

Para la construcción en el aula de la noción de ecosistema se propone la integración didáctica de las aportaciones de la ecología (entendida como disciplina científica y como cosmovisión) con las concepciones de los alumnos y las alumnas. Dicha integración lleva a una hipótesis de progresión que articula y orienta el correspondiente proceso de investigación.

## Investigando el ecosistema

J. Eduardo García\*

Universidad de Sevilla

pp. 83-100

Tradicionalmente se formula el conocimiento ecológico escolar atendiendo a un único marco de referencia: la ecología entendida como una disciplina científica integrada en las ciencias biológicas. Desde mi punto de vista éste sería un enfoque reduccionista, que ignora el carácter complejo y singular del conocimiento escolar, al identificarlo con una forma simplificada del conocimiento científico. De ahí, la necesidad de realizar una *integración didáctica* (García, 1998) de diferentes referentes a la hora de formular los contenidos educativos, de cruzar las aportaciones de la ecología-disciplina con las de la ecología como cosmovisión, con los problemas ambientales, con las concepciones de los aprendices, con las ideologías y valores implicados; y todo ello enmarcado en una epistemología común, en un planteamiento metadisciplinar, filosófico, de corte sistémico y complejo (en la figura 1 que presentamos en la página siguiente esquematizamos dicha integración didáctica).

Se trata de ir más allá de la distinción, en el conocimiento escolar, entre problemas científicos y problemas cotidianos, mediante la propuesta de problemas que son cotidianos

en la medida en que nos afectan a nuestras vidas, pero que por su complejidad requieren, en su tratamiento, de la participación de otras formas de conocimiento (García, 2001). Los contenidos deben responder tanto a una perspectiva cultural –la ecología como conocimiento socialmente organizado– como a una perspectiva personal –las ideas ecológicas que tienen personas concretas–. Hay que manejar ambos criterios: seleccionar y formular los contenidos atendiendo tanto a las posibilidades de aprendizaje de las personas y a su mundo experiencial como a los conocimientos que nos aporta nuestra cultura –la ecología como disciplina científica y otros contenidos culturales relativos a la ecología como “saber ecológico social” (Acot, 1990)–. El cruce de estas perspectivas hay que situarlo, además, en una determinada opción filosófica e ideológica: una perspectiva metadisciplinar compleja y crítica que, desde una visión no reduccionista, caracteriza al conocimiento como sistemas de ideas en continua interacción, reorganización y coevolución; al mundo como un sistema de sistemas y al aula como un sistema social complejo y singular (García, 1998).

\* Departamento de Didáctica de las Ciencias. Facultad de Ciencias de la Educación. Avda. Ciudad Jardín, 22, 41005 Sevilla. Correo electrónico: jeduardo@us.es

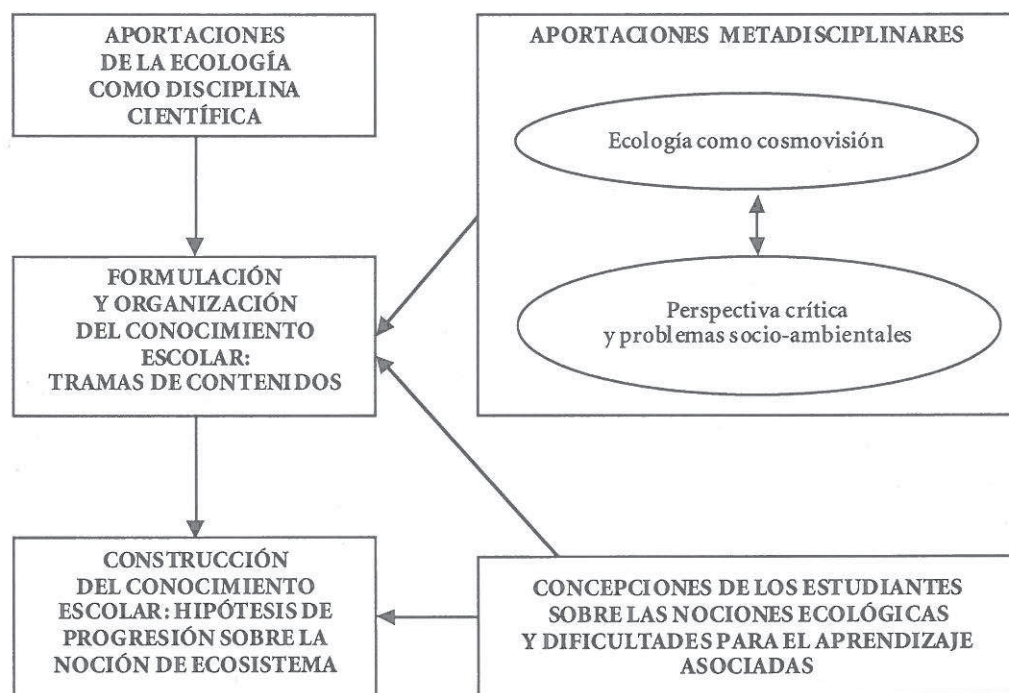


Figura 1. Integración didáctica referida a la noción de ecosistema

### ¿Qué ecología enseñar? La ecología como referente para la formulación y organización del conocimiento ecológico escolar

Para los expertos en didáctica de las ciencias, y para el propio profesorado, parece evidente que las aportaciones del conocimiento científico son un punto de referencia fundamental a la hora de formular los contenidos educativos. La ciencia constituye, por tanto, una fuente de información de primer orden que hay que incorporar al aula. Pero, por una parte, el conocimiento científico es un conocimiento relativo y cambiante y, por otra, dicho conocimiento no puede trasladarse tal cuál al aula. La relatividad del conocimiento es aún más patente en el caso de la ecología, ámbito muy abierto, en el que no hay un paradigma dominante y en el que es muy fuerte la interacción entre la ciencia y la sociedad. Como no es posible, en el contexto de este trabajo, analizar pormenorizadamente la naturaleza de los contenidos ecológicos y cómo dichos contenidos han evolucionado

históricamente, me limitaré a presentar mi propia perspectiva sobre qué nos aporta la ecología-disciplina a la formulación del conocimiento que queremos trabajar en el aula.

En la escuela tradicional las nociones ecológicas se presentan como un conjunto de dogmas. Los alumnos y las alumnas estudian el ecosistema o las relaciones ecológicas como conceptos cerrados, estáticos, con una única formulación posible. Además, al "simplificarse" la teoría ecológica, los conceptos quedan desvirtuados, carentes del sentido que tenían originalmente:

- Se describen detalladamente los diversos tipos de interacciones ecológicas, sin aclarar la propia noción de interacción, y lo que dicha noción supone a la hora de comprender la organización ecológica.

- Se dan unas definiciones estereotipadas y cerradas del concepto de ecosistema, presentándolo como un dogma, e ignorando el hecho de que es una noción aún controvertida, que los ecólogos entienden de muy variadas maneras.

- También se presenta el ecosistema como un "trozo" de naturaleza, sin entrar en la cues-



ción de sus límites ni en su carácter de organización compleja y dinámica.

– Se admite, sin más, que la población y la biocenosis son niveles de organización intermedios entre el organismo vivo y el ecosistema, obviándose todo el debate actual sobre las unidades de estudio en ecología.

– En el caso de la organización trófica del ecosistema se hace más hincapié en conceptos como los de cadena o pirámide trófica, que en nociones de mucha mayor potencia explicativa como es la de red trófica.

– En relación con el problema de la estabilidad se insiste en la idea de equilibrio, entendido casi siempre como un equilibrio referido a un óptimo, con el que se le atribuyen al ecosistema propiedades homeostáticas que son más propias de los organismos vivos.

– En un sentido similar se indica, sin matices, que los ecosistemas, mediante la sucesión ecológica, tienden a un estado climax preestablecido.

– Los ciclos de la naturaleza se presentan como ciclos muy rígidos y cerrados, enfoque muy reduccionista de la dinámica de la biosfera.

Pero esta forma de entender la ecología no tiene nada que ver con el proceso histórico de construcción del conocimiento ecológico. Precisamente, la ecología se desarrolla como disciplina científica diferenciada de otras disciplinas al mismo tiempo que el paradigma reduccionista y mecanicista propio de la ciencia clásica entra en crisis. Según la perspectiva *mecanicista* del mundo, el investigador pretende conocer las leyes que “están en la naturaleza” aplicando adecuadamente un “método científico” que se considera riguroso y objetivo. El *mecanicismo* adopta, para el estudio del mundo, un enfoque analítico, considerando que el conocimiento de las partes es suficiente para dar cuenta de las propiedades del todo, de forma que el objetivo básico de la ciencia es describir los elementos componentes de la realidad. El mecanicismo pretende separar, analizar, diseccionar, simplificar y reducir los objetos de estudio.

En contraposición, la ecología nos propone una perspectiva sistémica, “no mecanicista” (una revisión más pormenorizada de la ecología como ciencia sistémica se puede encontrar

en autores como McIntosh, 1985; Morin, 1987; Drouin, 1988; Acot, 1990; Deleage, 1993 o Golley, 1993): el trabajo con entes complejos, la búsqueda de una visión global del mundo, la integración del análisis con la síntesis. La historia de la ecología es un ejemplo claro de la transición desde un mundo de objetos a un mundo de sistemas. Transición no exenta de discusiones entre los propios ecólogos, de forma que nociones como la de ecosistema puede recibir múltiples definiciones según cada autor, e incluso ser rechazado como concepto central de la ecología por parte de algunos autores. También se discute la reducción de la ecología a una mera disciplina biológica. La ecología sería, desde esta perspectiva, un campo interdisciplinar, que no se puede reducir ni a la física ni a la biología, un posible “puente” entre lo social y lo natural.

Por tanto, *la ecología aporta al conocimiento escolar una visión compleja de la ciencia*. Esta visión de la ecología, como una ciencia abierta, compleja y multidimensional, en la que aún no existe un paradigma claramente asumido por todos los miembros de la comunidad científica correspondiente, es la que debería estar presente en la formulación de los contenidos educativos. Es decir, en la escuela habría que considerar:

– El carácter relativo y abierto del conocimiento ecológico, evitando presentar las nociones ecológicas como verdades absolutas, como un conocimiento cerrado y acabado.

– La fuerte imbricación de lo ecológico con lo social, en un doble sentido, la presencia de lo social en el objeto de estudio ecológico y la popularización y extensión de lo ecológico al ámbito social. En ese sentido, el estudio de las nociones ecológicas debe ir asociado al tratamiento de los problemas ambientales y de los conflictos sociales.

– Que los conceptos ecológicos aparecen históricamente en un proceso de síntesis, en el que los ecólogos integran aportaciones –que se refieren a parcelas del mundo accesibles por métodos analíticos– procedentes de muy diversas fuentes; proceso que debe reproducirse de alguna manera en la escuela, evitando presentar conceptos tan complejos como el de ecosistema de manera trivial, aludiendo a meros aspectos perceptibles –cuando ves un bosque es-



tás viendo un ecosistema— o dando una versión reduccionista y aditiva del concepto —el ecosistema es todo lo que hay en un lugar, es decir, la biocenosis más el biotopo—.

La ecología es una ciencia que no se origina por diferenciación de disciplinas preexistentes, sino en la intersección entre distintos campos del saber. La visión global que adopta la ecología ha supuesto, quizás más que en ninguna otra disciplina científica, la selección, reformulación e integración de ideas preexistentes en muy diversos campos del saber, tanto de la biología (zoología, botánica, fisiología, geobotánica), como de la geología, la física, la química, o las ciencias sociales, de forma que el objeto de estudio ecológico se “ha ido construyendo” a partir de los datos procedentes de estudios relativos a los distintos niveles de organización de la materia, con lo que la ecología aparece no como una rama que emerge del árbol del conocimiento, sino como un conjunto de raíces diferentes que se funden en un tronco común, intersección en la que se produce un doble proceso: de integración de nociones y de diferenciación, a partir de dicha integración, de conceptos nuevos. En concreto, en la construcción del conocimiento ecológico son relevantes tres procesos de integración-diferenciación que deben tenerse en cuenta en la formulación de los contenidos educativos.

1. *La integración sucesiva de elementos de la realidad pertenecientes al mesocosmos —la realidad que percibimos directamente— tradicionalmente disociados (animal-planta, vivo-no vivo, medio acuático-medio terrestre, historia natural-fisiología, humano-natural) que lleva a la emergencia de conceptos como los de biocenosis o ecosistema.* La ecología se origina históricamente en una primera integración: las poblaciones de plantas y animales se consideran conjuntamente (el concepto de biocenosis). Más tarde se relaciona lo vivo con lo no vivo (el concepto de ecosistema). Por último, se comienza a estudiar la interdependencia entre lo natural y lo social (la biosfera como eco-socio-sistema planetario). De ahí que no tenga sentido estudiar por separado en la escuela las plantas y los animales, el medio acuático y el terrestre, lo vivo y lo no vivo, la naturaleza “salvaje” y el medio humanizado.

2. *La integración, en el concepto de ecosistema (macrocosmos), de las aportaciones del estudio del mesocosmos (de las poblaciones de plantas y de animales, de los elementos del biotopo, de las relaciones entre los organismos vivos entre sí y con el medio abiótico) y del microcosmos (conceptos propios de los niveles físico-químicos).* La ecología integra, en su objeto de estudio, aportaciones teóricas referidas a los diferentes niveles de organización de la naturaleza, de forma que en un mismo contexto teórico aparecen conceptos referidos a átomos, moléculas, seres vivos o poblaciones. Desde esta perspectiva, es muy importante trabajar en la escuela la idea de que cualquier hecho puede verse, simultáneamente, desde tres perspectivas diferentes, la del meso, micro y macrocosmos. Así, el consumo de un alimento por un ser humano podría considerarse como un hecho del macrocosmos (circulación de materia y flujo de energía en la biosfera, relaciones sociales implicadas en dicha circulación, nicho ecológico que ocupa el ser humano en el ecosistema, etc.); del mesocosmos (comportamiento de alimentación, relaciones alimenticias con otras especies, dieta del ser humano, costumbres sociales relativas a la alimentación...) y del microcosmos (aspectos metabólicos de la alimentación). La ecología se ubica, así, en la intersección del meso, macro y microcosmos; de lo físico, lo biológico y lo social.

La comprensión de la *organización ecológica* exige ir más allá de la tradicional actividad escolar de enumerar largas listas de seres y de relaciones. Es decir, hay que comprender la relación ecológica como una interacción que configura el ecosistema. Adoptar, pues, un enfoque sistémico, en el que el mundo no se vea como una suma de componentes, sino como una totalidad en la que todo depende de todo.

En el mismo sentido, hay que estudiar la diversidad (de seres, de relaciones, de medios...) asociada a la unidad, y entender que tras esa enorme variedad de paisajes y de seres, ese aparente caos de individuos que luchan, compiten o cooperan, hay unas regularidades propias de la organización ecológica: una circulación de materiales y un flujo de energía característicos la red trófica, o la permanencia de la red en el cambio.

También hay que comprender que cuando modelizamos el ecosistema como una red, se tra-



ta de una red dinámica. Por una parte, la organización ecosistémica no es estática, el ecosistema está en una continua reorganización, en la que evolucionan, conjuntamente, lo vivo y lo no vivo, lo natural y lo social. Por otra, la estructura y el funcionamiento del ecosistema son dos aspectos de una misma realidad (¡cuántas veces se insiste en la escuela en disociar la estructura de la función!). Describir la organización del ecosistema como una “red de nudos” supone “parar” la película en un fotograma concreto, pues la red es flexible y cambiante—las relaciones ecológicas son un continuo intercambio de materia, energía e información, los “nudos” (nichos ecológicos) pueden aparecer o desaparecer, estar ocupados por unas especies u otras—.

3. *La utilización, e integración, de modelos analógicos, procedentes de otros campos del saber (modelos mecánicos, orgánicos o sociales) que sirven para generar las conceptualizaciones propias de la ecología.* Así, por ejemplo, la construcción en la escuela de ideas tan complejas como la de la organización trófica del ecosistema, se facilita mediante el trabajo con modelos progresivamente más complejos (por ejemplo, la transición desde el modelo de “cadena alimenticia rígida” al modelo de “red flexible”).

### La ecología como cosmovisión

En nuestra cultura, cuando se habla de ecología, se utilizan dos significados del término: como movimiento social—ecologismo— o como disciplina biológica—la ecología ciencia—. Me voy a referir a un tercer significado, que integra a los dos anteriores y los amplía: la ecología como sistema de pensamiento, como cosmovisión, planteamiento que creo el más adecuado para determinar los contenidos educativos.

El interés por lo ambiental ha sido una constante en toda la historia de la humanidad, de forma que desde siempre ha existido en las culturas humanas un “saber ecológico” (Acot, 1990). Este autor, distingue así entre ecología, como conocimiento científico, y el “saber ecológico” social como el conocimiento ecológico presente en el conocimiento cotidiano y en las prácticas sociales. En la actualidad, el “saber ecológico” se configura como un conocimiento social originado en la in-

teracción entre la ciencia ecológica y la cultura de nuestra sociedad, más amplio que el conocimiento práctico cotidiano, pues integra, aspectos científicos, tecnológicos, filosóficos e ideológicos. Esta distinción es importante en la medida en que no están bien delimitadas las fronteras entre la ecología-ciencia y la ecología como un conocimiento social más general, como una cosmovisión. De hecho, la ecología se ha identificado en numerosas ocasiones más como un “modo de pensar” o como una cierta manera de enfrentar los problemas ambientales, que como una disciplina científica. El mismo Acot (1990), plantea que la historia de la ecología no se puede separar de la historia de las ideologías referidas a la relación entre la humanidad y el medio, ni de una reflexión más general sobre la naturaleza del ser humano.

En el caso de la ecología es especialmente evidente la relación ciencia-tecnología-sociedad. Los fuertes cambios ambientales y sociales producidos en los siglos XIX y XX han influido decisivamente en la aparición de la teoría ecológica, dada la necesidad de encontrar un orden y una regularidad en el aparente caos de la naturaleza, diferente al determinismo mítico-religioso hasta entonces predominante. Pero, a su vez, la teoría ecológica ha influido fuertemente en la visión social de la naturaleza, sobre todo a partir del desencadenamiento de la crisis ambiental. No resulta posible, pues, entender la historia de la ecología si sólo se tiene en cuenta la dinámica propia de las ideas de esta ciencia, pues han intervenido influencias sociales y culturales muy amplias. Tampoco la historia de la gestión ambiental, del ambientalismo y del ecologismo sin la aportación de la ecología-ciencia.

La evolución del pensamiento ecológico no es ajena al hecho de que los fenómenos sociales y económicos están hoy en día interconectados a escala planetaria. Es decir, responden a unas nuevas demandas sociales, que requieren enfoques científico-tecnológicos globales para resolver problemas ambientales que también son globales. Evidentemente, hablamos de globalización, pero de una globalización más amplia y compleja que la mera internacionalización de los principios del neoliberalismo, de la economía de mercado actual, y de la *cultura de la superficialidad* (García, 2002a) a ellos asociada.



La cosmovisión ecológica supone, en relación con la formulación de los contenidos, dar entrada al conocimiento metadisciplinar y a la perspectiva ideológica crítica. Se plantea, pues, una *ecología global*, referida a entidades ambientales complejas —el planeta sería un *eco-socio-sistema*—, que vinculan naturaleza y cultura. Vínculo que comporta una interacción: la influencia de la organización social en la naturaleza, por una parte, y de la organización natural en la social por otra. También implica una toma de conciencia global sobre el lugar del hombre en la naturaleza y sobre el papel a desempeñar por los individuos y los grupos sociales en las relaciones con el entorno y entre los propios humanos, así como una nueva manera, un nuevo marco epistemológico, en el que situar la investigación científica y la intervención tecnológica. En concreto, la ecología global aporta:

– La visión sistémica (presentada en el apartado precedente).

– Un *multiperspectivismo*. El conocimiento de la realidad se vuelve más relativo y complejo. Un hecho es, a la vez, local y global, pues todo está en interacción en el sistema planetario (un coche japonés que se compra en un concesionario español, los atentados terroristas del 11 de septiembre del 2001 que siendo un acto puntual modifican la política mundial, la crisis económica que ocurre en un determinado país y que determina un reajuste de la economía global, la catástrofe ecológica del Prestige que afecta a puntos muy distantes del lugar del hundimiento del barco, etc.) y no hay compartimentos estancos. Además, todo ocurre simultáneamente en el meso, micro y macrocosmos, de forma que un mismo fenómeno lo podemos interpretar en clave de interacciones físico-químicas, biológicas o sociales. Más aún, un hecho puede verse desde una perspectiva antropocéntrica (la contaminación destruye los ecosistemas) o biocéntrica (la contaminación supone una cierta reorganización de los ecosistemas).

– Una concepción de los problemas del mundo como *problemas socio-ambientales*. Frente al tratamiento parcial de los problemas sociales y ambientales se propone un tratamiento de los problemas con toda su complejidad, considerando las múltiples interacciones presentes y sabiendo que no hay soluciones únicas a dichos problemas y que se trata, en to-

do caso, de generar cambios a largo plazo. No basta, además, con describir el problema (qué ocurre, cómo ocurre, dónde, cuándo, qué consecuencias tiene...), ni con indagar sobre sus causas (por qué existe el problema, quiénes son responsables...), sino que el tratamiento del problema debe llevar al compromiso y a la acción. Acción entendida como actuación a corto plazo (por ejemplo, disminuir el impacto de la “marea negra” en un ecosistema concreto) y a largo plazo (promover cambios sociales que eviten la repetición del problema en cuestión).

– La consideración de los cambios que ocurren en nuestro planeta como *cambios evolutivos*. Evolución en la que una parte no determina a otra, sino que se determinan mutuamente (evolución conjunta de lo vivo y lo no vivo, lo natural y lo social).

– La *vinculación de lo personal con lo planetario*. El tratamiento de los problemas del mundo es indisoluble del propio desarrollo personal. La relación persona-planeta es esencial a la hora de promover cambios en la relación con el medio: no se puede promover una conciencia planetaria ni cambios sociales profundos sin que haya el correspondiente desarrollo de las potencialidades del individuo.

Esta breve revisión del papel que desempeña el pensamiento ecológico —la integración de la ecología disciplina con el saber ecológico social— en la formulación del conocimiento escolar posibilita la elaboración de tramas de contenidos que definen el *conocimiento escolar deseable* (un ejemplo de trama referida al conocimiento deseable aparece en la figura 2), es decir, el nivel de formulación de los contenidos ecológicos de referencia para la actividad educativa, tramas que funcionan como un “mapa general” en el que se pueden establecer diferentes itinerarios didácticos.

### **La construcción del conocimiento ecológico en la escuela: la investigación escolar como tratamiento de problemas**

Para decidir qué itinerario didáctico es más adecuado no basta con tener una cierta idea del *qué enseñar*, del conocimiento escolar deseable,



necesitamos, además, un modelo de intervención que integre el conocimiento ecológico generado socialmente con las concepciones concretas de nuestros alumnos. Dado un cierto conocimiento escolar deseable la pregunta es ¿qué elementos y procesos hay que poner en juego para facilitar el cambio de los sistemas de ideas de alumnos y alumnas en el caso de los contenidos en cuestión? La respuesta a esta pregunta debe plasmarse en una determinada propuesta de “cómo hacer las cosas”, en una serie de pautas sobre cómo utilizar didácticamente las ideas de los alumnos, sobre cómo motivarlos, sobre cómo organizar las interacciones comunicativas en el aula, sobre qué recursos utilizar y cómo utilizarlos, etc. (García, 1998 y 2002b); es decir, en un cierto planteamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje, que en nuestro caso se trata de un modelo sobre la *construcción del conocimiento ecológico mediante la investigación del alumno*.

Frente a las propuestas metodológicas tradicionales por transmisión-recepción (en las que no hay problema explícito y se estudian directamente las respuestas a los problemas: se define directamente lo que es un ecosistema y luego se dan ejemplos concretos), o las inductivistas (las respuestas están en la realidad y se trata de encontrarlas allí: el contacto con el medio supone, sin más, “descubrir” el concepto de ecosistema) las metodologías didácticas basadas en la investigación del alumno plantean que la secuencia de enseñanza-aprendizaje debe organizarse en torno al planteamiento y tratamiento de problemas, tratamiento que determina la movilización y el cambio de las ideas de los aprendices, en la medida en que las respuestas no vienen dadas de antemano, sino que deben ser construidas por los propios aprendices.

De acuerdo con lo expuesto en el apartado precedente, los problemas a investigar deben ser problemas que integren las aportaciones de la ecología-disciplina con la cosmovisión ecológica más general. Al respecto, lo importante es la interacción e integración de los problemas científicos con los socio-ambientales, más que sean unos u otros problemas el punto de partida del proceso investigativo –una argumentación más extensa sobre esta cuestión se puede encontrar en García (2001)–.

En todo caso, se trata siempre de trabajar problemas escolares más que problemas científicos, es decir, problemas que se generan en un escenario social concreto (la escuela) diferente al escenario propio de la comunidad científica, con unos determinados actores (profesores y alumnos), con unos ciertos fines, contenidos y tareas que suponen un aprendizaje dirigido a la socialización de los alumnos en unas determinadas pautas culturales. Por tanto, la actividad de investigación no sería un proceso estrictamente científico, propio de ecólogos, sino un proceso de construcción guiada en el que, mediante el tratamiento de problemas, se favorece la comprensión de los ecosistemas mediante el contraste de puntos de vista, la utilización de diferentes recursos didácticos, la construcción conjunta del conocimiento (aquí el profesor no es el experto que tiene todas las respuestas, aprende conjuntamente con los alumnos); y en el que cada recorrido es singular y abierto: hay diversos itinerarios y aunque tengamos unas determinadas hipótesis sobre la posible construcción de conocimientos –las *hipótesis de progresión* (García, 1997, 1998 y 1999)– hay diferentes formas de aprender, y no podemos fijar ni cerrar de antemano si los alumnos aprenderán unas cosas u otras.

Los problemas de la ecología escolar están en la intersección del *qué* y del *cómo enseñar*, actúan como auténticos ejes dinamizadores de los procesos de enseñanza-aprendizaje, organizando los contenidos y articulando la metodología. Son los problemas los que llevan a la movilización de las concepciones de los alumnos, los que propician una actividad intelectual creativa, dirigida a buscar una solución que no es evidente a priori, y que implica tanto al conocimiento científico como al cotidiano (García, 2001 y 2002b).

Pero si queremos ajustar adecuadamente nuestra enseñanza a la evolución de las ideas de alumnos y alumnas resulta imprescindible que los problemas tengan una formulación abierta. No podemos investigar el ecosistema partiendo de una pregunta del tipo ¿qué es un ecosistema?, pregunta que cerraría inmediatamente el proceso, pues sólo posibilita la tradicional definición académica. Debemos, pues, “llegar” a dicha pregunta en un largo proceso en el que los problemas cambian y se reformulan, se fun-



den unos en otros o se diversifican en problemas nuevos. Un problema cerrado, una secuencia de pasos rígida, impide el proceso de construir, entre todos, las respuestas. Hay que programar una secuencia de actividades de carácter flexible, que posibilite los avances y los retrocesos, ajustando la intervención educativa, en definitiva, a la evolución conjunta de los problemas y de las ideas de los alumnos relativos a dichos problemas.

En todo caso, habría algunas pautas que siempre aparecen en cualquier momento del proceso de investigación: la explicitación e intercambio de las ideas de los alumnos, la reformulación continua del problema, la evaluación del proceso, la transferencia de conocimientos. Estas pautas se pueden concretar en diferentes itinerarios y ciclos metodológicos. Un ejemplo de un posible ciclo metodológico sería: planteamiento del problema, primer tratamiento desde las ideas de los alumnos y búsqueda de información nueva, segundo tratamiento desde el contraste con la información nueva, recapitulación final y aplicación a nuevas situaciones lo que lleva al planteamiento de un nuevo problema. Sin embargo, a veces, cuando se realiza una primera aproximación al problema aparecen nuevos problemas y diferentes bifurcaciones en el proceso de investigación. Por tanto, más que un desarrollo lineal y mecánico de la resolución del problema, suele haber una gran diversidad de posibles itinerarios y de maneras de organizar y secuencias las actividades, en función del tipo de problema, de los participantes, de la dinámica de interacción, etc.

Las primeras actividades de clase deben crear un contexto adecuado para que se genere el problema. Actividades que deben posibilitar que el alumno encuentre sentido a lo que está haciendo, que aquello sea significativo para él, que le motive, y que tengan la potencialidad para desencadenar un proceso que desemboque, en definitiva, en la construcción de conocimientos ecológicos. Incluso no tiene que haber una formulación inicial del problema, éste puede estar implícito en experiencias de contacto con el medio abiertas y poco organizadas (exploración perceptiva del mundo, juegos de dinamización...). Por ejemplo, una excursión al

campo, sin objetivos muy cerrados ni predeterminados, puede motivar mucho a los alumnos, y servir de fuente de problemas a trabajar posteriormente. En definitiva, se trata de negociar el problema, de definirlo gradualmente entre todos los participantes.

Si queremos “engancharnos” e implicar al alumno en la investigación debemos partir por tanto de planteamientos sencillos (próximos a la experiencia cotidiana de los alumnos) para aproximarnos progresivamente a planteamientos en los que se puede dar entrada a conocimientos más complejos. Por eso, en las actividades iniciales, hay que tener especial cuidado en no cerrar prematuramente el proceso de investigación y en conectar con las ideas e intereses de alumnos y alumnas, planteando problemas asequibles al alumno, concretos y prácticos, muy cercanos a su vida cotidiana, que puedan ser fácilmente asumidos por éste. Así, antes de iniciar el estudio de una charca como ejemplo de ecosistema, podemos trabajar con el alumnado cuestiones como las siguientes: ¿qué se necesita para tener una charca en un acuario de forma que se parezca y funcione como si fuera una charca “de verdad”?; ¿cómo pensáis que es una charca y cómo creéis que funciona?; ¿qué esperáis encontrar en la charca?; ¿qué debemos tener en nuestros acuarios, qué debemos recolectar en la charca? ¿cómo notaremos si la charca está contaminada? Además, también se pueden plantear problemas procedimentales: cómo realizar la observación de la charca, la recolección de los materiales o la medición de diferentes factores abióticos (temperatura, profundidad de la charca, etc.), qué instrumentos a utilizar para la observación y recolección, etc. Y desde luego no plantear, de entrada, problemas del tipo ¿es un ecosistema la charca? ¿cómo se define la contaminación del agua?, pues tales problemas exigen formular los contenidos ecológicos en un nivel de complejidad inasequible para el alumno en un momento inicial.

Es decir, hay que programar unas actividades iniciales de exploración del ecosistema ligadas a la resolución de problemas muy concretos, más “simples”, que faciliten la extensión del campo de intereses del alumno y que ayuden a establecer una conexión entre el aprendizaje es-



pontáneo y el dirigido, conexión imprescindible para que se pueda iniciar un proceso de investigación realmente asumido por el alumno. Los alumnos y las alumnas deben realizar actividades ligadas al estudio de objetos y eventos muy cotidianos y/o de relaciones ecológicas sencillas, acotar y trabajar aspectos parciales de la compleja organización ecológica. No se debe empezar por estudiar relaciones poco accesibles, sino casos en los que se pueda apreciar con más facilidad algunas interacciones ecológicas: por ejemplo, qué relaciones hay entre la tierra, el agua, las plantas cultivadas, las “malas hierbas” y los insectos en un huerto escolar. O entre los seres humanos, el ganado y las plantas de una dehesa. O las relaciones que se dan en el propio medio escolar. Lo importante es la implicación intelectual y afectiva del alumno con la temática en cuestión —el alumno trabaja “su” huerto, “su” acuario, “su” barrio, “su” colegio—.

Evidentemente, la construcción del conocimiento ecológico escolar exige la reformulación y “complejización” de esos problemas iniciales. La mera observación, sin más, de un acuario-charca no posibilita la construcción de la noción de red trófica. Es necesario, a lo largo de todo el proceso de investigación, que los problemas evolucionen, que se hagan más complejos. Pero tal “complejización” solo es posible alternando los problemas más concretos y contextualizados con los más generales y descontextualizados, en un “ir y venir” continuo entre lo próximo, evidente y concreto y lo general, menos evidente y lejano.

Si estamos debatiendo en clase el problema de las relaciones tróficas conviene iniciar su estudio investigando las dietas de seres vivos concretos y conocidos. Por ejemplo ¿qué comemos nosotros?, ¿qué comen nuestros animales de compañía?, ¿qué comen otros animales próximos a nuestra experiencia cotidiana? A lo largo de la investigación, éstos problemas iniciales dan lugar a otros problemas más complejos: ¿se pueden relacionar unos seres vivos con otros a través del análisis de sus dietas? ¿dependen unos seres vivos de otros para vivir? ¿de qué se alimentan las plantas, que como se ve no se comen a otros seres vivos? ¿cómo y por qué se

descomponen unos restos de comida que dejamos en el interior de un bote?

Unos problemas, por tanto, sirven para iniciar procesos abiertos de investigación (¿cómo construir un acuario-charca? ¿qué comen las pulgas de agua del acuario-charca? ¿por qué el agua se llena de verdina? ¿por qué salen burbujas de aire junto a las plantas del acuario?); otros problemas sirven para dar continuidad a procesos de reflexión iniciados con problemas iniciales muy abiertos (por ejemplo, cuestionar respuestas de los alumnos a problemas iniciales del tipo ¿qué hay que traer de una charca para que nuestro acuario funcione como tal charca? con preguntas como ¿creéis necesario traerlo todo? ¿qué es lo imprescindible?); y por último, otros problemas sirven para complejizar y diversificar las respuestas de los alumnos (...si en la charca hemos visto que unos seres vivos se alimentan de otros, formando una red trófica ¿habrá también una red trófica en un pinar?).

El tratamiento de los problemas supone emplear estrategias concretas como explicar, encontrar evidencias y ejemplos, generalizar, aplicar, establecer analogías, reinterpretar, etc. En concreto, la comprensión del problema debe combinar y complementar procesos de análisis y síntesis. Así, por ejemplo, la comprensión del concepto de red trófica exige un primer momento de análisis y caracterización de elementos y relaciones sencillas (¿qué ocurre entre las plantas cultivadas y las “malas hierbas” del huerto? ¿por qué las “malas hierbas” terminan “ahogando” las plantas cultivadas? ¿por qué las “malas hierbas” resisten mejor las épocas de sequía que las plantas cultivadas?). Luego hay que tratar de comprender el sistema en su conjunto (síntesis) comparando los casos concretos estudiados y generalizando los conceptos (comparar la red trófica “elaborada” en la charca con la del huerto o con la de un pinar, y entender que en todos los casos hay una organización ecológica con las mismas propiedades). Si describimos una charca y luego un pinar ya podemos plantear un problema más complejo del tipo ¿qué tienen en común la charca y el pinar?

El bucle recurrente análisis-síntesis nos permite llegar desde una visión de la realidad



aditiva –el ecosistema como suma de elementos y relaciones– a su comprensión como un sistema coherente, en el que apreciamos los elementos y las relaciones organizados de una cierta manera.

En la enseñanza tradicional de la ecología se ignora, con frecuencia, la interrelación entre el análisis y la síntesis, de forma que se obvia una de las dos operaciones. En unos casos, se desmenuza la realidad sin que los alumnos y alumnas tengan oportunidad de ensamblar, ellos mismos, el puzzle. En otros, los más frecuentes, se presenta el puzzle ya organizado, con la idea, ingenua, de que así posibilitamos la comprensión de los alumnos. Tan inadecuado es presentar un concepto complejo como el de ecosistema directamente (para el alumno será una definición muy abstracta sin conexión alguna con lo concreto) como presentar sólo sus elementos y relaciones componentes y esperar que sean los alumnos quiénes construyan el concepto. Más bien habría que analizar aspectos concretos del ecosistema (las dietas de especies representativas de diferentes nichos ecológicos; relaciones tróficas sencillas binarias, ternarias o binarias encadenadas; cómo influyen determinados factores abióticos en algunas especies; etc.) para hacer luego una síntesis parcial, que nos lleva a nuevos análisis, y así sucesivamente. En todo caso, presentar el concepto, sin más, elimina cualquier posibilidad de que los alumnos construyan su propia respuesta al problema.

Para comprender la organización ecológica no basta con analizar y sintetizar: se requieren modelos que permitan esquematizar y “visualizar” realidades tan complejas como el caso de la red trófica o la circulación de materia y el flujo de energía en nuestro planeta. Al respecto, tal como veremos en el siguiente apartado, los alumnos deben elaborar hipótesis y conjeturas de todo tipo, que luego habrá que validar negociando datos y argumentos. Los procesos de construcción de significados no son azarosos: la descripción del mundo no es neutra ni arbitraria, está guiada por conjeturas, por suposiciones, por anticipaciones provisionales de posibles respuestas al problema planteado, por modelos, en definitiva.

### **La construcción del conocimiento ecológico en la escuela: la explicitación, movilización y reorganización de las ideas y experiencias de alumnos y alumnas**

El trabajo con modelos exige una fuerte implicación de las personas en el proceso de aprendizaje, de ahí la relevancia de movilizar las ideas de los alumnos y las alumnas. Resulta fundamental que éstos elaboren respuestas provisionales al problema planteado. Y no vale el argumento de que los alumnos no tienen ideas sobre muchas cosas o que sus ideas son arbitrarias, pues, aunque sean tácitas o vagas o poco organizadas, son argumentos indispensables en el tratamiento de los problemas. No se trata tanto de definir unos momentos metodológicos como entender la investigación como un proceso de construcción conjunta, de negociación de significados, en el que son elementos claves la explicitación y el intercambio de ideas en relación con el problema y con las informaciones puestas en juego.

La investigación no es un proceso de razonamiento mecánico y lineal, sino que tiene que dar cabida a la creatividad y a la inventiva de los alumnos. Además, los modelos se desarrollan y evolucionan en el mismo proceso de investigación, por lo que no es suficiente explorar lo que los alumnos piensan antes del tratamiento del problema. Es, precisamente, la existencia del problema, lo que determina el esfuerzo de unir ideas inconexas en forma de un todo más organizado que es el modelo. La situación-problema es la que lleva a la interacción entre los sistemas de ideas presentes en los alumnos –eso sí, más o menos explícitos, más o menos coherentes, más o menos generales– y a la explicitación y el cambio de los modelos.

El alumno es, por tanto, un *agente activo del aprendizaje*, lo que supone apostar decididamente por su protagonismo constante en el proceso de investigación. Debe implicarse en el planteamiento del problema, en la elaboración de estrategias de resolución, en la aplicación de las mismas, etc. Las ideas de los alumnos se reorganizan a lo largo del proceso, pues en todo momento la situación de aprendizaje debe servir para movilizar y contrastar dichas ideas.



Al respecto, hay que insistir en la complementariedad de la acción y la reflexión. La manipulación del medio sin reflexión no garantiza un aprendizaje significativo. De poco sirve que un grupo de alumnos prepare y observe un huerto escolar si se limitan a hacer cosas porque sí, sin una movilización de sus modelos.

Tal movilización exige una fuerte implicación del alumno. Desde este enfoque, las concepciones de los alumnos y las alumnas deben considerarse como:

1. *Una información útil tanto al profesor como, sobre todo, para los propios alumnos.* A lo largo de todo el proceso de investigación el alumno debe saber qué hace y por qué lo hace. Para que los alumnos construyan nuevos conocimientos, es necesario que sean conscientes de sus propias ideas y para ello necesitan, en primer lugar, hacerlas manifiestas. El hecho de que el profesor tenga en cuenta las ideas de sus alumnos para la delimitación de los objetivos que quiere conseguir, la organización de los contenidos que pretende trabajar, el diseño metodológico, etc., es esencial para la enseñanza; el hecho de que, además, el alumno “tome conciencia”, discuta y reflexione sobre sus propias ideas es esencial para el aprendizaje. El alumno debe asumir, además, de forma progresiva el control, de manera que la investigación sea, cada vez más, su investigación. En definitiva, en todas las actividades debe haber procesos metacognitivos y de evaluación, en los que se ponen en juego las concepciones de los alumnos.

2. *Momentos diferentes en la evolución de su conocimiento, y no como conocimientos “erróneos” a sustituir por la “verdad” científica.* No hay una única respuesta a los problemas ecológicos, no hay modelos absolutos. Los conocimientos ecológicos son “verdades” relativas, que se legitiman en la interacción, la integración de perspectivas, la convergencia y complementariedad de los argumentos. De ahí el valor de la diversidad y de los procesos de negociación de significados. No se trata, pues, de explorar inicialmente lo que los alumnos y las alumnas piensan para ver como cuestionar sus conocimientos, sino de facilitar una continua explicitación y discusión de sus ideas, para hacerlas evolucionar, bien mediante reestructuraciones graduales y progresivas, bien

mediante conflictos más acusados que determinen cambios más profundos. Por tanto, en cada momento, y no sólo al principio del proceso de investigación, debe haber explicitación y contraste de ideas. Es por ello por lo que el ajuste de la intervención del profesor a los conocimientos del aprendiz ha de ser un proceso permanente y no una actuación puntual.

3. *El resultado de un proceso de construcción conjunta del conocimiento.* La investigación es tanto un proceso individual como colectivo. Los modelos ecológicos se debaten y consensuan, en la interacción y el intercambio entre los participantes, en la argumentación, en el contraste de opiniones y en la negociación de los significados. La ecología escolar no sería el resultado de la imposición de unas ideas, sino el producto de la construcción de argumentos y justificaciones, de escuchar las ideas de los compañeros, de descubrir puntos de similitud y diferencias con las propias ideas, etc.

Tal consideración de las ideas de los alumnos tiene evidentes consecuencias para la enseñanza de la ecología. Aunque sea indudable el peso de la experiencia empírica, los datos que la misma aporta tienen sentido en la medida en que haya una adecuada reflexión personal y colectiva. Es en la elaboración personal de los datos y en la discusión con los compañeros, cuando más se movilizan y cuestionan las ideas y se ponen en juego dichos datos. Es decir, las actividades que aportan información empírica al proceso de investigación serán más eficaces en la medida en que dicha información se maneje luego en los debates y, sobre todo si, como suele ser lo habitual, la intervención del profesor o la profesora como facilitador-a de la construcción del conocimiento se concentra, básicamente, en estos momentos.

De ahí que el trabajo de laboratorio y de campo deba complementarse con la realización de actividades de clase que posibiliten la manifestación de diversas perspectivas, su puesta en común, y la búsqueda de acuerdos, así como la clarificación de valores y el contacto con otras versiones de la realidad diferentes a las presentes en la clase. Ejemplos de actividades de este tipo serían las puestas en común (en el grupo-clase y en pequeños grupos de trabajo); los juegos de



simulación; los encuentros con personas o grupos externos al aula relacionados con la temática ambiental; o la planificación, realización y evaluación de acciones proambientales concretas.

Siendo esto así, no hay que olvidar que si queremos una negociación de significados seria y rigurosa, hay que basarla en argumentos razonados y apoyados en datos. Para evitar el “todo vale” se necesita de la argumentación, la comprobación, la verificación. Al respecto, no debemos olvidar nunca que se trata de un proceso “guiado”, que *debemos ser coherentes con los fines perseguidos*. No se trata sólo de constatar qué ideas tienen los alumnos sobre las nociones ecológicas, sino de movilizarlas, para facilitar su cambio en el sentido del conocimiento ecológico deseable. Las creencias ecológicas del alumnado son valiosas como punto de partida, pero no deben considerarse intrínsecamente valiosas por el hecho de ser “espontáneas”. No deben ser incuestionables, sobre todo si pensamos que responden a una cultura dominante muy alejada de los planteamientos de la cosmovisión ecológica. De ahí la necesidad de contar con una hipótesis de progresión que oriente nuestra intervención en el sentido de aproximar el pensamiento del alumno al conocimiento ecológico deseable.

94

### Una hipótesis de progresión para la noción de ecosistema

Si la construcción del concepto de ecosistema debe ser un proceso gradual y progresivo, ajustado a la evolución de las ideas de alumnos y alumnas, necesitamos de un instrumento didáctico apropiado para guiar la intervención: una *hipótesis relativa a la posible progresión de las ideas de los alumnos en la construcción del conocimiento ecológico y a las dificultades de aprendizaje que pueden surgir en el proceso, progresión que supone una visión relativa del conocimiento, en la que, para cada contenido concreto, se reconocen diversos niveles de formulación posibles*. Habría niveles de formulación diferentes tanto en las concepciones de los alumnos como en la transición hacia el conocimiento deseable que programa el profesor. Ambos enfoques son complementarios: el profesor cuando programa, debe incorporar en la tipi-

ficación de los niveles los datos que obtiene sobre la evolución de las ideas de sus alumnos. Es decir, para definir los niveles habría que contar con los datos procedentes del análisis científico-epistemológico de las nociones ecológicas, con los datos que aporta la investigación didáctica sobre las ideas de los alumnos en ecología y sobre las dificultades de aprendizaje que presentan, y con los datos procedentes de la exploración y análisis de las ideas manifestadas por los participantes de cada aula concreta.

En diversos trabajos (García y Rivero, 1996; García, 1997, 1999 y 2000) he venido perfilando una hipótesis de progresión referida a la construcción de nociones ecológicas. En dicha hipótesis se propone un cierto itinerario de construcción, los pasos sucesivos que se podrían dar a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje, en la reorganización continua de los sistemas de ideas de los sujetos. Se refiere, además, a la posible evolución de unos determinados modelos más que a contenidos concretos. Es decir, se trataría de una *hipótesis de progresión referida a cambios más generales de los sistemas de ideas*, que afectan a diversos contenidos organizados en tramas y jerarquizados y a conceptos metadisciplinarios –como *sistema, interacción o evolución*– implicados en la definición de la organización ecológica. Una síntesis de dicha hipótesis se presenta en las figuras 2a, 2b y 2c.

En la figura se presentan tres modelos referidos a tres momentos diferentes en la construcción de la *organización ecológica*. En cada modelo se han considerado cuatro *dimensiones o categorías metadisciplinarias referidas a la transición desde un pensamiento simple hacia otro complejo* (el grado de reconocimiento de la *diversidad*, la manera que tienen los sujetos de interpretar la *organización del medio*, el tipo de *relaciones causales* que reconocen y la consideración que tienen del *cambio* y la *estabilidad*), transición que se entiende como un cambio hacia una perspectiva más sistémica del mundo, superándose la visión aditiva de la realidad y las formas de actuación y de pensamiento basadas en el centramiento en lo próximo y evidente, en la causalidad mecánica y lineal, en las dicotomías y los antagonismos, en la idea estática y rígida del orden y del cambio. Teniendo presente



estas categorías, podemos considerar tres aproximaciones a la organización ecológica: un primer modelo que denominamos como *concepción aditiva del ecosistema* –nivel de formulación 1–, un segundo modelo que denominamos de *cadena trófica rígida* –nivel 2– y un tercer modelo que denominamos de *red trófica flexible* –nivel 3–. Tras la representación de las figuras 2.a, 2.b y 2.c, describimos estos tres modelos.

*Modelo 1.* Se corresponde con las ideas que manifiestan los sujetos antes de la intervención educativa en Primaria y en los primeros años de Secundaria. Estos consideran que el “ecosistema” (realmente en este modelo no se reconoce la existencia de una organización subyacente a lo perceptible) tiene una organización aditiva, en la que son más relevantes los elementos que las relaciones. Así, se cree que lo que caracteriza a un ecosistema es la presencia de unos determinados elementos componentes y el que haya un suficiente número de individuos de cada componente, más que las relaciones entre los mismos. Sin embargo, aunque se trata de una perspectiva focalizada en la descripción de elementos componentes, no por ello se reconoce la enorme diversidad de ele-

mentos presentes en los ecosistemas. De hecho, los alumnos que se sitúan en este modelo sólo mencionan seres próximos a su experiencia, ignorando la existencia de componentes tan relevantes como los seres microscópicos. Además, se le concede más relevancia a los animales que a las plantas, y si se mencionan elementos del biotopo, se alude a los aspectos más visibles y tangibles del mismo (tierra, agua, rocas).

Para los alumnos y las alumnas que se sitúan en este nivel, un determinado ecosistema funciona y permanece estable siempre que tenga unos elementos componentes característicos y se den unas ciertas condiciones (que haya suficiente número de individuos de cada especie, que tengan suficiente comida, que haya suficiente espacio). Pero no se considera que el funcionamiento del ecosistema conlleve que cada uno de sus elementos componentes desempeñe un determinado papel en el conjunto del ecosistema (nicho ecológico, niveles tróficos y jerarquía trófica). En todo caso, se reconoce el papel que desempeñan los consumidores, sobre todo los secundarios (depredadores) –aquí es muy fuerte la influencia de los medios de co-

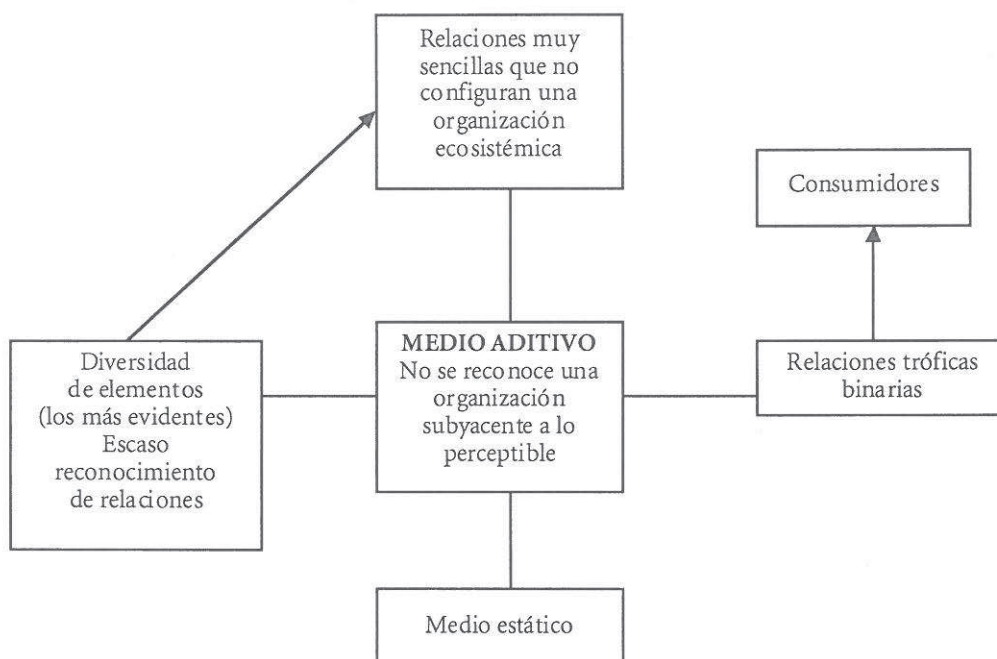


Figura 2.a.



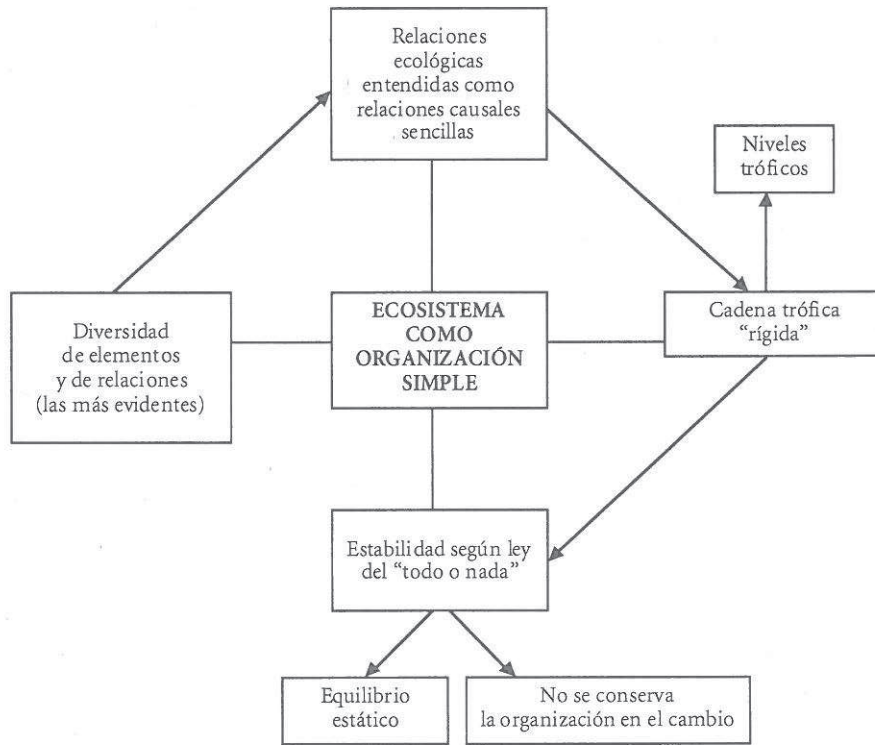


Figura 2.b.

[ 96 ]

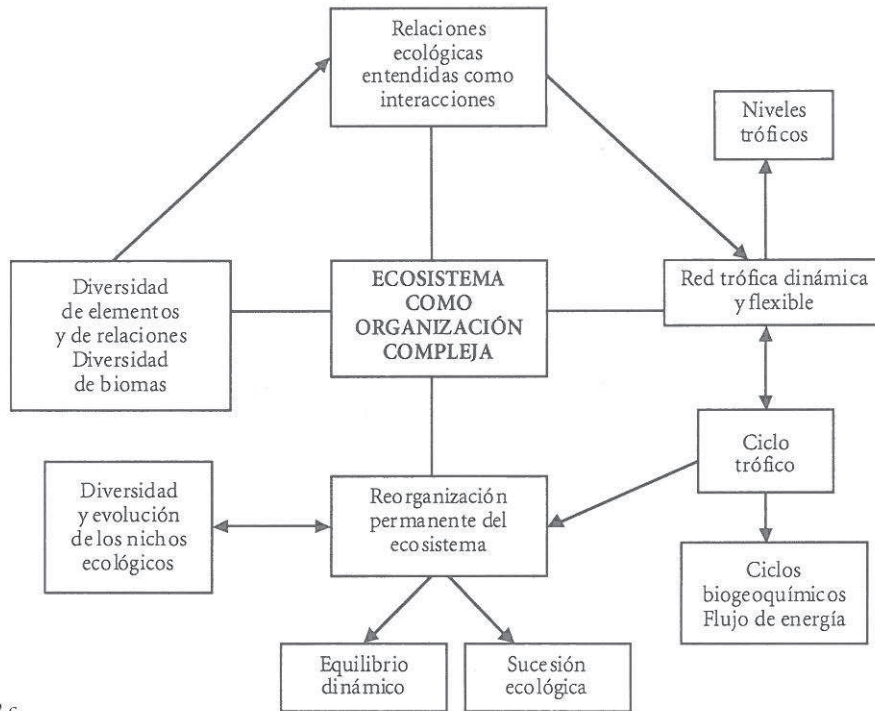


Figura 2.c.



municación—, sin mencionarse la función que realizan en el ecosistema los productores. No se aprecia, por tanto, una jerarquía trófica con un nivel de productores, otro de consumidores y otro de descomponedores.

*Modelo 2.* En este nivel se sitúan los alumnos y las alumnas que, inmersos en el proceso de investigación, ya reconocen explícitamente que son las relaciones las que organizan el medio, en la medida en que dichas relaciones dan lugar a configuraciones simples del tipo de las cadenas tróficas. El trabajo con dietas de diferentes seres vivos, con interacciones sencillas, con ecosistemas muy accesibles, posibilita que comience a superarse la visión aditiva del ecosistema. Se asume que hay una organización basada en relaciones causales, aunque éstas sean propias de una causalidad mecánica y lineal. También se identifica una mayor diversidad de relaciones ecológicas: relaciones entre la biocenosis y el biotopo, relaciones interespecíficas que no sean la relación depredador-presa (relaciones de cobijo entre seres vivos, relaciones tróficas menos evidentes, relaciones de competencia; etc.), así como relaciones intraespecíficas (de carácter reproductivo, de crianza o que implican un cierto grado de asociación en relación con la localización espacial o el cobijo). Además, se reconocen componentes poco evidentes del ecosistema como es el caso de los seres microscópicos o de factores abióticos como la temperatura, la luz o la humedad. De todas formas, en este nivel no se puede pretender aún que los alumnos comprendan la organización trófica del ecosistema con toda su complejidad (red flexible y dinámica, circulación de materia y flujos de energía, etc.), sino que se trata, más bien, de profundizar en la idea de una jerarquía trófica con tres niveles (productores, consumidores y descomponedores), de manera que aprecien que cada elemento tiene su lugar funcional, su “profesión”, en la cadena, en relación con dicha jerarquía. También se podría aproximar al alumno al papel de los descomponedores investigando procesos concretos de descomposición (por ejemplo, en la elaboración del mantillo).

*Modelo 3.* Sería el conocimiento deseable. Como tal debe dirigir el proceso de investigación, pero siendo conscientes que se trata de un

nivel de formulación de referencia, más que un modelo al que inevitablemente debemos llegar —cosa por otro lado muy difícil, dada la complejidad del modelo—. Se entiende la organización del ecosistema como una organización en red, en la que hay una interdependencia entre los elementos componentes, con el reconocimiento de una dinámica de la materia y de la energía (ciclos, flujos) ligada a la existencia de esa red de relaciones, así como de tres niveles tróficos: productores, consumidores y descomponedores.

La comprensión de la organización en red presupone conocer la gran diversidad y complejidad de las relaciones ecológicas existentes en nuestro planeta. También que en el cambio de los ecosistemas se mantiene la organización básica de los mismos, de forma que un ecosistema se mantiene estable no por tener todos sus componentes sino porque tiene una red trófica y un ciclo trófico asociado a dicha red. Esta idea de estabilidad va unida a una concepción más flexible del cambio de los ecosistemas, en la que el equilibrio es un equilibrio dinámico, con unos mecanismos reguladores basados en la reorganización continua del sistema (por ejemplo, el control recíproco del número de individuos de las poblaciones de depredadores y presas). Se pretende, también, que los estudiantes tengan una idea más flexible respecto a la plasticidad de los seres vivos y de la organización ecológica, de manera que la desaparición de un elemento no tiene por qué significar la desaparición del conjunto, pues la diversidad de relaciones existente puede posibilitar el reajuste de la totalidad. Esta idea supone, a su vez, considerar la adaptación como tener una función “flexible” en el conjunto.

### La funcionalidad social del conocimiento ecológico escolar

Aunque inicialmente los problemas se planteen como problemas lúdicos y prácticos (montar un acuario-charca en clase, preparar un huerto, solucionar un problema ambiental concreto, etc.), y luego como problemas más próximos al conocimiento científico (¿qué tienen en común la organización trófica de una charca y de un pinar? ¿por qué decidimos que la contaminación



altera los ciclos naturales?) en último término, de acuerdo con la ecología global propuesta, deben reformularse, a lo largo del proceso de investigación, como problemas socio-ambientales (¿por qué los seres humanos intervenimos en el medio ignorando las aportaciones de la ecología? ¿qué hacer al respecto?). Es decir, los problemas deben movilizar tanto los procesos cognitivos (análisis, síntesis, emisión y contrastación de hipótesis, etc.) como la toma de decisiones y los dilemas morales. No se trata de enseñar una ecología “neutra”, sino de enfrentar también los conflictos asociados a la relación humanidad-medio y de capacitar a las personas para la acción —es decir, la intersección de la didáctica de la ecología con la educación ambiental—.

¿Qué argumentos aporta la ecología al debate social? En primer lugar aporta una visión biocéntrica que ayuda a superar el antropocentrismo tan extendido en nuestra cultura (García, 2002c). Por ejemplo, la visión paternalista y/o catastrofista que lleva a afirmaciones como que la acción humana *rompe los ciclos de la naturaleza* —como si la circulación de materiales y el flujo de energía en el planeta dependiera de los seres humanos en vez de depender del Sol—, *destruye o degrada los ecosistemas* —como si el ecosistema no pudiera reorganizarse sin dejar de ser ecosistema—, *perturba gravemente el clima* —cuando en realidad el cambio de clima que estamos generando no es más que un pequeño cambio si consideramos la evolución del planeta a una escala geológica—, *provoca la muerte de los mares* —la contaminación y la sobrepesca reorganizan los ecosistemas marinos, y posiblemente ello determine una disminución en su biodiversidad— o que somos *injustos con la Naturaleza* —como si la Naturaleza sufriera o padeciera tal como les ocurre a los humanos—.

¿Qué significa que queremos *cuidar, proteger y mejorar* el medio, como si de un enfermo se tratara? Utilizando la metáfora del enfermo se entiende bien a dónde nos puede llevar este discurso. Evidentemente, al enfermo se le puede cuidar y mejorar, pues se trata de un organismo vivo, con una organización muy jerarquizada y con un estado óptimo, al que podemos aproximarle con un tratamiento médico adecuado. Pero ¿cuál es el estado óptimo de un ecosistema?

Precisamente, los ecólogos han terminado rechazando la consideración del ecosistema como un organismo, pues no hay en los ecosistemas ningún estado óptimo, sólo una organización acéntrica, no jerarquizada, que continuamente se reorganiza. Los márgenes de supervivencia del organismo son muy limitados, pues su metabolismo (el transporte de materia y el flujo de energía) sólo es estable en unas ciertas condiciones. Pero la biosfera en su conjunto es mucho más estable: el transporte de materia y el flujo de energía del “metabolismo” ecosistémico dependen básicamente de la energía solar. Es decir ¿tendríamos que apagar el Sol para conseguir la muerte de la biosfera! (sin contar, claro está, con los ecosistemas de fondos marinos y similares, que dependen de otras fuentes de energía).

Una cosa es admitir que la acción humana influya en la evolución de la biosfera y otra muy diferente es creer que destruimos la biosfera. Las propiedades emergentes de los ecosistemas —red trófica, ciclos de la materia y flujo de la energía, reorganización continua, etc.— son independientes de la forma concreta que adopte la organización ecológica: en el ecosistema más degradado habrá nichos ecológicos posibles (ya hay bacterias y hongos capaces de alimentarse de materiales creados por los humanos), transporte de materiales, intercambios energéticos, eso sí, con una biodiversidad muy reducida.

La ecología es útil para entender que la pregunta clave no es ¿en qué momento el planeta entrará en crisis por la acción de la especie humana? Sino más bien ¿en qué momento tendrá la especie humana problemas de supervivencia en la biosfera que ella misma está contribuyendo a configurar? ¿cuántos seres humanos pueden vivir en la biosfera sin que ello ponga en peligro la existencia del nicho ecológico humano —que sólo tiene sentido en una cierta organización ecológica—?

Un segundo argumento tiene que ver con el papel del conocimiento ecológico en la comprensión de los problemas ambientales. La interpretación de lo que ocurre en nuestro mundo y la intervención en el mismo debe estar fundamentada en una buena descripción de la realidad. No se puede comprender la crisis global en la que nos encontramos sin la ayuda de la eco-



gía. Así, por ejemplo, no basta con reconocer la existencia del problema del efecto invernadero y entender las causas sociales de lo que sucede; pues hay que comprender también los procesos ecológicos subyacentes. Tan necesario resulta el conocimiento de los procesos socio-económicos o de las relaciones de poder existentes en nuestras sociedades como la comprensión del funcionamiento de la biosfera en su conjunto. Cualquier evento debe ser interpretado y trabajado mediante el cruce de diferentes perspectivas: el desastre ecológico de Doñana, ocurrido en 1998, no es comprensible ni tratable sin integrar conocimientos tan diversos como el funcionamiento de la red trófica de los ecosistemas (imprescindible para entender como circulan los metales pesados en la red y como inciden en las poblaciones de seres vivos y en la organización del ecosistema) y el funcionamiento de la economía de libre mercado (imprescindible para entender las causas y el tratamiento del problema, así como el comportamiento de los diferentes sectores sociales implicados en el mismo).

El tercer argumento se refiere al papel que puede desempeñar la ecología en la crítica de la racionalidad propia del pensamiento dominante en nuestra sociedad: la lógica económica es incompatible con la lógica ecológica (García, 2002c).

¿Qué significa que la lógica de los ecosistemas no sigue las leyes del mercado? En primer lugar, los recursos del planeta no son infinitos, los ecosistemas tienen una capacidad limitada para albergar a la población humana. La aspiración a un crecimiento ilimitado nace en un mundo (el de los siglos XVIII y XIX) aún casi inexplorado, “vacío” de gente y de actividades que requieran mucha energía y altas demandas de materiales. Sin embargo, la situación actual es muy distinta, con un crecimiento continuo de la población, de la producción y consumo de alimentos, de la extracción de recursos de todo tipo, de la demanda de energía, de la emisión de contaminantes, de la acumulación de basura, llegará un momento en que esa curva exponencial alcance al umbral, la capacidad de carga –capacidad del medio para mantener un determinado fenómeno– de la biosfera, pues aunque la capacidad de soporte de ésta es inmensa, está claro que no es ilimitada.

En segundo lugar, cualquier cambio que se produce en un ecosistema, por muy puntual que pueda ser, supone la reorganización de todo el ecosistema, reorganización que será más o menos acusada en función de la entidad del cambio. Este principio se cumple independientemente de la voluntad de las personas y grupos que concentran el poder de decidir, y en la mayor parte de los casos las reorganizaciones provocadas por la acción humana no van en el sentido esperado por éstos –si es que se llegan a plantear siquiera las consecuencias ecológicas de sus acciones–. Los ejemplos son innumerables y a todas las escalas: cambio de clima, deterioro de la capa de ozono, destrucción de suelos, crisis de las *vacas locas*, desaparición de la pesca, nuevas “enfermedades sociales”, acumulación de desechos radioactivos, etc.

En tercer lugar, la racionalidad económica dominante sigue obviando el carácter sistémico del mundo y sigue buscando la solución a los desajustes en la ciencia y la técnica mecanicista. El subsistema económico se considera, por los partidarios del libremercado y del crecimiento ilimitado, como un sistema cerrado, contra toda evidencia de que es un sistema abierto, interdependiente, que se integra en un sistema más amplio: el eco-socio-sistema. Como mucho, se propone un ambientalismo mecanicista, que pretende aplicar a sistemas complejos, los mismos procedimientos que si se tratara de hacer un experimento de laboratorio con todas las variables debidamente controladas. Así, por ejemplo, las normativas técnicas, pretendidamente objetivas y científicas, del tipo: niveles de emisión de un contaminante o grado de radiación que son permisibles, características que debe tener un coche para ser más ecológico, plazos para sustituir en el mercado un producto químico peligroso, valor atribuido a las reservas freáticas de una zona, grado de impacto ambiental que puede soportar un determinado territorio, etc.; son todas, desde la perspectiva de los sistemas complejos, relativas, subjetivas y arbitrarias.

Todos éstos argumentos apoyan la idea de la existencia de una incompatibilidad básica entre las leyes de los ecosistemas y las leyes del mercado, contradicción que aflora continuamente, a pesar de los potentes mecanismos de propagan-

da y de control puestos al servicio de la racionalidad económica dominante. El *fin de la historia* y el mundo estático preconizado por el *pensamiento único* –se nos dice que el mundo que es sería el único mundo posible– es incompatible con la concepción evolutiva de nuestro planeta propuesta por la ciencia. Si la historia de la humanidad es indisociable de la historia del planeta, no podemos decretar, por las buenas, el fin de unos procesos evolutivos en la biosfera, que responden a una lógica ecológica que no podemos controlar e ignorar.

#### REFERENCIAS

- ACOT, P. (1990). *Historia de la ecología*. Madrid: Taurus.
- DELEAGE, J. P. (1993). *Historia de la ecología. La ciencia del hombre y de la naturaleza*. Barcelona: Icaria.
- DROUIN, J. M. (1988). Un éxito reciente. Historia del concepto de ecosistema. En Giordan, A. et al., *Conceptos de biología, Tomo 1*. Barcelona: Labor.
- GARCÍA, J. E. (1997). La formulación de hipótesis de progresión para la construcción del conocimiento escolar: una propuesta de secuenciación en la enseñanza de la ecología. *Alambique*, 14, 37-48.
- GARCÍA, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- GARCÍA, J. E. (1999). Una hipótesis de progresión sobre los modelos de desarrollo en educación ambiental. *Investigación en la Escuela*, 37, 15-32.
- GARCÍA, J. E. (2000). Educación ambiental y ambientalización del currículum. En Perales, F. J. y Cañal, P. (Coord.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.
- GARCÍA, J. E. (2001). De los problemas científicos a los problemas socioambientales (y vuelta). *Alambique*, 29, 25-33.
- GARCÍA, J. E. (2002a). La cultura de la superficialidad y las dificultades para el cambio profesional asociadas a las motivaciones e intereses de los estudiantes. *Investigación en la Escuela*, 47, 5-16.
- GARCÍA, J. E. (2002b). Una propuesta de construcción del conocimiento en el ámbito de la Educación Ambiental basada en la investigación del alumno. *Cooperación Educativa*, 67, 39-52.
- GARCÍA, J. E. (2002c). Los problemas de la Educación Ambiental ¿Es posible una Educación Ambiental integradora? *Investigación en la Escuela*, 46, 5-25.
- GARCÍA, J. E. y RIVERO, A. (1996). La transición desde un pensamiento simple hacia otro complejo en el caso de la construcción de nociones ecológicas. *Investigación en la Escuela*, 28, 37-58.
- GOLLEY, F. B. (1993). *A history of the ecosystem concept in ecology. More than the sum of the parts*. New Haven and London: Yale University Press.
- MCINTOSH, R. P. (1985). *The Background of Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MORIN, E. (1987). *El Método II: La Vida de la Vida*. Madrid: Cátedra.

#### SUMMARY

For the construction of the notion of ecosystem in the classroom it is proposed the didactic integration of the contributions of ecology, understood as a scientific discipline and as a global vision, with the students' conceptions. That integration leads to a hypothesis of progression that articulates and orientates the research process.

#### RÉSUMÉ

Pour la construction de la notion d'écosystème à l'école on propose l'intégration didactique des apports de l'écologie, comme une discipline scientifique et comme une cosmovision, avec les représentations des élèves. Cette intégration amène à une hypothèse de progression qui articule et oriente le procès de recherche scolaire.