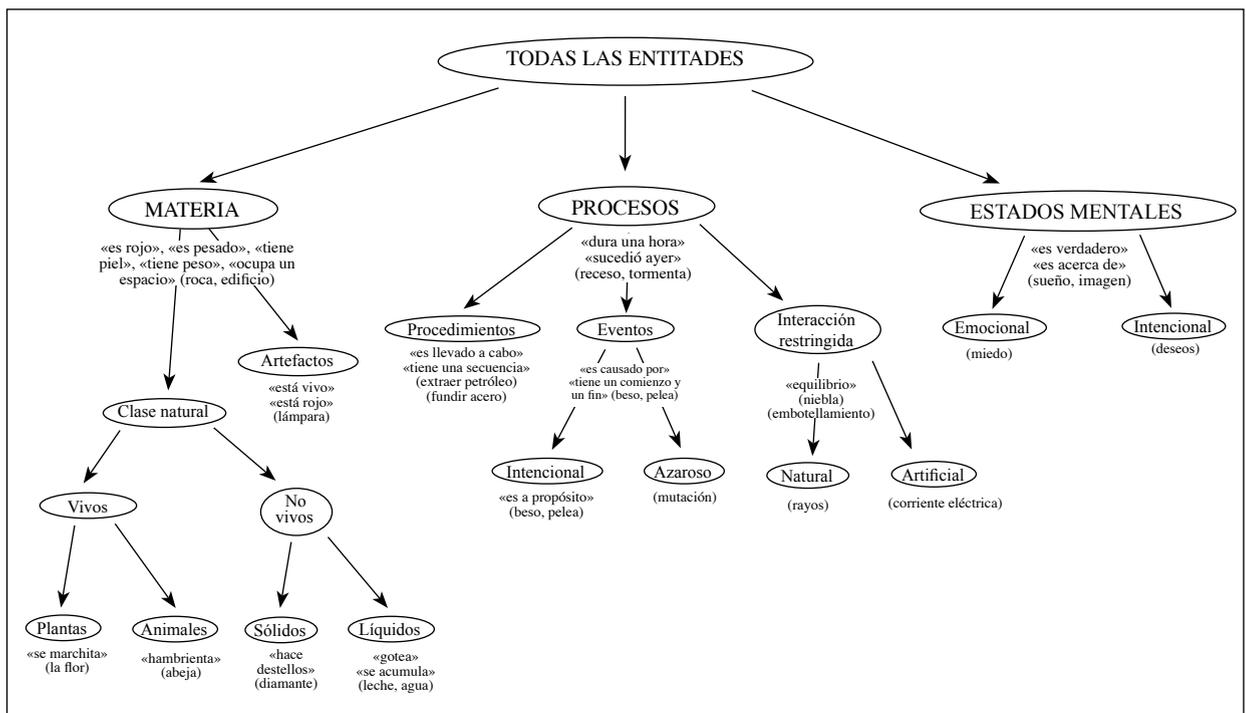
LA TEORÍA DEL CAMBIO CONCEPTUAL

En los últimos veinte años el cambio conceptual se ha convertido en una importante área de investigación con numerosos trabajos publicados (Vosniadou, 2001; Duit, 2003; Soto, Otero y Sanjosé, 2005). Los fundamentos teóricos para la teoría del cambio conceptual en la educación científica se encuentran en las aportaciones hechas desde la psicología cognitiva en torno a las dificultades que tienen los alumnos con algunos de los conceptos

científicos (Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982; Chi, Slotta, De Leeuw, 1994; Carey, 1985; Vosniadou, 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1998). La teoría del cambio conceptual implica la búsqueda de modelos, estructuras y conceptos que son comunes a las diferentes ciencias experimentales. Según esta teoría, el paso del conocimiento cotidiano al conocimiento científico requiere una reestructuración en los niveles ontológicos, epistemológicos y conceptuales. Y este paso es muy difícil si la distancia entre el conocimiento científico y el cotidiano, desde el punto de vista ontológico, es grande.

La teoría de Chi (1992) explica que las personas percibimos los hechos y el mundo en tres categorías ontológicas básicas que son materia, proceso y estado mental. Sobre cada una de ellas se construye un árbol de significados en el cual las categorías separadas en forma horizontal son ontológicamente diferentes. El cambio conceptual supone la recolocación de un concepto desde una de las categorías ontológicas principales a otra, en sentido lateral (Figura 1). (Tomado de Pozo y Gómez Crespo, 1998). Una reasignación dentro de la misma categoría ontológica se califica como una simple *reorganización conceptual*. Existen también procesos complejos como la selección natural, la difusión y otros, que pueden ser calificados como *procesos emergentes*; para ellos la asignación de una categoría ontológica es especialmente difícil, por carecer de una causalidad definida (Chi y Roscoe, 2002).

Figura 1
Un posible esquema de categorización del mundo según Chi (1992).



Por otro lado, Vosniadou (1994) señala que el cambio conceptual exige también una reestructuración de las bases epistemológicas del conocimiento de los alumnos. Los principios epistemológicos se refieren a los supuestos implícitos sobre las relaciones entre nuestro conocimiento y el mundo. Estos supuestos imponen un límite a las ideas de los alumnos, lo que las hace básicamente incompatibles con el conocimiento científico (Vosniadou, 2001). Uno de los supuestos más comunes es la *fe realista*, es decir, pensar que el mundo es tal como lo vemos, y atribuir a la realidad propiedades que son producto de la construcción mental de esa realidad. En la ciencia, el movimiento, el color y también los ecosistemas se interpretan como interacciones dentro de sistemas, las cuales han sido construidas o modelizadas por la mente humana.

Así mismo, hay una diferencia esencial entre las teorías implícitas y las científicas y esa diferencia se encuentra en la estructura conceptual de las mismas: mientras que en las científicas el esquema conceptual se caracteriza por la complejidad, y por una estructura próxima al pensamiento formal de Piaget, la estructura de las ideas implícitas es mucho más simple. Según Pozo y Gómez Crespo (1998), las barreras de estas estructuras conceptuales se encuentran en tres elementos: la causalidad de los fenómenos, las estrategias de cuantificación y calificación y el concepto de cambio y equilibrio. En el pensamiento cotidiano, la causa de los fenómenos es simple y en un solo sentido o incluso acausal (Andersson, 1986), atiende más a procesos de cambio que de conservación (Driver, Guesne y Tiberghien, 1992) y recurre a relaciones cualitativas frente a las cuantitativas. En la ciencia, la mayoría de los fenómenos se explican por interacciones que tienden a equilibrios dinámicos (Chi, et al., 1994). Finalmente, el pensamiento cotidiano se sostiene en teorías implícitas que son estables y persistentes, tales como la asignación de las características de un modelo científico al fenómeno real que representa en dicho modelo. Pozo (2004) señala que una enseñanza de las ciencias que no distingue las características del modelo y las de la realidad puede llevar a esta confusión.

En resumen, un estudio del cambio conceptual requiere un estudio de los aspectos ontológicos, epistemológicos y conceptuales para identificar el esquema de aprendizaje de los alumnos.

METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo con dos grupos de estudiantes de tres institutos públicos diferentes: Grupo A, 46 estudiantes de 15-16 años de 4º de ESO; Grupo B, 49 estudiantes de 17-18 años de 2º de Bachillerato. Se escogieron estos alumnos porque habían estudiado el tema de la sucesión ecológica en las asignaturas «Biología y Geología» (Grupo A) y «Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente» (Grupo B).

A lo largo de la educación secundaria y el bachillerato, el conocimiento de los ecosistemas y con ellos la sucesión ecológica se presenta únicamente en estas dos asignaturas. Los contenidos de una asignatura a otra sólo difieren en

el mayor número de conceptos ecológicos (por ejemplo, se añaden *producción, respiración, biomasa*) implicados en la asignatura de bachillerato. Los textos generalmente contienen la definición de la sucesión; una clasificación (primaria y secundaria); patrones de cambio, con mayor o menor número de conceptos ecológicos; ejemplos de sucesiones y ejemplos de ecosistemas maduros o estables.

Los profesores de los grupos con los que trabajamos nos indicaron que habían seguido exclusivamente los libros de texto para trabajar el tema de la sucesión, normalmente al final del tema de ecosistemas, y en sesiones teóricas. Los alumnos de bachillerato retoman este tema dos años más tarde en la asignatura de Ciencias de la Vida y de la Tierra, con la sola diferencia del aumento de los conceptos ecológicos, tal como queda explicado. Después de que los alumnos hubieran trabajado los temas relacionados con la sucesión ecológica, procedimos a pasar un cuestionario en ambos grupos, en horarios de clase cedidos por el profesorado. El cuestionario se validó con profesores de educación secundaria y de universidad y se aplicó inicialmente en diferentes grupos de alumnos. En base a los resultados de estas primeras pruebas, se realizaron algunas modificaciones y quedó configurado el cuestionario definitivo (Anexo 1). Las respuestas de los alumnos fueron agrupadas (Tablas 1 a 4) con el objetivo de identificar:

1. Las categorías ontológicas (materia, proceso) y subcategorías (proceso: evento, proceso de interacción restrictiva) propuestas por Chi (1992).
2. Las bases epistemológicas utilizadas por otros autores (Leach et al., 1996): teleológicas, antropomórficas (extensión de características humanas a fenómenos naturales) o vitalistas (el impulso vital está en el origen de los fenómenos).
3. Los elementos de la estructura conceptual fundamentales (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Vosniadou, 1994) para conseguir el cambio conceptual:
 - ¿Cómo aparece la causalidad de la sucesión ecológica?
 - ¿Los estudiantes usan datos cuantitativos como probabilidad o proporcionalidad para explicar este fenómeno natural? ¿Usan sólo razones cualitativas para explicarlo?
 - ¿Comprenden el equilibrio usando los elementos que se mantienen y los que cambian o prevalece la idealización de algunas comunidades y ecosistemas?

RESULTADOS

Se analizan las respuestas de los dos grupos como una muestra única porque los contenidos que han estudiado en torno a la sucesión son semejantes y son las únicas asignaturas donde se estudia. Como se ha señalado anteriormente, la única excepción es que hay un aumento de

los conceptos ecológicos en la asignatura de bachillerato, lo que permite esperar una mejor utilización de estos conceptos en este último nivel.

Las tres primeras preguntas se refieren a la evolución de un campo de golf abandonado y la cuarta indaga en la predicción de cambios de una laguna endorreica protegida como reserva natural. Las primeras tres respuestas de los alumnos se han interpretado bajo tres perspectivas:

- ¿Qué cambios experimenta un campo de golf abandonado durante 50 años?
- ¿Cuáles son las causas de los cambios?
- ¿Hay un punto final o de equilibrio en estos cambios?
- ¿Cuál es el futuro de un ecosistema aparentemente estable?

A continuación se comentan los resultados para cada uno de esos aspectos.

Sobre los cambios en el tiempo

La tabla 1 muestra que prácticamente todos los alumnos reconocen que hay una secuencia de colonización de plantas, aunque esto puede ser muy simple (1,2:8%) en aquellos que sólo perciben la presencia de las especies más «visibles» (árboles), y no tienen en cuenta la presencia de herbáceas y arbustos.

Las respuestas 1.3 y 1.4 indican una aproximación bastante aceptable a la secuencia de sucesión esperada. Los estudiantes diferencian el aumento de cierto tipo de plantas (árboles y arbustos) como opuesto a otros aumentos posibles como por ejemplo de herbáceas, y la sustitución de ciertas especies como opuesto a la simple adición.

La previsión más afinada se encuentra en las respuestas 1.5 (8,4%) del grupo B. Su previsión recoge el incremento diferencial entre arbustos y hierbas altas al principio de la sucesión, y la sustitución de éstas por especies arbóreas en las fases más tardías

Sobre las causas de los cambios

No hay verdaderas explicaciones de los cambios; razones vitalistas y antropomórficas sustituyen a las científicas. Casi la mitad de las respuestas (Tabla 2, 2.1) no expresan verdaderas causas de los cambios, aunque en muchos casos no falten largas descripciones apoyadas en un vocabulario ecológico o incluso pueden referirse a la sucesión. Este porcentaje corresponde en una ligera mayor proporción al grupo A que al grupo B.

Muchas de las respuestas de esta categoría de no-explicación respecto a las causas de la sucesión se pueden identificar como vitalistas, según las cuales la razón de los cambios de la vegetación es la fuerza de la Naturaleza, su impulso:

«... el hombre le deja seguir su curso a la naturaleza...»

«... porque evoluciona con el tiempo...»

«La razón de que se den estos cambios es que al dejar que la vegetación siga su curso crecen las plantas y árboles de manera salvaje.»

El alumno considera suficiente razón de cambio la tendencia natural del medio a hacerlo, su propio impulso o tendencia al cambio. A pesar de que han recibido instrucción sobre poblaciones y varios tipos de interrelaciones (competencia, depredación, etc.) y también tienen conocimientos sobre la adaptación biológica y la sucesión ecológica, los argumentos que emplean no recogen ninguno de estos conocimientos y, por el contrario, recurren en un gran porcentaje a ideas pre-científicas como el vitalismo y el antropomorfismo.

La causalidad primaria o elemental de los cambios: el abandono de los cuidados del campo de golf es la razón de la sucesión vegetal. Las respuestas agrupadas en 2.2 (Tabla 2) indican una relación lineal de causa-efecto, una causalidad lineal y simple en un solo sentido. Otros autores ya habían señalado que las explicaciones causales son las menos frecuentes entre los alumnos, frente a las vitalistas u otras, entre los alumnos, cuando se trata de explicar los fenómenos biológicos y ecológicos (Driver et al., 1992; Grotzer y Bell Basca, 2003).

Tabla 1
Resultados totales pregunta 1 (periodo 5-50 años).

CAMBIOS CAMPO DE GOLF 5-50 AÑOS	TOTAL	GRUPO A	GRUPO B
1.1. Aumento indiscriminado de la diversidad de todo tipo de plantas	2,11%	2,11%	
1.2. Aumento únicamente de árboles con disminución expresa o no de herbáceas cespitosas	8,42%	5,26%	3,16%
1.3. Aumento discriminado de la diversidad, aumento de árboles y arbustos, aumento de arbustos frente a árboles	30,53%	21,06%	9,47%
1.4. Aumento discriminado de la diversidad, aumento de árboles y arbustos con disminución expresa de herbáceas cortas y/o largas	50,52%	19,99%	30,53%
1.5. Explicación «científica»: a los 5 años abundancia de arbustos y hierbas altas. A los 50 años aumento de árboles y disminución de arbustos	8,42%		8,42%
Total	100%	48,42%	51,58%

La mayor parte de los alumnos añaden a esta explicación alguna descripción del proceso de cambio y señalan que las hierbas crecen o que llegan nuevas plantas de los alrededores. El nivel descriptivo toma enseguida el relevo a las explicaciones sobre los cambios, porque éste es el terreno donde el alumno se reconoce seguro, en contar cómo se ve un proceso y no en averiguar las causas del mismo

«El poco cuidado hace que las malas hierbas crezcan y se extiendan por todo...»

«Estos cambios se producen porque la vegetación no tiene ningún impedimento para crecer y, en cambio, cuando estaba el campo de golf todo estaba controlado para mantenerlo en buen estado»

Las causas de los cambios se explican desde diversos niveles de interrelaciones. Las respuestas que se recogen en la sección 2.3 (8,9%) (Tabla 2) muestran cierta relación causal entre el cambio en las condiciones ambientales (la interrupción de la siega frecuente) y la aparición de nuevas especies colonizadoras. Un porcentaje todavía menor (2,4, 3,8%) corresponde a los alumnos que sí reconocen causalidades complejas en los cambios de vegetación, como el cambio de presión adaptativa sobre las especies o la implantación de especies con adaptaciones propias a las nuevas condiciones ambientales que se están creando.

«Las plantas silvestres están mejor adaptadas al entorno por lo que su viabilidad será mayor que la de las plantas del campo de golf, que requerían un cuidado especial».

«Las hierbas del campo de golf necesitan suministros humanos de agua y abonos por lo que dejarán paso a especies mejor preparadas a nuestro clima».

Sobre el final de los cambios, la estabilidad y el equilibrio

El proceso final de los cambios se interpreta en clave de desarrollo humano. Un pequeño porcentaje de las respuestas (Tabla 3, 3.1, 4,2%) se pueden calificar como antropomórficas, en cuanto que el alumno utiliza analo-

gías con el crecimiento físico o con el desarrollo social humano para explicar lo que piensa de los cambios en la naturaleza.

«me imagino que sí (llegará a ser una composición constante)... todos dejamos de crecer en un momento dado o cuando alcanzamos una edad concreta»

«no (llegará a ser una composición constante)... porque la naturaleza evoluciona como los seres humanos»

«creo que los vegetales crecerán y morirán allí y que habrá más o menos una vegetación constante»

Algunas respuestas indican la necesidad de la intervención humana para dominar o controlar lo que de forma natural es azaroso o desordenado:

«sí (llegará a ser constante) cuando la mano del hombre intervenga... que esté controlado como cuando era un campo de golf, porque así la cuidará, no dejará que la hierba salga y podrá elegir lo que quiera que haya en ese paisaje, es decir, un campo de trigo o cualquier otro tipo de paisaje».

Las respuestas de esta sección muestran la ausencia de herramientas conceptuales de la ecología, para interpretar o predecir el futuro estado del campo de golf. Los alumnos creen poder predecir estos cambios con otros elementos como, por ejemplo, la analogía o metáfora del desarrollo humano. Cabe señalar que en los comienzos de la teoría de la sucesión se utilizó la semejanza de este proceso con el desarrollo humano (Ibarra y Gil, 2005).

La fase final no es estática sino que existen cambios. Un porcentaje también pequeño (3,2, 9,4%) de las respuestas subraya que en un ecosistema nunca dejan de producirse cambios, aunque sean a distintos niveles y a pequeña escala. En general estas respuestas indican que un estado final, equilibrado y definitivo no se acepta, que el cambio es la regla, pero queda en un mero nivel declarativo sin mayores especificidades, por lo que la hemos clasificado en la escala baja de conocimiento científico.

El cambio ecológico finaliza en una formación estable. Que la composición de la vegetación llegará a ser estable

Tabla 2
Resultados totales pregunta 2 (causas de los cambios).

CAUSAS DE LOS CAMBIOS	TOTAL	GRUPO A	GRUPO B
2.1. No existen verdaderas razones, aunque puede mencionarse la sucesión o el desarrollo de la naturaleza	41,03%	21,79%	19,23%
2.2. No se cuida, y las plantas se hacen grandes y llegan otras nuevas especies	38,46%	25,64%	12,82%
2.3. Desaparece el impedimento para que crezcan nuevas semillas de hierbas y matorrales	8,97%	5,13%	3,85%
2.4. Presión de selección, adaptación	3,85%	1,28%	2,56%
2.5. ns/nc. no relacionada con la pregunta	7,69%	5,13%	2,56%
Total	100%	58,97%	41,03%

es una afirmación mayoritaria, e incluso los alumnos que plantean ciertas reticencias a admitirlo aceptan que presentará algún tipo de «regularidad» (Tabla 3, 3.3 y 3.4). Un porcentaje pequeño (3.4, 11%) pero significativo de los alumnos interpreta la fase final a través de la maximización de ciertos parámetros (diversidad, la biomasa), o incluso utilizan la relación *producción primaria/biomasa total* para ilustrar la fase climácica. Esta forma de entender la fase clímax es muy próxima al pensamiento científico holista de los años 70 y corresponde a los contenidos que la mayoría de libros de texto presentan sobre las fases finales (Ibarra y Gil Quílez, 2005):

«Cuando la diversidad sea constante...»

«Cuando haya una ocupación total de nichos...»

La utilización de reglas cuantitativas sencillas y el uso de parámetros ecológicos (3.4) como la diversidad o la biomasa o los nichos ecológicos indica el acercamiento al pensamiento científico, y éste se da algo más en el grupo B (6,3%) que en el grupo A (5,2%).

El mayor porcentaje de respuestas (3.3, 68%) corresponde a la categoría que engloba aquellas expresiones que identifican el clímax con términos como *madurez, equilibrio, clímax, bosque...* Estas respuestas encierran generalmente un alto grado de ambigüedad, pero son coherentes con lo que enseñan la mayoría de los libros de texto sobre la etapa climácica (Ibarra y Gil Quílez, 2005).

«Se dará cuando la vegetación existente sea capaz de crear la energía necesaria que consume el propio ecosistema, manteniéndose el equilibrio...»

«Llegará un momento en que la vegetación será más o menos constante porque todo ecosistema tiende al clímax, en el que se alcanza el máximo equilibrio, en este caso de la flora...»

Muchas de estas respuestas encierran un significado vitalista y finalista, en el sentido de que los cambios llegan a un final caracterizado por una formación «superior» como el bosque, o a un estado ideal de equilibrio o comunidad clímax, el cual es, para los alumnos, el objetivo general de los cambios ecológicos.

Sobre el futuro de una laguna endorreica

En esta pregunta se plantea un caso especial de sucesión que pretende funcionar como un contraejemplo de los modelos habituales de sucesiones terrestres, ya que la evolución prevista de una laguna de estas características es la desaparición de la misma y la sustitución por una comunidad terrestre arbustiva y arbórea.

Sólo el 20% de los alumnos (Tabla 4, 4.4) interpretan correctamente la sucesión que va a experimentar la laguna, es decir, que finalmente se colmatará y dará lugar a otro tipo de ecosistema.

Las respuestas agrupadas en 4.2 y 4.3, que en conjunto suponen el 61% de las respuestas totales, muestran que los alumnos interpretan que un ecosistema protegido cambia en el tiempo para «mejorar» o maximizar sus características ecológicas o, en todo caso, que no muestra signos de cambio. Esto es coherente con las ideas que muestran los alumnos sobre el final de los cambios en el apartado anterior, donde un gran número de respuestas subraya que la sucesión lleva a las comunidades a ser cada vez más ricas, más diversas o más importantes. Una vez que la comunidad llega a estas fases, se mantiene indefinidamente en el tiempo.

El estado legal de protección del que goza la laguna de Pitillas es la razón más utilizada por los alumnos para justificar que no habrá cambios fundamentales o que los cambios son «mejoras» ecológicas. Esta idea se justifica porque se entiende popularmente que la creación de áreas protegidas se hace con el objetivo de conservar o mejorar sus condiciones, que de partida ya son susceptibles de proteger.

Los cambios indefinidos o confusos (4.1, 15%) representan un porcentaje significativo de las respuestas. La laguna se asimila a un ecosistema en etapa clímax o al menos rico y variado (por eso está protegido) y los alumnos no prevén cambios a largo plazo, como no sea el hecho de añadir especies. En algunos casos los alumnos utilizan el cambio climático para argumentar que, en función de él, a la laguna cambiará de formas distintas: puede secarse si aumentan las temperaturas o hacerse más amplia si aumentan las lluvias.

Tabla 3
Resultados totales pregunta 2.2 (final de los cambios).

FINAL DE LOS CAMBIOS. ¿SE ALCANZA LA ESTABILIDAD?	TOTAL	GRUPO A	GRUPO B
3.1. Sí/no, con referencias al desarrollo humano o a la intervención humana en la naturaleza	4,21%	2,11%	2,11%
3.2. No dejarán de darse cambios, al menos en pequeña escala	9,47%	5,26%	4,21%
3.3. Sí, cuando se llega a formar un bosque, cuando se llega al equilibrio... al clímax... a la madurez, cuando se impongan las plantas dominantes, cuando pase el tiempo	68,42%	32,63%	35,79%
3.4. Sí, cuando se consiga una máxima diversidad, un máximo de nichos ecológicos, un máximo de bioamsa, cuando se equiparen la producción y la respiración	11,58%	5,26%	6,32%
3.5. ns/nc sin relación con la pregunta	6,32%	3,16%%	3,16%
Total	100%	48,52%	51,58%

DISCUSIÓN

El análisis de los datos obtenidos en las encuestas muestra que los alumnos, tanto los del grupo B como –también de forma mayoritaria– los alumnos del grupo A, son capaces de predecir de una forma correcta y adecuada las etapas sucesionales iniciales muy próximas a su experiencia observacional directa. Para estas etapas, la predicción desde la teoría de la sucesión y las predicciones de los alumnos se ajustan, y el conocimiento teórico y el cotidiano coinciden.

Sin embargo, cuando se trata de predecir los cambios en los ecosistemas a largo plazo, destaca el carácter interpretativo finalista, acausal y principalmente cualitativo que hacen los alumnos sobre los cambios sucesionales:

– La *causalidad* se reconoce en su forma más simple y directa; en el caso de los cambios en el campo de golf, ésta es el abandono de los cuidados humanos (cortar el césped, riego, abonado)...

– La *causalidad* de los cambios no se reconoce cuando se trata de predecir el futuro a largo plazo de un ecosistema; es decir, son capaces de prever los cambios pero no sus causas. O bien, la finalidad de los cambios en la forma de un ecosistema equilibrado y maduro se convierte en el factor causal de los mismos, lo que otros autores califican de respuestas «ecologicistas» (Jiménez Aleixandre, 2003). Las interacciones entre los seres vivos, y entre éstos y el ambiente físico, no aparecen como causas de los cambios. Tal como señalan Grotzer y Bell (2003), la comprensión simplista de la causalidad puede ser el origen de muchas de las ideas alternativas de los jóvenes alumnos.

Otro elemento de progresión en el cambio conceptual se sitúa en el desarrollo de relaciones cuantitativas frente a las cualitativas. En las explicaciones sobre la sucesión dominan las relaciones cualitativas en los alumnos del grupo A. En el grupo B, sin embargo, se observa con más frecuencia el uso de relaciones cuantitativas simples, como la relación entre producción y respiración,

el aumento de biomasa o de diversidad. Las respuestas de los alumnos para las cuestiones planteadas indican no tanto que no conocen otras herramientas explicativas y descriptivas sino, más bien, que las cuestiones que les son planteadas sobre los cambios no exigen su utilización, y *que son suficientes* las referencias a aspectos cualitativos, como son la tendencia de la naturaleza a ser «salvaje», a volver a su estado «natural», las referencias a una comunidad final y estable, etc.

Los alumnos interpretan mayoritariamente que los cambios sucesionales finalizan en una etapa donde se maximiza algún valor, como la diversidad o la complejidad estructural del ecosistema. La etapa final tiene a menudo connotaciones de sociedad humana idealizada, donde las especies animales y vegetales pueden vivir bien, «en equilibrio», compartiendo idealmente los recursos. Por lo tanto, a menudo es difícil discernir hasta dónde llega el conocimiento científico y hasta dónde éste se entremezcla o se sustituye por las creencias y valores individuales.

Los aspectos relacionados con la gestión del medio ambiente se observan desde las necesidades y expectativas directas del hombre respecto al medio natural. Predomina una visión *utilitarista* de la naturaleza, que destaca la necesidad de control para su explotación o para el disfrute social, y en la cual los conocimientos científicos ecológicos en general carecen de importancia, más allá de algunas interrelaciones (tróficas por ejemplo, o entre el clima y las plantas) y nociones generales sobre el ecosistema. Las ideas antropomórficas de la naturaleza conducen a pensar en cómo los ecosistemas «deben ser» para el uso humano, más que en cómo «son» o cómo «van a ser».

Para los alumnos en general, la gestión ambiental, entendida como un estado de protección legal de un espacio natural, produce un efecto de «mejora» en diversos parámetros ambientales, tales como un aumento de la biodiversidad vegetal y animal, un aumento de la lámina de agua. Ello indica que los cambios sucesionales –según los alumnos– conducen a una etapa final e idealizada de la comunidad.

Tabla 4
Futuro de la laguna endorreica.

EVOLUCIÓN DE LA LAGUNA ENDORREICA	TOTAL	GRUPO A	GRUPO B
4.1. Cambios no definidos, confusos	15,38%	12,82%	2,56%
4.2. «Mejora» de los parámetros de la comunidad, aumento de especies animales y vegetales o de la superficie de la laguna	33,33%	18,23%	14,10%
4.3. Ningún cambio fundamental	28,21%	19,23%	8,97%
4.4. Relleno de la cubeta, secado y cambio de ecosistema	20,51%	6,41%	14,10%
4.5. ns/nc sin relación con la pregunta	2,56%	1,28%	1,28%
Total	100%	58,97%	41,03%

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LOS ECOSISTEMAS

En el plano ontológico, los cambios sucesionales tienen para los alumnos la categoría de «evento» o suceso que tiene un principio (la aparición de hierbas salvajes) y un final (un bosque templado) mientras que, desde la ciencia (Ibarra, 2003; Ibarra y Gil, 2005), la sucesión tiene la categoría ontológica de «proceso», según la clasificación de Chi (1992). Es decir, es un proceso sin principio ni final, aunque la intensidad y el tipo de cambios sean diferentes en las primeras fases y en las últimas.

En cuanto a las bases epistemológicas que sustentan las ideas de los alumnos sobre la sucesión, concluimos que las ideas *vitalistas* principalmente, aunque también las teleológicas y las antropomórficas, emergen con fuerza en los discursos de los alumnos y parecen ser suficientes para ellos, a la hora de *explicar* y *predecir* los cambios en la naturaleza. La confianza en que la naturaleza tiende a ser «libre» y «salvaje» es argumento de peso para justificar las predicciones sobre los cambios.

En definitiva, las relaciones entre los seres vivos y entre éstos y el ambiente no parecen ser necesarias para explicar o describir los cambios en la naturaleza. Sin embargo, la interpretación de los fenómenos ecológicos en clave de interacciones es fundamental para el conocimiento de los ecosistemas, y la dificultad radica en explicitar estas relaciones e incluir en ellas también las acciones humanas (Jacobson, 2000).

En resumen, el conocimiento de los alumnos sobre los cambios ecológicos está condicionado por las creencias individuales y el pensamiento pre-científico. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la mayoría de los libros de texto de ecología del país muestran una idea muy próxima a las que manifiestan los alumnos sobre la sucesión. Y es que dichos textos son el fruto de una transposición didáctica simplista y reduccionista de la teoría de ecosistemas de

la década de los setenta (Ibarra, 2003) y, además, el pensamiento científico de los profesores, no sólo los españoles, que enseñan ecología también está muy mediatizado por este pensamiento (Magro et al., 2002). Así encontramos que las ideas alternativas de los alumnos sobre los cambios en los ecosistemas se ven reforzadas por los contenidos de los libros de texto que estudian, y de los cuales obtienen apenas una terminología técnica, que disfraza de apariencia científica lo que es un pensamiento acientífico.

Por otro lado, la idea de equilibrio ha influenciado y continúa influenciando el qué y cómo la ciencia se usa para la gestión y planificación del medio y, así mismo, está en el centro de muchas posiciones ambientalistas (Pickett, et al., 1994; Cuddington, 2001). El estudio de la sucesión debe aportar conocimiento sobre cómo pueden predecirse los cambios en los ecosistemas y, en ese sentido, está estrechamente relacionado con la construcción de criterios científicos para la protección de áreas naturales y las posibilidades de restauración de hábitats degradados, los cuales son contenidos importantes en una educación para un desarrollo sostenible del planeta (Membiela, 2002; Pereiro y Jiménez Aleixandre, 2001).

Todo lo anterior nos permite señalar que para la enseñanza de la ecología sería conveniente presentar los conceptos de equilibrio y estabilidad como metáforas de algunos estados de los ecosistemas y no como conceptos científicos. De esta forma, se convierten en elementos de discusión y argumentación que ayudan a los alumnos a explorar de forma crítica realidades complejas, y permiten poner de manifiesto las asunciones culturales e ideológicas sobre la sostenibilidad y el medio ambiente (Carew y Mitchell, 2006). Así mismo, se debe revalorizar el conocimiento de las series sucesionales como elementos de diagnóstico y predicción en los procesos de degeneración o recuperación de ecosistemas. O en su caso, debe revalorizarse el conocimiento sobre especies vegetales y animales que son indicadoras de un grado de calidad de un ecosistema natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSSON, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions, *Science Education*, 70(5), pp. 549-563.

BEGON, M., HARPER, J. L. y TOWNSEND, C. R. (1995). *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona: Omega.

BENLLOCH, M. (1997). *Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Visor.

BERKOWITZ, A., FORD, M. y BREWER, C. (2005). A framework for integrating ecological literacy, civics literacy, and environmental citizenship in environmental education en *Environmental Education and Advocacy. Changing perspectives of Ecology and Education*. Capítulo 11. Cambridge: Cambridge University Press.

CAREW, A. y MITCHELL C. (2006). Metaphors used by some engineering academics in Australia for understanding and explaining sustainability. *Environmental Education Research*, 12(2), pp. 217-231

CAREY, S. (1985). *Conceptual change in childhood* (Cambridge, M.I.T. Press).

CARLSSON, B. (2002). Ecological understanding 1: ways of experiencing photosynthesis. Ecological understanding 2: a key to ecological understanding. *International Journal of Science Education*, 24(7), pp. 681-699 y pp. 701-715

CHI, M. (1992). Conceptual change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science, in Giere, R. (ed). *Cognitive Models of Science*, Minnesota Studies in the Philosophy of Science. 15, pp. 129-186. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.

CHI, M. T. H., SLOTTA, J. D. y DE LEEUW, N. (1994). From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts, *Learning and Instruction*, 4, pp. 27-43.

CHI, M. T. H., ROSCOE, R. D. (2002). The process and challenges of conceptual change, en Limon, M. y Mason, L. (eds.). «Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice», pp. 3-27. Dordrecht: Kluwer.

CLEMENTS, F.E. (1916). *Plant Succession: An analysis of the Development of Vegetation*. Washington: Carnegie Institution.

CUDDINGTON, K. (2001). The «Balance of nature». Metaphor and Equilibrium in Population Ecology, *Biology and Philosophy*, 16, pp. 463-479.

DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Ediciones Morata.

DUIT, R. y TREGUST, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), pp. 671-688.

GROTZER, T. A. y BELL BASCA, B. (2003). How does grasping the underlying causal structures of ecosystems impact students' understanding? *Journal of Biological Education*, 38(1), pp. 16-29

IBARRA MURILLO, J. (2003). *La transposición didáctica de la sucesión en los ecosistemas*. Tesis doctoral. Universidad Pública de Navarra.

IBARRA MURILLO, J. y GIL QUÍLEZ, M. J. (2005). Enseñar los cambios ecológicos en la Secundaria: un reto en la transposición didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*.

JACOBSON, M. J. (2000). Problem solving about complex systems differences between experts and novices, en Fishman, B. y O'Connor-Divebles, S. (eds.). *Fourth International Conference of the Learning Sciences*, pp 14-21. Mahwah, NJ: Erlbaum.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (coord.) (2003). *Enseñar ciencias*. Barcelona: Editorial GRAÓ.

KORFIATIS, K. (2005). Environmental education and the science of ecology: exploration of an uneasy relationship, *Environmental Education Research*, 11(2), pp. 235-248.

LEACH, J., DRIVER, R., SCOTT, P. y WOOD-ROBINSON, C. (1992). *Progression in understanding of ecological concepts by pupils aged 5 to 16*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. University of Leeds.

LEACH, J., DRIVER, R., SCOTT, P. y WOOD-ROBINSON, C. (1996). Children's ideas about ecology 3: ideas found in children aged 5-16 about the interdependency of organisms, *International Journal of Science Education*, 18(2), pp. 129-141.

MAGRO, A., SIMONNEAUX, L., FAVRE, D. y HEMPTINNE, J. L. (2002). Learning difficulties in ecology, *Proceedings of the IVth Conference of European Researchers in Didactic of Biology*, Toulouse.

MAPPIN, J. y JHONSON, E. (2005). *Environmental Education and Advocacy. Changing perspectives of Ecology and Education*. Cambridge: Cambridge University Press.

MARGALEF, R. (1974). *Ecología*. Omega. Barcelona.

MEMBIELA, P. (ed.) (2002). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Ediciones Narcea.

ODUM, E. P. (1953). *Fundamentals of Ecology*. W. B. Saunders. Philadelphia-Londres.

PEREIRO, C. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2001). Argumentación sobre gestión ambiental en el Bachillerato, *Actas del VI Congreso de Investigación en Didáctica de las Ciencias*, vol. II, pp. 67-68. Barcelona.

PICKETT, S., KOLASA, J. y JONES, C. (2007). *Ecological understanding*. San Diego, Academic Press

POSNER, F. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. y GERTZOG, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, 66(2), pp. 211-227.

- POZO, J. I. y GÓMEZ CRESPO, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Morata. Madrid.
- POZO, J. I. y GÓMEZ CRESPO, M. A. (2004). Relationships between everyday knowledge and scientific knowledge: understanding how matter changes. *International Journal of Science Education*, 26(11), pp. 1325-1343.
- SHRADER-FRECHETTE, S. y McCOY, E. D. (1993). *Method in Ecology*. Nueva York: Cambridge University Press.
- SOTO, C., OTERO, J. y SANJOSÉ, V. (2005) A review of conceptual change research in science education. *Journal of Science Education*, 6(1), pp. 5-8.
- TERRADAS, J. (2001). *Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Barcelona: Omega.
- VOSNIADOU, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change, *Learning and Instruction*, 4, pp. 45-69.
- VOSNIADOU, S. (2001). Conceptual change research and the teaching science, en: H. Behrendt et al. (eds.). *Research in Science Education-Past, present, and Future* (Kluwer Academic Press, Netherlands).

[Artículo recibido en abril de 2007 y aceptado en junio de 2008]

ANEXO 1

Encuesta para alumnos de ESO y bachillerato

Pregunta 1: Cambios a largo plazo

Abandonamos el uso y cuidado de un campo de golf y durante 50 años no hay intervención humana; imaginamos que nos acercamos a observar después de los primeros 5 años y posteriormente a los 50 años. En el listado inferior tienes una serie de plantas que pueden o no aparecer a los 5 años y pueden aparecer o no a los 50 años. Debes señalar, marcando con una x en la casilla correspondiente, el grado de abundancia o ausencia que crees que habrá de cada una de las plantas, entre los 5 y los 50 años.

Tabla 5

La primera columna correspondiente al campo de golf, consideramos que está ocupada exclusivamente con hierbas cortas y así queda señalado. Tú debes hacer la columna de 5-50 años.

TIPOS DE VEGETACIÓN	CAMPO DE GOLF	ENTRE 5 Y 50 AÑOS MÁS TARDE			
		AUSENTE	ESCASO	ABUNDANTE	MUY ABUNDANTE
Hierbas cortas	X				
Acebo					
Arces					
Avellanos					
Cardos					
Fresnos					
Hierbas altas					
Matas de moras					
Endrinas					
Robles					
Tapaculos					

Índice de abundancia: Ausente, Escaso, Abundante, Muy abundante

Puedes añadir cualquier otra planta que se te ocurra y que no aparece en el listado

Pregunta 2:

Siguiendo con el ejemplo del campo de golf y los cambios de vegetación que en él se dan cuando se abandona, contesta a estas preguntas:

1. ¿Cuál es la razón de que se den estos cambios?
2. ¿Crees que en algún momento dejarán de producirse cambios y la composición de la vegetación llegará a ser más o menos constante? ¿Cuándo o en qué circunstancias ocurriría esto?

Escribe el porqué de tus afirmaciones.

Pregunta 3:

La laguna de Pitillas, en Navarra, es un espacio endorreico protegido donde vive una abundante fauna entre la que destacan varias especies de patos, fochas, garzas, somormujos pero también aves cazadoras como los aguiluchos. Más discretos pero abundantes son zorros, tejones y varios tipos de anfibios y reptiles. La laguna es extensa pero no muy profunda, y recibe el agua de lluvia de varios barrancos. Gran parte de la laguna está ocupada por carrizos donde anidan las aves y está rodeada por campos de cultivo. Los primeros datos de la existencia de la laguna son de hace 700 años.

¿Podrías decir qué aspectos de la laguna estarán igual y qué aspectos habrán cambiado dentro de 200 años, pensando que no va a haber intervención humana en ella?

Los aspectos a los que puedes referirte son los siguientes: la fauna (vertebrados e invertebrados), la vegetación (de dentro y fuera de la laguna), la lámina de agua, el ecosistema completo y cualquier otro que tú consideres.

Aspectos que habrán cambiado	Aspectos que permanecerán prácticamente iguales

Use of ecological concepts by secondary school students: the prediction of changes in ecosystems

IBARRA MURILLO, JULIA¹ y GIL QUÍLEZ, MARÍA JOSÉ²

¹ Departamento de Psicología y Pedagogía. Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadía.

² Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Zaragoza.

maider@unavarra.es

quilez@unizar.es

Abstract

This paper analyses the conceptual structures (models) that secondary school students have of ecological succession. The aim is to see whether these models require restructuring so that learners can understand and use the concept of succession. That is to say, the paper deals with conceptual change for learning.

Ecological succession is an elusive concept because it is heavily influenced by the idea of balance in nature. In most textbooks, ecology is not just presented as the science of balance but also the idea of balance in nature is presented as an axiom rather than a hypothesis to be verified. This takes away the scientific nature not only from the idea of balance, but also from the description of nature.

We raise the following questions:

- What is the conceptual framework held by students about ecological succession?
- What meaning does this concept have for students?
- Do students use this concept to analyze environmental problems and / or predict the overall evolution of certain ecosystems over time?

We attempt to identify the conceptual framework that students use to interpret changes in ecosystems, as well as to define areas of improvement in both the teaching and learning of ecosystems and of scientific models which should represent them. According to the theory of conceptual change, the transition of everyday knowledge to scientific knowledge requires a restructuring at the ontological, epistemological and conceptual levels.

The research was conducted with two groups of students from different high schools: Group A, 46 students of 15-16 years; Group B, 49 students of 17-18 years. These students were chosen because they had studied the issue of ecological succession in different subjects. Three different questions were given to the two groups (Annex 1).

Conclusions and implications for the teaching of ecosystems

At the ontological level, changes in ecosystems are for students successional «events» that have a beginning and an end while

from a scientific viewpoint succession falls into the ontological category of a «process».

As for the epistemological foundations of students' ideas about succession, ideas that are vitalist, teleological and anthropomorphic, these emerge with force in their speech and appear to be sufficient for them to explain and predict changes in nature. Likewise, their conviction that nature tends to be «free» and «savage» is an argument to justify predictions about changes.

The analysis of data from the surveys shows that pupils are able to predict the initial stages of succession correctly and appropriately. These initial stages are very familiar to them from direct experience of observations in the field. However, when it comes to predicting long-term changes in ecosystems, their ideas are remarkably finalistic, acausal and principally qualitative.

The majority interpretation of the students was that changes end at a stage where some value is maximized, such as the structural diversity or the complexity of the ecosystem. The final stage often contains idealized connotations of human society, where animal and plant species can live well, in «equilibrium». In short, the idea of ecological balance continues to influence how science is used for the management and planning of the environment and, likewise, is at the heart of many environmentalist positions.

A utilitarian vision of nature predominates, which stresses the need to control it in order to exploit its resources or use it for social enjoyment, and in which scientific knowledge in general lacks ecological importance. Anthropomorphic ideas about nature lead to thinking about how ecosystems «should be» for human use, rather than how they «are» or how they «will be.»

The above enables us to affirm that for the teaching of ecology it would be desirable to introduce the concepts of balance and stability as metaphors for some states of ecosystems and not as scientific concepts. In this way, they become elements of discussion and argument that help students explore complex realities critically, and enable attention to be given to cultural and ideological assumptions about sustainability and the environment. Likewise, we must enhance our knowledge of successional series as elements of diagnosis and prediction in the processes of degeneration or recovery of ecosystems.

