

La transición desde un pensamiento simple hacia otro complejo en el caso de la construcción de nociones ecológicas (*)

J. Eduardo García Díaz
Ana Rivero García (**)



RESUMEN

En este artículo se describen las ideas de alumnos adolescentes relativas a nociones ecológicas, en relación con distintas dimensiones que caracterizan la transición desde un pensamiento simple hacia un pensamiento complejo. También se presentan algunas implicaciones didácticas referidas a dicha transición.

Las ideas de los alumnos sobre las nociones ecológicas: la dimensión organizacional y el problema de la concepción aditiva del medio

Este trabajo se puede considerar como una continuación del artículo "La transición desde un pensamiento simple hacia un pensamiento complejo en la construcción del conocimiento escolar", publicado en esta revista (García, 1995b), en la medida en que se aplican, al caso de las nociones ecológicas, las dimensiones descritas en el mismo. En dicho artículo se presentaban diferentes hipótesis relativas al conocimiento escolar, en el marco de la pro-

puesta curricular Investigando Nuestro Mundo, y se analizaban tres dimensiones o categorías metadisciplinarias relativas a la transición desde un pensamiento simple hacia otro complejo, útiles para la caracterización de las concepciones de los alumnos en un gradiente de complejidad progresiva y para describir las correspondientes dificultades de aprendizaje y su posible evolución en relación con la instrucción: la manera que tienen los sujetos de interpretar la organización del medio, el tipo de relaciones causales que reconocen y la consideración que se tiene del cambio y la estabilidad. Ahora se trata de concretar esta perspectiva en la construcción de con-

(*) Esta publicación es resultado parcial del proyecto PB94-1449 financiado por la DGICYT.

(**) Los autores son miembros del Grupo Didáctica e Investigación Escolar y del Departamento de Didáctica de las Ciencias de la Universidad de Sevilla.



ceptos ecológicos que realizan los alumnos de 14-15 años, considerando, fundamentalmente, los resultados obtenidos en una investigación reciente (García, 1995a).

Respecto a la primera dimensión, en el artículo citado se señalaba que, para muchos alumnos adolescentes, el medio es bien un medio-escenario, es decir, el medio percibido como un fondo homogéneo e indiferenciado donde todo se entremezcla sin una organización aparente, bien un medio-aditivo en el que éste se entiende como la mera suma de sus elementos componentes (Astolfi y Drouin, 1986). En relación con la concepción del medio como lugar o escenario, es notable el hecho de que muchos alumnos suelen confundir los conceptos de hábitat y ecosistema, en una clara identificación del ecosistema con el sitio donde viven unos determinados seres vivos (Adeniyi, 1985). Por otro lado, la concepción aditiva del medio se manifiesta en los alumnos cuando aluden a un inventario de lo que hay en él, cuando describen su entorno centrándose exclusivamente en la enumeración de sus elementos componentes y cuando sólo se refieren a algunas relaciones sencillas que se establecen entre ellos, como la localización espacial y temporal de las cosas, sus semejanzas y diferencias o determinadas relaciones causales consideradas de forma aislada (Astolfi y Drouin, 1986; Correa, Cubero y García, 1994).

En el caso de los resultados de nuestra investigación (García, 1995a), encontramos que, desde las primeras actividades trabajadas en clase sobre la temática ecológica, se consolida en las ideas de los estudiantes un modelo de la organización del ecosistema basado en la cadena alimenticia. Este hecho, contrario a lo supuesto en nuestras hipótesis iniciales, pues esperábamos como modelo predominante en los alumnos una concepción aditiva del medio, puede tener que ver con el uso de las cadenas alimenticias, por parte de los libros de texto de la

E.G.B., como el concepto clave para explicar la organización del ecosistema. De todas maneras, tanto la noción de "cadena" en sí misma, como la manera en que los alumnos la construyen, connotan una caracterización aditiva del medio: la cadena se entiende como suma de eslabones y los eslabones como entes individuales (no poblaciones) (Peterfalvi et al., 1986), y la concepción de organización ecológica se construye pasando del elemento suelto a la relación binaria y de ésta a la cadena trófica (Griffiths y Grant, 1985; Peterfalvi et al., 1986; Leach et al., 1991). Considerando nuestros propios datos (García, 1995a), definimos el *modelo en cadena alimenticia rígida* por las siguientes características:

- La organización en cadena no es más que una "suma" de unidades binarias (otra forma de la concepción aditiva), de manera que para cada elemento únicamente hay dos relaciones posibles, como son comer y ser comido.

- La relación ecológica esencial es la relación trófica, de modo que la cadena se rige también por el principio organizador "los seres vivos se dedican fundamentalmente a comerse unos a otros". Es decir, la cadena se construye sobre los antagonismos y la "lucha por la vida". Sin embargo, aunque se le concede a la relación trófica un papel fundamental, sólo se entiende dicha relación a nivel de mesocosmos (relación entre organismos), sin comprenderse qué ocurre con dicha relación a nivel de microcosmos (transferencias de energía, circulación de la materia), ni a nivel del macrocosmos (relación entre poblaciones, ciclo trófico).

- La cadena no se "cierra" sobre sí misma, pues se desconoce el papel de los descomponedores en el ecosistema y la forma de alimentarse de las plantas, de forma que no se entiende una organización trófica cíclica.

- A lo largo del desarrollo de la instrucción puede evolucionar la naturaleza de

los eslabones de la cadena, de forma que en un primer momento se identifican con individuos, luego con poblaciones y posteriormente con niveles tróficos. De todas formas, en este último caso, la rigidez de la estructura trófica creada (plantas-herbívoros-carnívoros) determina el desconcierto de los alumnos a la hora de situar, en dichas estructura, a los seres omnívoros.

- La linealidad de la cadena imposibilita el reajuste del conjunto en el caso de que desapareciera un elemento. Ello determina que la cadena se considere al mismo tiempo rígida y frágil. En definitiva, la organización en cadena parece regirse por esa especie de principio organizador al que denominamos como "*ley del todo o nada*".

Esta ley tiene dos implicaciones claras al aplicarla a la organización del ecosistema. La primera es que cualquier variación parcial puede tener consecuencias catastróficas para el conjunto: o la organización está completa (está todo) o no hay organización. La segunda es que, en definitiva, lo relevante es tener la "suma" apropiada de elementos más que tener una organización basada en las relaciones entre esos elementos.

Por otro lado, también se aprecia en los resultados de nuestra investigación que a lo largo del desarrollo de la programación se produce un cuestionamiento continuo del modelo en cadena rígida por parte de un sector de la clase, que da lugar a un *modelo en red trófica flexible* caracterizado por:

- La asunción de la idea de que puede haber diversidad de fuentes de alimentos, por lo que muchas especies presentan una dieta diversificada, lo que determina, a su vez, una organización trófica en red, en la que todo está conectado con todo.

- La aproximación al concepto de nicho ecológico, en la medida en que los alumnos sitúan cada especie en un "nudo" de la red.

- El reconocimiento de la existencia de relaciones de complementariedad, tanto a nivel de individuos como de especie. Este reconocimiento va unido a la constatación de la gran diversidad de tipos de relaciones ecológicas existentes y a la capacidad de adoptar la perspectiva de la especie o del individuo según el caso (aproximación a una visión relativista del mundo).

- El que se admita una concepción más flexible de la estabilidad del ecosistema, de forma que lo relevante es que se mantenga la organización del conjunto y la presencia de los elementos más "indispensables" y no la totalidad de los elementos. Ello supone considerar que hay unos mecanismos que regulan la dinámica de las poblaciones, de forma que el aumento o disminución del número de individuos de una especie no suponga, inevitablemente, la desorganización del conjunto.

La transición desde el modelo en cadena rígida hacia el modelo en red flexible no parece nada fácil, ni parece tampoco un proceso lineal, sino más bien un proceso complejo en el que se producen avances y retrocesos continuos y en el que la instrucción (un cierto tipo de instrucción al menos) no garantiza el éxito. En dicha transición los dos obstáculos esenciales parecen ser la falta de una visión descentrada y relativizadora (adopción de la perspectiva propia de cada nivel de organización de la materia) y la concepción aditiva implícita en la "*ley del todo o nada*". A continuación analizaremos más detenidamente el primer obstáculo citado.

El problema del centramiento en lo evidente y próximo a la experiencia de los sujetos

En los estudios relativos a las ideas de los alumnos sobre las relaciones ecológicas (Adeniyi, 1985; Griffiths y Grant, 1985; Peterfalvi et al., 1986; Griffiths et al., 1988;

Webb y Bolt, 1990; Boschhuixen y Brinkman, 1991; Lisowski y Disinger, 1991; Leach et al., 1992; Fernández Manzanal, 1993; García, Rivero y Vaca, 1994; García, 1995a; entre otros) aparecen abundantes ejemplos de cómo los sujetos reconocen y sobrevaloran los rasgos más próximos a su experiencia. En lo que sigue comentaremos dichas ideas en relación con la descripción de los elementos y de las relaciones presentes en los ecosistemas, utilizando, fundamentalmente, los resultados de nuestra investigación más reciente (García, 1995a).

Respecto a la *descripción de los elementos componentes de los ecosistemas*, los alumnos manifiestan un acusado centramiento en los elementos más evidentes y próximos del biotopo y de la biocenosis. En cuanto a los elementos del biotopo se reconocen mejor los que son muy evidentes y tangibles, como el agua, el suelo, los edificios o las piedras. En relación con la biocenosis se alude más frecuentemente a los animales que a las plantas o a los microorganismos. Sólo muy raramente se mencionan los elementos del medio menos evidentes (animales o plantas poco habituales en el entorno de los sujetos o en los medios de comunicación, microorganismos, factores del biotopo menos tangibles como la luz o la temperatura). Pero incluso cuando se refieren al término "microorganismos", suelen aludir más a pequeños animales (concepción mayoritaria) que a seres unicelulares sólo visibles al microscopio (concepción minoritaria). De los datos de nuestra investigación se infiere que, en la evolución de las ideas de los alumnos, no parece que sea una dificultad insalvable el considerar exclusivamente a los animales como los seres relevantes del ecosistema, pues los alumnos llegan a reconocer la importancia de las plantas y de los factores abióticos. Sí parece más difícil conseguir el reconocimiento de los entes del microcosmos, tal como se aprecia en

el ejemplo de los microorganismos y, sobre todo, en el caso de las transferencias de materia y energía en el ciclo trófico.

El mayor o menor reconocimiento de unos elementos u otros tiene que ver con *las funciones que desempeñan esos seres en el conjunto del ecosistema*. Respecto a la valoración del papel que cada elemento desempeña en el conjunto, su manera de situarse en relación con los demás, los alumnos reconocen que los elementos presentes en los ecosistemas pueden desempeñar diferentes roles, como es el caso de los depredadores y las presas, pero siempre desde una perspectiva antropocéntrica. También distinguen entre elementos relevantes, por su carácter de organismos muy "activos", y elementos irrelevantes, tan "pasivos" que aparentemente no desempeñan ninguna función en el ecosistema. En general, se le da una mayor relevancia al papel que desempeñan los consumidores, sobre todo los secundarios (depredadores), en detrimento de los productores (las plantas parecen más una parte del "decorado" que los elementos clave en la circulación de la materia en nuestro planeta), de forma que para muchos alumnos los grandes carnívoros serían las especies "superiores" o "dominantes" del ecosistema. Esta relevancia tiene que ver con la distinción que se hace entre seres "superiores" e "inferiores" (lo que se podría denominar como *principio del ser "superior" o "dominante"*), siendo los seres "superiores" aquellos que parecen tener, para los alumnos, un papel fundamental en la organización del ecosistema, de forma que su desaparición conllevaría la desorganización del conjunto. Estos seres "superiores" suelen coincidir con las especies que ocupan el final de la cadena alimenticia o las que están próximas al vértice de la pirámide trófica, entendiéndose que los demás seres existen en cuanto que constituyen su alimento (las plantas existen para ser comidas por los herbívo-

ros, éstos para ser comidos por los carnívoros). Habría un gradiente de "superioridad", en el que se pueden considerar tres dimensiones: el tipo de alimentación (más superior cuanto más depredador), el tamaño (más superior cuanto más grande) y la presencia que tengan en los medios de comunicación o en la cultura popular (más superiores cuanto más familiares sean).

Algunos alumnos reconocen la existencia de una jerarquía alimenticia o trófica con dos niveles, constituyendo el primer nivel los seres vivos que están en el comienzo de las cadenas alimenticias -las plantas-, y el segundo nivel aquéllos que se comen a las plantas y/o entre sí -los animales-, con lo que ya hay un cierto reconocimiento de que cada elemento tiene una función trófica en el conjunto. De todas formas se aprecia, en las concepciones de los adolescentes sobre el papel de las plantas en el ecosistema, cómo no entienden bien que toda la vida del planeta, incluidos los seres humanos, depende de las plantas, dada la poca importancia que se le asigna a los vegetales en el mantenimiento de la vida (Fernández Manzanal, 1993), o cómo las plantas pueden fabricar su propio alimento a partir del aire (Leach et al., 1991). Asimismo, en muy pocas ocasiones se menciona a los descomponedores como los encargados de "cerrar el ciclo trófico o alimenticio". Lo que no aparece en nuestros propios datos (García, 1995a), es la idea de que cada especie ocupa un lugar funcional, un nicho ecológico dentro de una red de interacciones -y no de una cadena-, que constituye la organización del ecosistema, a pesar de ser éste un contenido escolar presente incluso en la Educación Primaria.

En cuanto a la *mayor o menor discriminación a la hora de clasificar elementos del ecosistema* parece que se vuelve a aplicar el *principio del "ser superior"*: se discrimina mucho más finamente a la hora de clasificar los seres "superiores" que con

respecto a los "inferiores". Así, mientras que los alumnos diferencian casi hasta el nivel de especie en los carnívoros y herbívoros más evidentes (águila, conejo, vaca) los grupos taxonómicos que crean son progresivamente más amplios y ambiguos a medida que los seres clasificados son más "inferiores" ("bichos", "hierbas", "plantas"). De todas formas, parece que el discriminar más o menos finamente no depende de la superación de una gran dificultad epistemológica por parte de los alumnos, sino que se trata, más bien, de un problema de familiarización con la diversidad de los seres vivos, solucionable mediante el trabajo de campo o con material audiovisual (García, 1995a).

En relación con la *descripción de las relaciones presentes en los ecosistemas*, en el análisis de las ideas de los alumnos se aprecia un predominio inicial de las relaciones más evidentes en los diferentes tipos de relaciones. Los alumnos destacan, fundamentalmente, las relaciones tróficas, y dentro de éstas, las relaciones depredador-presa, de manera que, tal como se ha señalado anteriormente, parece que utilizan una especie de principio organizador, que suponemos que subyace a lo que expresan: la idea de que *lo más relevante en el funcionamiento de la naturaleza es que los seres vivos se comen unos a otros*.

En concreto, en lo que se refiere a las relaciones biocenosis-biotopo, hay una tendencia a considerar el biotopo como el espacio en el que se desenvuelven los seres vivos (el medio como lugar) o como un sitio donde cobijarse, de forma que no se reconoce el carácter activo del biotopo (intercambio de materiales con la biocenosis, evolución del biotopo). Aquí sí parece que puede existir un auténtico obstáculo para el aprendizaje, en la medida en que, para muchos alumnos, el biotopo es algo pasivo y estático. En relación con las relaciones interespecíficas, se consideran más las relaciones antagónicas entre individuos

aislados (el depredador que caza a la presa, el herbívoro que come hierba) que las relaciones que suponen cooperación (la caza en grupo, la defensa colectiva, la recolección organizada de las hormigas, etc.). En especial las relaciones tróficas no se entienden como relaciones entre poblaciones sino entre individuos concretos. De todas formas, con la instrucción sí se facilita una clara "progresión" desde formas más simples de entender las relaciones interespecíficas a otras más complejas. Parece, por tanto, que una mayor familiarización con otros tipos de relaciones diferentes a las tróficas evidentes no tiene especial dificultad para los alumnos, aunque la comprensión de la noción de complementariedad y la superación de la focalización en las relaciones antagónicas parece ser un paso algo más difícil.

En cuanto a la *clasificación de las relaciones*, sucede algo similar a lo que ocurría con los elementos del ecosistema: parece que se aplica el principio de que lo fundamental en la dinámica de los ecosistemas es que *los seres vivos se comen unos a otros*, de manera que son las relaciones tróficas aquéllas en las que se mencionan más variedad de ejemplos diferentes por parte de los sujetos. Por otro lado, los estudiantes tienen dificultad para clasificar relaciones atendiendo a los tres criterios tradicionales (naturaleza de la relación, naturaleza de los elementos que se relacionan y grado de beneficio o perjuicio que comporta la relación para los elementos que se relacionan), por lo que suelen clasificarlas utilizando sólo uno o dos criterios. De los tres criterios el más problemático es el tercero, pues los alumnos no comprenden cómo al mismo tiempo que se habla de complementariedad (todas las relaciones pueden ser "beneficiosas" a un cierto nivel) se habla también de beneficio o perjuicio.

En relación con la *distinción entre relaciones ecológicas y acciones de organismos aislados* parece claro que los alumnos

identifican con más facilidad las acciones que realizan los seres vivos, considerados individualmente, que las relaciones entre los mismos en las que se especifica claramente los elementos que se relacionan y la naturaleza de la relación. Con la instrucción aluden con mayor frecuencia a las relaciones ecológicas que a las acciones. Se podría interpretar, por tanto, que el enfoque autoecológico (las relaciones se entienden sólo desde la perspectiva de uno de los elementos participantes en la misma) es sustituido por el enfoque sinecológico (perspectiva supraindividual), de forma que se podría decir que la visión autoecológica que presentan inicialmente los alumnos no es un obstáculo insalvable de cara al reconocimiento de las relaciones ecológicas, siendo posible que el predominio de dicha visión tenga que ver más con la falta de entrenamiento en detectar y reconocer relaciones que con la asunción plena de un modelo aditivo del mundo (García, 1995a).

Por último, en relación con *los niveles de organización de la materia*, los alumnos reconocen bien los organismos concretos (mesocosmos), pero tienen dificultades para "percibir" y "manejar" niveles de organización de la materia "supraorgánicos" (macrocosmos) o "infraorgánicos" (microcosmos). Dicha dificultad parece hacerse mayor en la medida en que los sujetos tienen que alejarse más del nivel de organismo: así, por ejemplo, se comprende mejor la noción de población que la de ecosistema, la existencia de microorganismos que la de los átomos o las moléculas. Pero si ya es difícil trabajar con entes del micro o del macrocosmos, aún resulta más complicado comprender que un mismo evento ocurre, simultáneamente, en diferentes niveles de organización de la materia, teniendo un significado diferente en cada uno de esos niveles. Así, por ejemplo, se aprecia un bloqueo de los alumnos a la hora de entender que un hecho como

es el acto de comerse el depredador a la presa supone cosas diferentes según la perspectiva que se adopta en relación con los niveles de organización (destrucción del individuo-presa concreto desde la perspectiva del organismo, regulación de las presas en cuanto que población, contribución a la organización de la red trófica desde el punto de vista del ecosistema, etc.). Evidentemente, se trata de un problema de incapacidad para la adopción de diferentes perspectivas (poliperspectivismo) referidas a un mismo evento.

En resumen, en la posible evolución de las ideas de los alumnos asociada a la instrucción hay dificultades que no se podrían considerar auténticos obstáculos epistemológicos: la tendencia a dar más relevancia a los animales o a las relaciones tróficas, el considerar que hay seres "superiores" e "inferiores", la confusión entre relaciones ecológicas y acciones de los organismos, el que no se reconozca la existencia de los seres microscópicos o de unidades supraorgánicas como son las poblaciones, etc. Sin embargo, sí podríamos considerar determinadas dificultades que, desde nuestro punto de vista, constituyen obstáculos epistemológicos importantes, como el que no se comprenda el papel que juegan las entidades del microcosmos y del macrocosmos en la organización y el funcionamiento de la naturaleza -lo que supone no entender la función de los descomponedores o del biotopo, o la capacidad de reajuste de los ecosistemas- o el que no se reconozca que un evento ocurre, simultáneamente, en los diferentes niveles de organización de la materia, pudiendo tener un significado diferente según el nivel de organización de la materia que se considere. Este último obstáculo supone, por ejemplo, que los alumnos no entiendan que una misma relación ecológica pueda ser, según la perspectiva que se adopte, antagónica o complementaria, destructiva u organizadora.

La dimensión causal: el problema de la causalidad mecánica y lineal

Mientras que en las ciencias físicas la explicación que dan los alumnos adolescentes adopta la forma de relaciones de causa-efecto, no ocurre igual con los fenómenos biológicos, que evocan, además de este pensamiento lineal y mecánico, dos clases de explicaciones causales peculiares, una relacionada con un pensamiento teleológico y antropocéntrico y otra con una noción mítica sobre el orden existente en el mundo. En la explicación teleológica el fin explica la estructura o el proceso que conduce a ese fin. Así, son ejemplos de explicaciones teleológicas: "los herbívoros tienen un intestino más largo que el de los carnívoros para poder digerir la hierba", "las avellanas fueron hechas para ser comidas". Estas explicaciones parten del supuesto de que las consecuencias de un hecho ya son razón suficiente para comprenderlo, por lo que no se requieren otros mecanismos explicativos (Tamir y Zohar, 1991), y suelen ir asociadas a una causalidad intencional, en la que se interpretan los hechos que se dan en el medio en función de unos propósitos y sentimientos propios de los seres humanos: "las serpientes se dedican a perjudicar a otros seres vivos sin hacer nada útil".

La noción mítica, por la que el mundo se comporta según un orden absoluto, estático y predeterminado, aparece, también, en las ideas de los alumnos; aunque esta noción se manifiesta de distintas maneras, todas ellas comparten la característica común de que cada cosa ocupa un lugar fijo en el mundo, tiene su "sitio" o su función desde siempre, sin que se den argumentos racionales que la apoyen. Así, los alumnos pueden dar explicaciones fatalistas (las cosas siempre han sido de una cierta forma y seguirán siéndolo en el futuro), creer que existen fuerzas mágicas o divinas, que ordenan y disponen los hechos del mundo

(providencialismo), o pensar que hay una armonía natural, regida por unas leyes sabias e inmutables: "siempre ha habido unos animales que comen y otros que son comidos", "los seres humanos no tenemos remedio y terminaremos destruyendo los ecosistemas de nuestro planeta", "los enclaves naturales que se conservan bien han de preservarse de cualquier cambio".

De todas formas, la causalidad más frecuente entre los alumnos adolescentes es la causalidad mecánica y lineal, caracterizada por su unidireccionalidad y por la dependencia mecánica y simple que se establece entre los elementos del medio, causalidad que puede constituir un serio obstáculo en la construcción de conceptos ecológicos (García, Rivero y Vaca, 1994; Correa, Cubero y García, 1994; García, 1995a). En los resultados obtenidos en nuestro trabajo de investigación (García, 1995a) se aprecia que los alumnos, en un primer momento, manifiestan un conjunto de ideas que son indicadoras de este tipo de causalidad: la dependencia de los organismos respecto a las condiciones del medio, la dependencia de los depredadores respecto de las presas, la dependencia de cada eslabón de la cadena alimenticia del eslabón que le precede, etc. También se desconoce el hecho de que un mismo elemento pueda, a la vez, influir sobre otros elementos o sufrir las consecuencias de las acciones de otros elementos. Las relaciones ecológicas se interpretan, desde esta óptica, como relaciones de causa-efecto y no se reconoce, por tanto, la interacción, idea esencial para que se produzca la progresión desde una visión simple hacia otra compleja del mundo.

Sin embargo, aparentemente no parece difícil la transición desde la causalidad mecánica y lineal a la interacción pues, cuando se trabaja el tema con los alumnos, la mayoría consigue entender que hay una relación causal de reciprocidad entre elementos contiguos en la red. Incluso un

número apreciable de alumnos entiende la influencia mutua como control recíproco de unas poblaciones sobre otras, como sería el caso del sistema depredador-presa. Pero esta transición debe ser matizada, pues es cuestionable la facilidad con la que los estudiantes superan su pensamiento causal simple ya que, si bien es cierto que los alumnos parecen asumir sin problemas que dos seres ligados por una relación binaria se influyen mutuamente, no ocurre lo mismo cuando planteamos relaciones más complejas. Es decir, si los elementos que se relacionan lo hacen a través de terceros elementos (es decir, si no hay contigüidad) no se ve ya tan claro que exista interacción. Así, por ejemplo, las poblaciones que no están contiguas en la red no interactúan entre sí, y los efectos debidos a la variación del número de individuos de una determinada población no se transmiten por toda la red sino por algunas de las cadenas posibles. En definitiva, los alumnos no establecen relaciones causales de interacción cuando los elementos que se relacionan y sus acciones recíprocas están muy separados en el espacio y/o en el tiempo. Algo similar ocurre cuando planteamos una configuración en red de las relaciones, pues, aunque los alumnos expresen que todo se relaciona con todo (interacciones múltiples), no se aplica luego esa idea a los casos concretos.

Por otro lado, el reconocimiento o no de la interacción depende también de qué elementos se relacionan, pues es más fácil reconocer la influencia mutua en el caso del depredador y de la presa que en otros casos (depredador-hierba, biocenosis-biotopo). Al respecto, habría que tener de nuevo en cuenta el principio del ser "superior", anteriormente definido, pues los seres "irrelevantes" o "inferiores" (elementos del biotopo, microorganismos, plantas) parecen interactuar "menos" que los seres "superiores". Otra dificultad es la identifi-

cación de los tipos de intercambios que van asociados a la interacción, lo que supone no comprender bien el carácter organizador del ecosistema que tienen las interacciones. Así, por ejemplo, no se entiende que el ciclo trófico está asociado a dichas interacciones.

Es importante insistir en este último aspecto, pues hay un "salto" muy grande desde reconocer la influencia recíproca que existe en dos elementos contiguos, situados en el mesocosmos, a comprender cómo el conjunto de todas las interacciones configura una red "es" el ecosistema. En el segundo caso, hay que integrar dos nociones diferentes: la noción de causalidad con la noción de organización; y en un nivel de organización de la materia supraindividual (macrocosmos).

El problema de la concepción estática del medio y el problema de la conservación del objeto en el cambio

Los alumnos adolescentes manifiestan, en general, una visión de la estabilidad y del orden muy rígida y estática (García, Rivero y Vaca, 1994; Correa, Cubero y García, 1994), así como una fuerte resistencia a entender que un objeto puede mantener su identidad en transformaciones en las que la conservación no es directamente observable (Martín, 1994; Pozo, 1991 y 1994; Gómez, Pozo y Sanz, 1995). Ello explica el que los alumnos tengan grandes dificultades para entender nociones básicas de la dinámica ecológica como son el equilibrio en los ecosistemas, la sucesión ecológica o el ciclo trófico (García, 1995a).

Así, por ejemplo, comprenden bien la existencia de cambios cíclicos en la naturaleza, siempre que en dichos cambios el objeto que se transforma sea un objeto bien conocido y la transformación sea claramente perceptible. De esta forma, un

adolescente no suele tener dificultades en comprender que el agua de los diferentes momentos del ciclo del agua es el mismo agua, es decir, que conserva su misma naturaleza química, esté en forma de líquido, sólido o gas. Pero sí hay dificultades en comprender aquellos cambios cíclicos en los que el objeto que cambia no es un objeto del mesocosmos, o en los que el cambio se produce a una escala espaciotemporal muy diferente a la usada cotidianamente por los seres humanos. En el caso del concepto de ciclo trófico, se requiere el manejo de un campo conceptual amplio y muy complejo: hay que comprender cómo las interacciones producen intercambios de materia, energía e información, cómo la materia circula y permanece a lo largo de los diferentes ciclos biogeoquímicos, cómo lo que permanece es el átomo que circula (ciclos del carbono, del nitrógeno, del fósforo, etc.) y cómo varían las formas moleculares en las que aparece dicho átomo, cómo la energía también permanece aunque se transforme y degrade, cómo todo ello sucede simultáneamente en el micro, el meso y el macrocosmos y a una escala espacial planetaria. Así, en el estudio de un ciclo como el del carbono, nos encontramos con muy diferentes procesos (fotosíntesis, respiración, combustión, etc.) que ocurren a la vez en diferentes niveles de organización de la materia (desde el atómico al ecológico), escalas temporales que van desde milésimas de segundo a millones de años, escalas espaciales que abarcan hasta todo el planeta, distintos tipos de causalidad y diferentes lógicas en el comportamiento de los entes implicados (no se rige por los mismos principios organizacionales la respiración de un animal que la combustión en el motor de un coche), etc.

Por otro lado, y respecto a la estabilidad del ecosistema, es normal que encontremos que los argumentos de los alumnos la expliquen refiriéndose a razones exter-

ral en el que se plantea la actividad. Al respecto, hay abundantes ejemplos en los que se aprecia la fuerte influencia de la tarea y del contexto en las respuestas de los alumnos (García, 1995a):

- Si a los alumnos se les pregunta por las cosas que esperan encontrar en un pinar o en una charca, la propia pregunta condiciona el que la respuesta sea menos compleja que si en un debate se plantea que den ejemplos, en general, de elementos y de relaciones presentes en los ecosistemas.

- Cuando en un contexto de trabajo de laboratorio, en el que algunos alumnos están empleando microscopios y lupas binoculares para observar seres microscópicos presentes en el agua, se plantea qué elementos hay en una charca, los alumnos aluden a los microorganismos con una mayor frecuencia que si les pedimos que hagan una relación de los elementos que existen en un pinar.

- Si los alumnos están preocupados por mantener en funcionamiento una charca en un acuario, teniendo en cuenta unas condiciones ambientales adecuadas (suficiente luz, temperatura apropiada, aireación del agua, etc.), ello determina que en este caso presenten un mayor reconocimiento de los elementos del biotopo que en el caso del estudio de un pinar.

Hechas estas salvedades, creemos factible adelantar algunas recomendaciones para la intervención didáctica. En primer lugar, habría que procurar la integración de los tres enfoques tradicionales que aparecen en la didáctica de la ecología (García, 1995a):

- El enriquecimiento de la categorización que los alumnos hacen del entorno, con la descripción de los elementos y de las relaciones ecológicas presentes en ecosistemas concretos. De esta forma, la parcela de la realidad considerada "organizada" por el sujeto se incrementa, en la medida en que partes del medio que sólo

eran medio-escenario (el medio considerado como un lugar donde están las cosas y donde suceden determinados hechos) pasan a ser medio-aditivo (el medio como una suma de elementos). Este paso desde la concepción del medio como lugar a la del medio como suma de partes se ve facilitado por actividades de descripción y análisis de los elementos presentes en enclaves concretos: inventarios de elementos, agrupamiento de los elementos en categorías, elaboración de taxonomías cada vez más complejas, diferenciación de lo vivo y lo no vivo, descripción de relaciones sencillas, etc. La construcción de la idea del ecosistema como suma de elementos y como conjunto de relaciones simples se ve facilitada por el estudio de ciertas relaciones ecológicas muy evidentes para los sujetos (depredación, soporte, cobijo, defensa...), por el estudio de poblaciones (sobre todo distribución espacial, variaciones en el número de individuos, etc.) y por el estudio de las respuestas que tienen los seres vivos a determinados factores del medio (germinación y desarrollo de plantas, respuesta de animales a la luz, a la humedad, etc.), estudios que pueden compaginar el contacto directo con el medio socio-natural con el estudio del comportamiento de animales y plantas en el laboratorio, el uso de vídeos y diapositivas y de juegos de simulación. Evidentemente, se trata de un enfoque muy poco sistémico pero imprescindible para que los estudiantes reconozcan la diversidad de elementos y relaciones existentes en los ecosistemas.

- La aproximación más sistémica pero centrada en un ecosistema concreto, que no tiene por qué ser un ecosistema poco abarcable por los alumnos, sino ecosistemas más "accesibles", como un solar urbano abandonado, un huerto escolar o una charca. No se trata ya sólo de describir las partes componentes o algunas relaciones sencillas sino de entender cómo esos elementos y relaciones se integran en una or-

ganización más compleja, en una totalidad. En todo caso, se plantea el estudio del ecosistema como un proceso más bien inductivo, en el que el alumno a partir del contacto con el medio va construyendo progresivamente la noción de ecosistema en relación con una realidad investigada muy concreta.

- La aproximación sistémica más deductiva, en la que primero se presentan las características del ecosistema, para luego pasar a un estudio más pormenorizado de sus componentes y de su funcionamiento. Esta aproximación es la más frecuente en los centros escolares, a pesar de presentar un claro inconveniente: obliga al alumno desde un primer momento a trabajar un concepto de gran complejidad con muy poca familiarización previa con los conceptos ecológicos integrados en la noción de ecosistema, lo que lleva, en muchos casos a trivializar el concepto y a "traducirlo" en términos aditivos (ecosistema como la "suma" de la biocenosis y el biotopo).

Una integración de los tres enfoques supone trabajar contenidos relativos a la descripción de elementos y relaciones (primer enfoque), partiendo del estudio de un "ecosistema" muy concreto (segundo enfoque) para después trabajar la idea de ecosistema en general y aplicarla a diferentes medios (tercer enfoque).

En segundo lugar, habría que procurar la complementariedad entre la aproximación empírica a realidades concretas y el trabajo con materiales audiovisuales -en la medida en que los vídeos y diapositivas permiten acceder más fácilmente a relaciones ecológicas complejas y poco evidentes- y con juegos de simulación. Al respecto, hemos comprobado (García, 1995a) cómo determinados juegos ecológicos -por ejemplo, construir una malla de relaciones con cartas en las que se indican elementos de una red trófica y qué comen y por quién son comidos dichos elementos

(Murgades, 1986)- posibilitan el cuestionamiento de la organización del ecosistema como una cadena alimenticia, al facilitar la construcción de un modelo en el que se "visualiza" la red trófica. Evidentemente, el juego no debe sustituir al contacto con la realidad natural, pero lo cierto es que suministra un instrumento (un modelo gráfico) adecuado para comprender una realidad que no es directamente observable en los ecosistemas.

REFERENCIAS

- ADENIYI, E.O. (1985). Misconceptions of selected ecological concepts held by some Nigerian students. *Journal of Biological Education*, 19 (4), 311-316.
- ASTOLFI, J.P.; DROUIN, A.M. (1986). Milieu. *Aster*, 3, 73-110.
- BOSCHUIZEN, R.; BRINKMAN, F.G. (1991). A proposal for a teaching strategy based on preinstructional ideas of pupils. *Environmental education: The use of pupils' ideas about cycles of nature and health. European Journal of Teacher Education*, 14 (1), 45-56.
- CAREY, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge: M.I.T. Press.
- CAREY, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 41 (10), 1123-1130.
- CORREA, N.; CUBERO, R.; GARCIA, J.E. (1994). Construcción y desarrollo de nociones sobre el medio ambiente. En RODRIGO, M.J. (Ed.), *Contexto y desarrollo social*. Madrid: Síntesis.
- FERNANDEZ MANZANAL, R. (1993). *La ecología en la Educación Ambiental. Influencia del trabajo de campo en el aprendizaje de conceptos y relaciones de ecología en el Bachillerato*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Santiago de Compostela.
- GARCIA, J.E. (1994). El conocimiento escolar como un proceso evolutivo: aplicación al conocimiento de nociones ecológicas. *Investigación en la Escuela*, 23, 65-76.
- GARCIA, J.E. (1995a). *Epistemología de la Complejidad y enseñanza de la Ecología. El concepto de ecosistema en la Educación Secundaria*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Sevilla.