

Las concepciones de los alumnos y alumnas sobre la nutrición de las plantas verdes



Pedro Cañal de León
Dpto. de Didáctica de las Ciencias
Universidad de Sevilla (*)

RESUMEN

Tras situar el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes entre aquellos que han merecido más atención de la investigación didáctica en el campo de la enseñanza de las ciencias, este artículo presenta una revisión sobre las principales líneas de estudio y resultados obtenidos en cuanto a la caracterización de las concepciones de los estudiantes en relación con este tópico.

Lineas de investigación sobre la temática

El interés primario por la enseñanza y el aprendizaje sobre la nutrición de las plantas verdes arranca principalmente de la corriente de estudios sobre las ideas de los alumnos que se inicia hace más de una década y que aún hoy día mantiene su pujanza. Muchos años atrás Piaget había realizado incursiones en el mundo de los significados infantiles, pero su interés estaba focalizado esencialmente en los procesos de desarrollo cognitivo, en la construcción de las estructuras mentales operatorias, más que en las ideas de los niños en sí mismas. No obstante, los estudios sobre la enseñanza y el aprendizaje que se apoyaban en perspectivas piagetianas o en otras corrientes

psicológicas cognitivas fueron aportando evidencias de un hecho que hasta entonces no se había constatado y valorado suficientemente: la construcción "espontánea" por los niños de conocimientos relativos a la realidad siconatural, antes del inicio de la instrucción escolar específica sobre los mismos.

En esa coyuntura adquieren una gran relevancia los trabajos de Ausubel et al. (1978), que recalcan la incidencia de los conocimientos previos de los alumnos sobre el aprendizaje escolar y el interés, por ello, de detectar esos conocimientos iniciales. Puede situarse aquí el nacimiento de una pujante línea de investigación sobre las ideas de los alumnos que aún hoy mantiene su vigor.

Sin negar la importancia de estos estudios,

(*) E.U. de Magisterio
Avda. Ciudad Jardín, 22
41005 Sevilla

debe reconocerse que desde una perspectiva didáctica el interés se centrará más en el qué hacer una vez que se conocen estas ideas que en la mera detección y caracterización de las mismas.

El desarrollo de las líneas de investigación en torno a las concepciones de los alumnos parece seguir precisamente una trayectoria que va desde una preocupación inicial por determinar simplemente las ideas previas de los alumnos hasta los estudios dirigidos a esclarecer la cuestión de cómo tener en cuenta las concepciones de los alumnos en el diseño, desarrollo y evaluación de la enseñanza. Los estudios sobre la nutrición de las plantas verdes no suponen una excepción a lo anterior. Partiendo de un primer interés por conocer y describir el pensamiento de los alumnos, la atención se extiende posteriormente al análisis del origen de esas ideas y, por último, a la forma de tenerlas en cuenta en la enseñanza.

El interés por los problemas relacionados con la enseñanza y el aprendizaje sobre la nutrición de las plantas verdes es realmente muy alto, dada la especial dificultad que se admite para éste y otros campos de conocimientos biológicos comunes en los currícula escolares, de modo que ha llegado a constituirse en un reto para la investigación didáctica, la piedra de toque para comprobar las posibilidades de mejorar las estrategias y los resultados de la enseñanza escolar en el campo de las ciencias.

Diversos investigadores se han interesado por determinar el grado de dificultad que presenta para los estudiantes y los profesores los conceptos más comunes en los currícula de Biología.

Johnstone y Mahmoud (1980), estudiaron qué tópicos eran percibidos por una muestra de estudiantes y profesores ingleses de secundaria y universidad como de máxima dificultad, de entre una lista de quince. Las áreas de mayor dificultad para los estudiantes de secundaria y de universidad (que aportaron respuestas muy semejantes) fueron, con gran di-

ferencia, las relacionadas con: transporte de agua en los organismos (ósmosis, potencial hídrico, etc), conversión energética en la fotosíntesis y respiración y conceptos de genética. Para los profesores la máxima dificultad estaba igualmente en los aspectos hídricos de los organismos, seguido de lo relativo a energía química y a química de la fotosíntesis y la respiración.

Test y Wewards (1980), se refieren expresamente a la fotosíntesis como concepto científico de gran dificultad didáctica, en tanto que Finley et al.(1982), investigando igualmente el nivel de dificultad y de importancia atribuido por los profesores a los diversos conceptos biológicos, encuentra que es precisamente la fotosíntesis el tópico seleccionado como más importante y uno de los más dificultosos, resultado que coincide con el encontrado por Stewart(1982), citado por Lawson (1988), y congruente con las apreciaciones de Shayer y Adey (1981) sobre el carácter formal de muchos de los aspectos relacionados con el campo conceptual de la nutrición vegetal.

Impulsados posiblemente por las repetidas alusiones a la dificultad de conseguir resultados satisfactorios en la enseñanza relativa al campo conceptual de la nutrición de las plantas, diversos investigadores inician trabajos tendentes a esclarecer la raíz de esas dificultades y la forma de superarlas. Simpson y Arnold (1982a), por ejemplo, se refieren expresamente al carácter paradigmático de este tópico y a su intención de estudiar el desarrollo del mismo de forma que pueda servir de modelo general y permita aportar una estrategia de enseñanza que minimice las dificultades de aprendizaje, propósitos muy próximos a los que han alentado las aportaciones de Bell y Brook (1984), Smith y Anderson(1984), Gené (1987), Stavy et al. (1987), y otros tantos, entre los que se incluye nuestro trabajo (Cañal 1990).

Aún siendo un campo de estudio reciente, las investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje en este campo conceptual pueden re-

montarse al menos a las dos últimas décadas. En nuestro estudio consideraremos que la primera aportación relevante sobre la temática es la proporcionada por el equipo de investigadores del Institut National de la Recherche Pedagogique (INRP 1976) francés, en el marco del programa *Activites d'Eveil Scientifique*", bajo la dirección de Victor Host. Este estudio, de indudable influencia piagetiana, no se centra en el análisis de las ideas de los alumnos, sino más bien en los procesos que siguen éstos al implicarse en actividades de tipo científico, los obstáculos que encuentran y las estrategias más adecuadas para la intervención del profesor. Este programa francés supone, en realidad, una anticipación, un precedente de los estudios que se desarrollan en la actualidad. De esta línea se derivan los trabajos de Giordan (1978, 1985, 1990), Rumelhard (1985), Battinger y otros (1988) y algunas tesis sobre la temática que se efectúan en la actualidad en ese país.

Una segunda línea de estudio se origina en el marco del Scottish Integrated Science, una propuesta curricular de ciencia integrada, en la que M. Simpson y B. Arnold investigan sobre la enseñanza de la nutrición de las plantas verdes, junto con otros conceptos tales como respiración y digestión, publicando su primer artículo en 1980, en el que no hacen mención de ningún estudio anterior dirigido específicamente a la temática, pero sí citan trabajos relacionados con la línea de investigación que siguen, como los de Ausubel et al. (1978), Brumby (1979), Deadman y Kelly (1978), Driver y Easley (1978), Nussbaum y Novick (1981) y Viennot (1979).

En nuestro país se origina también una línea de investigación sobre la temática con el trabajo de Astudillo y Gené (1982), que surge sin conexión con las anteriores, puesto que en la bibliografía no figura ninguno de los dos estudios antes mencionados, haciendo referencia a Ausubel (1978), Colmez et al. (1978), Furió y Gil (1978), Gal (1968), Kubli (1979) y Piaget (1971). Esta línea parece arrancar de las

ideas ausubelianas, tratando de detectar los errores conceptuales (*misconceptions*) más comunes que pudieran interferir en el aprendizaje sobre esta temática en los profesores de básica en formación inicial. Por nuestra parte, en esa misma época iniciábamos los primeros estudios exploratorios sobre la temática, desarrollando con posterioridad otros estudios y publicaciones (Cañal y Rasilla 1986, Cañal y García 1987, Cañal 1990).

En la Universidad del Estado de Michigan ha venido funcionando otro equipo de investigadores del Institute for Research on Teaching (en el que están E.L. Smith, C.W. Anderson, J. Lavender, B.A. Bishop, K.J. Roth, y otros) interesados en esta misma temática. Sus trabajos los realizan en relación con el programa curricular SCIIS, que incluye la nutrición vegetal entre los tópicos seleccionados (particularmente en la unidad denominada *Communities*). Este grupo publica sobre el tema desde el artículo de Smith y Anderson (1984), que incluye entre sus referencias la de Simpson y Arnold (1982a).

También un equipo de la Universidad de Cornell (USA), se ha interesado por el tema. Wandersee (1983) elabora un cuestionario para diagnosticar los errores conceptuales sobre la fotosíntesis, estudiando las concepciones resultantes. Hace referencia como antecedente tan sólo a los estudios del grupo de la universidad de Michigan.

En el Reino Unido, y en relación con el programa Children's Learning in Science Project, desarrollado por el Centre for Studies in Science and Mathematics Education de la Universidad de Leeds, investigadoras como B. Bell y A. Brook (1984), del equipo de Rosalind Driver, desarrollan un ambicioso estudio sobre la enseñanza relativa a la nutrición de las plantas que se inspira, en cuanto a antecedentes, en los trabajos de Simpson y Arnold y en los del grupo de Michigan.

En Israel Stavy y otros, de la Universidad de Tel Aviv, publican un nuevo estudio sobre la temática en 1987, comenzando un progra-

ma de investigación con fines curriculares, tomando como referencia los estudios de Simpson y Arnold, grupo de Michigan, programa CLISP y Wandersee.

En Australia, Haslam y Treagust (1987) se interesan por la elaboración de un buen instrumento de diagnóstico para las concepciones sobre la fotosíntesis y la respiración, mencionando los estudios de Bell, grupo de Michigan y Wandersee.

En Nueva Zelanda, M. Barker y M. Carr (1989a, 1989b y 1989c) publican resultados de trabajos que venían realizando desde años atrás sobre esta temática (Barker 1985a, 1985b, 1985c, 1985d, 1986), muy en relación con los de Bell en el CLISP. Citan naturalmente a Bell y Brook, grupo de Michigan, Simpson y Arnold y Wandersee.

Del análisis anterior pueden resaltarse ciertos aspectos:

- El gran interés que esta temática despier- ta, interés que parece incluso incrementarse en los últimos años con nuevos grupos y publicaciones de mayor entidad.

- La falta de comunicación entre las líneas de trabajo anglófona y francófona, e incluso, a veces, entre los investigadores norteamericanos y los europeos de habla inglesa. Nula atención a las publicaciones en lengua castellana.

- La ubicación de los estudios sobre enseñanza y aprendizaje de la nutrición de las plantas verdes, por lo general, en programas de reforma de las enseñanzas, en iniciativas de innovación/experimentación curricular, con una tendencia creciente a dirigir el trabajo, en última instancia, hacia la elaboración de nuevos materiales y estrategias de intervención.

En todo caso, no se puede negar el interés que posee para el profesor y para los equipos de diseño e investigación curricular el conocimiento de las concepciones más comunes de los estudiantes sobre los principales tópicos y ámbitos del conocimiento escolar. Atendiendo precisamente a ese interés, nos

detendremos en lo que sigue en la caracterización de las ideas de los estudiantes sobre la nutrición de las plantas verdes, efectuando una revisión de los principales datos que aporta la literatura científica al respecto.

Caracterización de las concepciones de los alumnos y alumnas sobre la nutrición de las plantas verdes

La línea de estudio sobre las concepciones de los alumnos puede considerarse como la primera y más desarrollada en el caso de las investigaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas, lo que es general en el resto de los estudios didácticos sobre otros campos del conocimiento escolar.

En nuestra revisión sobre este aspecto, analizaremos primeramente las características metodológicas de los estudios realizados, para pasar después a centrarnos en las aportaciones que se han efectuado para la definición del pensamiento de los alumnos de los diferentes niveles educativos, sobre esta temática.

Estrategias e instrumentos de detección

En este caso nos limitaremos a efectuar una breve descripción de las estrategias e instrumentos que han empleado más frecuentemente los investigadores interesados en conocer las ideas de los alumnos sobre este tópico, predominando el empleo de cuestionarios y entrevistas.

Los cuestionarios o "test de papel y lápiz" son, con mucho, los instrumentos de detección más comunes en los estudios revisados, pero se registra bastante diversidad entre ellos.

Simpson y Arnold (1982 a), por ejemplo, analizan los datos proporcionados por el test de elección múltiple empleado en exámenes estatales (National Item Bank: 1974-77), estrategia que emplean también Bell y Brook (1984) al estudiar las respuestas al examen es-

tatal A.P.U. (Assesment of Perfomance Unit), igualmente en el Reino Unido. De esta manera tienen acceso a una gran cantidad de datos ya recopilados y potencialmente ricos en sugerencias. No obstante, este tipo de encuesta general no permite quizás sino una primera aproximación, lejos de los matices que podrán reportar cuestionarios más específicos, expresamente diseñados para profundizar en la temática.

En los cuestionarios diseñados especialmente para estudiar las concepciones sobre la nutrición de las plantas verdes también existe una considerable diversidad de diseño, si bien pueden destacarse ciertas pautas generales:

- Carácter abierto o semiabierto de las cuestiones, tratando de hacer posible un máximo de efectividad para recoger la riqueza de ideas existente, pero procurando al mismo tiempo facilitar el tratamiento de los datos obtenidos.

- Cuestiones inspiradas en ideas que estudios anteriores han revelado como comunes en el rango de edad seleccionado (se trataría entonces de comprobar hasta qué punto los alumnos comparten esas ideas), o bien cuestiones que replantean en términos adecuados al caso algunos de los dilemas, experimentos o ideas cruciales en la historia científica de este campo conceptual.

- Mayor abundancia de situaciones problemáticas que de preguntas directas, si bien éstas se combinan a veces con cuestiones más o menos abiertas.

En el conjunto de las aportaciones que hemos estudiado pueden revestir un especial interés los test diseñados por Wandersee (1983) y Haslam y Treagust (1987), ya que estos autores los proponen expresamente como instrumentos de detección de concepciones sobre la nutrición de las plantas verdes, con la finalidad de que puedan alcanzar un empleo generalizado entre los profesores.

El P.C.T. (Photosynthesis Concep Test) de Wandersee, incluye doce tareas consistentes en relatos de experimentos, fenómenos o

situaciones sobre los que se pide una elección, respuesta libre o completar dibujos, intentando simular lo que ocurre en una entrevista clínica. Se construyó mediante los siguientes pasos: 1. Identificación de los subconceptos necesarios para entender la fotosíntesis 2. Selección de las doce tareas propuestas. 3. Consulta a expertos en la temática. 4. Redacción final. Los aspectos por los que el PCT se interesa especialmente son los siguientes:

a. La función básica de la tierra en el crecimiento de las plantas y en la fotosíntesis.

b. El papel desempeñado por la fotosíntesis en el ciclo del carbono.

c. La función principal de la hoja y de la energía luminosa en la fotosíntesis.

d. La fuente primaria de alimentos para las plantas verdes.

Todo ello planteado de forma que pueda ser accesible a alumnos comprendidos en un amplio rango de edad (10 a 19 años).

En el caso del cuestionario propuesto por Haslam y Treagust (1987), el proceso fue algo más complejo. El diseño del instrumento se ajustó al método descrito por Treagust (1986), con tres fases: a) Descripción del contenido científico: declaraciones proposicionales y mapas conceptuales. b) Desarrollo de items basados en entrevistas y otros test utilizados anteriormente, así como en la literatura general sobre el tema. c) Desarrollo de *items de dos filas*, siendo la primera de ellas una cuestión de elección múltiple relacionada con las proposiciones y una parte del mapa conceptual, en tanto que la segunda incluye un bloque, también de elección múltiple, de argumentos justificativos de la respuesta señalada en la primera fila. Estos argumentos o justificaciones se seleccionaron de entre las respuestas no correctas (desde un punto de vista científico) que comúnmente aportan los alumnos, así como respuestas científicamente aceptables, dejando además espacio para otras justificaciones diferentes, no previstas en el test.

Un instrumento relativamente próximo al

anterior, pero de enfoque más abierto, es el empleado por Cañal y Rasilla (1986), para el estudio de las concepciones sobre la fotosíntesis y la respiración en estudiantes de Magisterio, construido como una serie de declaraciones proposicionales sobre cuya veracidad, falsedad o carácter dudoso debía pronunciarse el encuestado, con el requerimiento adicional de justificar brevemente su opción, siendo este el apartado que proporciona una información de mayor calidad y, al mismo tiempo, de mayor dificultad de codificación.

La literatura es rica en advertencias sobre los problemas y limitaciones de los cuestionarios escritos, por lo que en muchos casos el cuestionario se emplea en forma combinada con otros instrumentos, principalmente la entrevista. Por ejemplo, en nuestro caso, en los estudios de Simpson y Arnold (1982a y b), Bell y Brook (1984), Smith y Anderson (1984), Bell (1985a y b), Barker (1985d), Cañal y García (1987), Battinger et al. (1988), Barker y Carr (1989c), Cañal (1990).

Las entrevistas se emplean generalmente como complemento o instrumento de ratificación de los resultados proporcionados por los cuestionarios o bien como técnica principal, sobre todo en los estudios sobre un número reducido de alumnos y cuando la edad de éstos es baja, pudiendo entonces presentar problemas los cuestionarios escritos. También se usan frecuentemente en los estudios de caso, en los que suele combinarse distintas técnicas buscando una mayor profundización. Así ocurre en los trabajos de Smith y Anderson (1984), Bell (1985b) y Barker (1985d), Cañal (1990), en los que se introduce la entrevista a los alumnos y a los profesores como una de las principales vías metodológicas.

Cuando la investigación de las concepciones se aborda en situación de enseñanza, el abanico de posibilidades de detección se abre considerablemente, puesto que los alumnos expresan sus ideas no sólo cuando se les pide por medio de un test o un entrevista, sino

también en el transcurso de los procesos comunicativos que caracterizan la enseñanza: debates generales, discusión en equipo, producciones de los alumnos (escritas, icónicas, materiales), preguntas al profesor, etc. Estos instrumentos de detección adicionales aparecen en los estudios de caso analizados en esta revisión, los trabajos del INRP (1976), Smith y Anderson (1984), Bell (1985b), Cañal (1990).

Caracterización de las concepciones en la enseñanza primaria

Son escasos los estudios sobre la enseñanza en este campo conceptual que incluyen alumnos de primaria; posiblemente por considerar que una temática como ésta, sobre todo si se enfoca desde el punto de vista de la fotosíntesis, es poco accesible a los alumnos de ese nivel. No obstante, la nutrición de las plantas verdes es un fenómeno que, de una u otra forma, suele estar presente también en las aulas de primaria, y es allí donde se generan algunas de las ideas que tendrán una mayor incidencia en la construcción escolar relativa a este campo conceptual.

A efectos expositivos, dividiremos la descripción de las concepciones de los alumnos en tres apartados: sobre la alimentación, sobre la fotosíntesis y sobre la respiración, si bien a veces son aspectos que aparecen íntimamente ligados en las ideas de los alumnos.

a. Alimentación.

Una primera aportación es la del equipo de investigación del INRP (1976) francés, dirigido por Victor Host. Del informe presentado como síntesis final del estudio pueden obtenerse algunos datos interesantes. En primer lugar, resaltar una idea generalizada y bien asentada: los alumnos conciben la alimentación de las plantas como proceso que se desarrolla tomando sustancias del suelo por las raíces. En cuanto a los alimentos de la planta, se reducen, lógicamente, a aquellos que pueden estar en el suelo, principalmente

agua y sustancias minerales.

Un resultado muy similar es el que obtienen Simpson y Arnold (1982a) en niños escoceses, cuyas ideas sobre la alimentación de las plantas pueden resumirse en la siguiente: *las plantas consiguen su comida del suelo, por las raíces*. Entienden los autores que esta idea está muy relacionada con el hecho de que los alumnos aplican el esquema característico de la ingestión de comida por los animales al caso de los vegetales, asimilando las raíces a la boca o lugar por donde la planta come. En otro estudio, Simpson y Arnold (1982b), comprueban que los alumnos de primaria investigados eran capaces de emplear adecuadamente el término alimento al hablar sobre los alimentos humanos, proporcionando espontáneamente ejemplos de los mismos (niveles 1 y 2 de los definidos por Klausmeier (1976) en cuanto a dominio de un concepto), encontrando que el ejemplo que les causa más dificultad de entre la lista que se les proponía era precisamente uno de los que, a su juicio, ocupa un lugar central en la fotosíntesis, el almidón.

Wandersee (1983), al plantear una cuestión inspirada en el célebre estudio de Van Helmont sobre el crecimiento de un sauce, constata que los alumnos más jóvenes (diez años) de diversos estados de U.S.A. piensan mayoritariamente que la tierra de la maceta perderá mucho peso y una de las razones principales para ello es el que la planta come tierra. (Así lo explica, por ejemplo, uno de los muchachos entrevistados: "*Porque la tierra es la comida de la planta, sin ella la planta no puede vivir*").

En el estudio de Smith y Anderson (1984), así como en el de Barker (1985b), se reencuentra la idea del alimento de las plantas verdes como materiales que éstas toman de sus alrededores, más que materiales que las plantas usan para obtener energía y crecer. Serán considerados alimentos todos los materiales que las plantas toman de alguna fuente, sea ésta el agua, la tierra o los cotiledones, por ejemplo.

Los informes de que disponemos coinciden, pues, en señalar una misma tendencia general en los alumnos de primaria en el sentido de considerar que las plantas se alimentan en forma similar a como lo hacen los animales, tomando alimentos del exterior, lo que en el caso de las plantas se realizaría por las raíces, *comiendo* tierra (los productos que forman el suelo).

b. Fotosíntesis.

De los datos aportados por el equipo del INRP (1976), se puede destacar la apreciación que se hace sobre la incapacidad de los niños de primaria para comenzar el aprendizaje de los procesos de fotosíntesis, estimándose que hacia los doce años empezaría a ser viable una aproximación coherente a la misma. En la primaria sería más viable, y por ello conveniente, promover una idea de la nutrición de las plantas verdes como incorporación de una solución diluida de sales por las raíces.

En las entrevistas que realizan Simpson y Arnold (1982 a y b) a niños de primaria encuentran que muchos de ellos mantienen ideas como las siguientes:

- Las plantas no utilizan el aire.
- Consiguen energía de la comida que toman del suelo.
- Creen que el carbón o los hidratos de carbono son gases.

Todo ello indica que están muy lejos de poder abordar, en estas circunstancias, la comprensión de un fenómeno como la fotosíntesis, incluso en una formulación elemental.

Casi la mitad de los alumnos de 10 años encuestados por Wandersee (1983), no creían que el principal trabajo de la hoja es fabricar comida. Sin embargo, una gran proporción cree que el gas carbónico entra en las hojas (62%), en tanto que el 51% seleccionó la respuesta adecuada en cuanto a salida de oxígeno durante la fotosíntesis. Es muy general la idea de la necesidad de la luz solar para un buen desarrollo de las plantas y, en particular, de la fotosíntesis, pero el papel de la clorofila es totalmente desconocido. Desconoci-

miento general, igualmente, en cuanto al papel relevante del gas carbónico como "alimento" (comillas en el original) de la planta.

El estudio de Smith y Anderson (1984) es especialmente ilustrativo sobre este aspecto, pues analiza los esfuerzos de una profesora por enseñar ciertos aspectos de la fotosíntesis a niños de unos once años en USA, y cómo los alumnos, pese a ello, conservan sus propias concepciones sobre la alimentación de las plantas (como incorporación de sustancias del exterior), mientras que atribuyen a la luz una acción simplemente de mejorar la salud de la planta. Así, mientras para la profesora las plantas situadas en la oscuridad no pueden disponer de alimentos y acaban muriendo de hambre, para los alumnos las plantas privadas de luz estarán simplemente menos sanas. En el trabajo de Barker (1985c) se subraya que no es probable que los alumnos de primaria que no hayan recibido enseñanza sobre la fotosíntesis posean concepciones al respecto, formando parte de su *ciencia de los niños*.

Giordan (1990) cita que más del 80% de los alumnos de 10 a 12 años que estudió ha oído hablar del desprendimiento de oxígeno por las plantas, el 20% creen necesaria la luz para las plantas, pero como algo que fortifica a la planta, semejante a una vitamina o un reconstituyente. La clorofila, la palabra, es conocida por la inmensa mayoría de los alumnos, pero no suele asociarse con la nutrición, sino más bien con cosas como limpiar la atmósfera, combatir la contaminación, etc, idea ligada a los mensajes publicitarios.

c. Respiración.

El proceso de respiración de las plantas no es algo obvio, provisto de signos externos fácilmente observables como en el caso de los animales. Por otra parte, los alumnos de primaria poseen aún unos niveles de conocimiento sobre la naturaleza de los gases y sus propiedades muy limitados. Todo ello explica las dificultades de comprensión de los procesos que implican intercambios gaseosos y aún más de aquellos en los que intervienen

transferencias energéticas.

En el caso de los alumnos de primaria estudiados por Simpson y Arnold (1982 a) es común la idea de que *las plantas no utilizan el aire o lo hacen en sentido opuesto a los animales*. En todo caso, la respiración se entenderá exclusivamente como intercambio gaseoso. Estos mismos autores, Simpson y Arnold (1982b), muestran las dificultades de los niños de primaria con los conceptos de *gas* y *energía*, en tanto que el estudio de Wandersee (1983) apenas aporta nada sobre las concepciones acerca de la respiración en este nivel, a no ser el dato de que la mitad de los alumnos de diez años encuestados tienen dificultad para decidir si el oxígeno entra o sale de la hoja durante la fotosíntesis. Para Barker (1985a) hay niños que desde una edad muy temprana mantienen que las plantas respiran al revés que los humanos, considerando la respiración exclusivamente como intercambio gaseoso, independiente de los demás procesos de las plantas.

Menciona Giordan (1990) que el 30% de los alumnos de primaria (10-12 años) conoce los intercambios gaseosos de las plantas, incluyéndolos todos ellos en la respiración. Los intercambios fotosintéticos serán vistos como una forma de respiración especial de las plantas, diferente o contraria a la de los animales.

Por nuestra parte (Cañal 1990), hemos podido establecer, entre otros aspectos, la presencia de cuatro niveles de construcción en este campo conceptual (incluyendo conjuntamente los conceptos de alimentación, fotosíntesis y respiración), en escolares de 9 a 13 años:

Primer nivel. Se detecta una ausencia casi total de definición personal sobre la alimentación, la fotosíntesis y la respiración de las plantas. Tan sólo se aprecia una cierta proximidad hacia la concepción de la alimentación como proceso externo y simple: captación de sustancias procedentes del suelo.

Segundo nivel. Parece consistir en la adop-

ción de un esquema general sobre las relaciones de la planta con el entorno, según el cual todos los intercambios se producirían a través de la raíz, tanto los alimentarios como los respiratorios (lo que recuerda la concepción histórica de la raíz como *boca de la planta*).

Tercer nivel. Se admite la incorporación de sustancias a la planta por las raíces y por las hojas, así como una transformación interna de las mismas. No obstante, fotosíntesis y respiración aparecen como conceptos muy relacionados, puesto que la fotosíntesis se concibe fundamentalmente como una forma de respiración peculiar de las plantas que se realiza durante el día, tomando CO₂ y expulsando O₂, lo contrario que harán durante la noche. Sin embargo, la falta de una concepción adecuada sobre el sentido de la fotosíntesis y de la respiración hará que igualmente se admita que el intercambio diurno puede ser el inverso al anteriormente expuesto, es decir toma de O₂ y desprendimiento de CO₂, y lo contrario por la noche.

Cuarto nivel. Este cuarto nivel parece suponer el techo máximo que suelen alcanzar, por lo general, las ideas de los alumnos de básica. Se afianza la concepción de que las plantas verdes toman sustancias del exterior por las raíces y por las hojas, sustancias que sufrirán una transformación interna mediante la fotosíntesis, proceso dirigido a la fabricación de los alimentos de la planta. La respiración diurna se concibe como la forma de captar el CO₂ necesario para la fotosíntesis, desprendiéndose O₂, en tanto que la respiración nocturna sería la respiración normal, tomando O₂ y desprendiendo CO₂, sin que se vea otro sentido a la respiración que el simple intercambio gaseoso que debe hacerse continuamente para no morir.

Caracterización de las concepciones en la enseñanza secundaria

Casi todos los estudios revisados se refieren exclusiva o especialmente a los alumnos

de secundaria. En realidad es en este nivel donde se aborda la temática de la nutrición vegetal desde la perspectiva de la fotosíntesis y más extensamente. Pero ello, como anteriormente argumentábamos, no puede ocultarnos la circunstancia de que será en la primaria donde se construyan, en sus primeras formulaciones, muchos de los conocimientos que será preciso movilizar para el aprendizaje promovido en la secundaria.

Efectuaremos la revisión de las ideas de los estudiantes de secundaria siguiendo el mismo esquema que en el caso de la primaria, es decir organizando éstas en torno a los núcleos *alimentación, fotosíntesis y respiración*.

a. Alimentación.

Muchas de las tendencias detectadas en los alumnos de primaria continúan estando presentes, en mayor o menor medida, en los distintos niveles de la secundaria. La mayor parte de ellos sigue pensando, según Simpson y Arnold (1982 a), que el alimento de las plantas verdes procede del suelo, tomándose por las raíces, incluso en una notable proporción (un tercio) de los de estudiantes de cuarto año de secundaria (15 años), que cursan grado O de Biología. Simpson y Arnold destacan esta concepción como *enormemente estable y resistente a la corrección por métodos estándar*. Abundando en la temática, estos autores encuentran que los alumnos con dos años de experiencia en ciencias de secundaria presentan una seria inadecuación en conceptos fundamentales como *ser vivo, gas, alimento y energía*, conceptos básicos para la construcción y el dominio de unas ideas coherentes sobre la alimentación de las plantas (Simpson y Arnold, 1982 b).

Wandersee (1983) comparando las respuestas dadas al test PCT, determina la existencia de diferencias significativas entre los distintos niveles escolares estudiados para muchos de los aspectos, exponiendo ejemplos de los *errores conceptuales* más característicos, entre los que se encuentra de nuevo la idea de una alimentación edáfica de la planta, si bien los

alumnos de niveles más altos tienden a especificar sustancias concretas del suelo, como las sales minerales. (Loren, grado 11, explica, por ejemplo: *El peso de la tierra será igual, quizás algo menor por los minerales que toman de la tierra. La tierra tiene poco que ver en el crecimiento de la planta. Las plantas pueden crecer sin tierra por un proceso llamado hidropónico*). Podrá aumentar el nivel de complejidad de la terminología empleada, pero en muchos casos se manifestará la pervivencia de la idea de una alimentación externa, a base de sustancias presentes en el suelo o en contacto con las raíces. (*Las plantas toman los minerales y las proteínas de la tierra. El floema lleva agua y comida de la tierra a lo más alto de la planta*).

Los alumnos estudiados por Bell y Brook (1984) mantienen como más frecuentes las siguientes ideas: a) *Las plantas obtienen su alimento del entorno, más que de una elaboración interna*. b) *Son alimentos de las plantas cualquier cosa tomada del exterior: agua, minerales, aire, etc.* c) *La función del alimento se limita a un para mantener la vida*. d) *Uso cotidiano de diversos términos científicos relativos a la alimentación*.

Según los datos que ofrece Benlloch (1984), la nutrición de las plantas tiende a asociarse en los alumnos de ciclo superior de la EGB (comienzo de la secundaria) con la alimentación animal, es decir, con el consumo de sustancias del exterior, asignando a las raíces la función de la nutrición, de forma que las hojas serían, a lo más, meras receptoras de esos alimentos.

En el estudio de caso que Bell (1985 b) efectúa, profundiza en aspectos que anteriormente se habían puesto ya de manifiesto, detectando en los alumnos una dificultad para aprender el concepto científico/escolar de *alimento* (para el que pervive la significación de *cualquier cosa tomada del exterior*), el uso del alimento por la planta en el metabolismo y el empleo adecuado de los conceptos básicos sobre la temática. No parecen tener problemas, por el contrario, para aprender los nombres

de las sustancias que incorporan las plantas desde el exterior.

Rumelhard (1985) trata de mostrar la existencia de representaciones o concepciones iniciales en un tema como la fotosíntesis, tan alejado aparentemente de la vida cotidiana, estudiando este aspecto con alumnos de terminal (16 años), en Francia. Los resultados principales de su estudio sobre las representaciones son los siguientes:

- La planta encuentra su alimento en el suelo, por medio de las raíces.
- La nutrición no depende de ningún intercambio gaseoso.
- Las plantas toman como alimentos agua y sales minerales.
- No se plantean el origen del carbono o el nitrógeno de las plantas.
- Son muy raros los alumnos que acepten que el agua pueda transformarse en materia vegetal (Van Helmont).

f. El crecimiento de las plantas se derivará directamente de las sales incorporadas, actuando el agua tan sólo como disolvente.

En el estudio de Barker (1985b) se ratifica la resistencia al cambio de la concepción del alimento como material absorbido del exterior, principalmente sales minerales.

Otro estudio que trata también de analizar el nivel de desarrollo de los conceptos que constituyen un requisito para la comprensión de la fotosíntesis es el que desarrollaron Stavy, Eisen y Yaakobi (1987), en Israel. Encontraron una gran dificultad en los alumnos para entender el cuerpo vivo como un sistema químico, con falta de conocimientos sobre los elementos que entran en su composición. Por otra parte, les resulta muy difícil concebir los gases como sustancias. Otro resultado de su estudio es el de los anteriormente señalados problemas semánticos del término *alimento*, que para los niños hace referencia a componentes de la comida, antes que a sustrato para la respiración u otras significaciones científicas.

En un ámbito especializado como el de la

enseñanza secundaria agrícola (liceo agrícola), Battinger et al. (1988), con la colaboración de André Giordan, se interesan por la enseñanza y el aprendizaje sobre la nutrición vegetal, efectuando un prolongado estudio de caso, del que obtienen interesantes conclusiones. En lo que hace a las concepciones de los alumnos, destacan:

- a) La planta se nutre sobre todo del suelo.
- b) No les preocupa la fuente de carbono de la planta.
- c) Nutrición e intercambios gaseosos como problemas independientes.
- d) Lo fundamental es la captación de sustancias minerales del suelo.
- e) Una gran dificultad para diferenciar las sustancias orgánicas de las inorgánicas o minerales.
- f) Para el alumno lo más importante es el crecimiento y ello lo relaciona con la nutrición mineral, no con la fotosíntesis.

b. Fotosíntesis.

La fotosíntesis es la *forma de ver* la alimentación de las plantas verdes que se ofrece sistemáticamente a los alumnos de secundaria y a veces incluso a los de los últimos cursos de la primaria. No existe una separación nítida entre los apartados expositivos que encabezábamos con los términos *alimentación* y *fotosíntesis*, pero de hecho existen claras diferencias en cuanto a las ideas que los alumnos van elaborando al respecto. La alimentación/nutrición de las plantas hace referencia habitualmente a la incorporación de agua, sales minerales y otras sustancias del suelo, e incluso a veces del aire, en tanto que la fotosíntesis se relacionará con intercambios gaseosos y una misteriosa intervención de la luz solar, todo ello poco o nada conectado con la alimentación de la planta pero a veces muy próximo a los fenómenos respiratorios, según los casos. Los estudios revisados nos ayudarán a precisar esta somera caracterización de la situación en la enseñanza secundaria.

Simpson y Arnold (1982 a) encuentran que los estudiantes de este nivel consideran ma-

yoritariamente que las plantas usan el aire en sentido opuesto a los animales; además el 50% de ellos mantiene que el gas absorbido para la fotosíntesis lo es por las raíces y tallos. Se hace evidente en estos resultados la tendencia a considerar la fotosíntesis como la forma de respirar de las plantas, así como una idea primitiva respecto a la anatomía de las plantas que les lleva a mantener todavía una cierta idea de las raíces como zona por la que la planta realiza la toma de todo tipo de sustancias (modelo corporal animal). Cuando estos mismos autores, Simpson y Arnold (1982 b), se interesan por los conceptos que pueden suponer un requisito previo para la construcción de una concepción adecuada sobre la fotosíntesis, encuentran, como hemos comentado anteriormente, serias dificultades con los conceptos *ser vivo*, *gas*, *energía* y *alimento*.

Parece producirse, no obstante, una lenta mejoría, entre graves obstáculos, regresiones e incoherencias. Así lo atestigua el trabajo de Wandersee (1983), que señala como aspectos en los que existe un menor cambio los siguientes:

- a) El papel del agua en la fotosíntesis.
- b) El papel de la clorofila.
- c) La importancia del dióxido de carbono como fuente principal de "alimento" (comillas en el original) para la fotosíntesis.
- d) El conocimiento del producto principal de la fotosíntesis, los carbohidratos.

El estudio de Bell y Brook (1984) incide en esa línea. Los alumnos consideran que el tono más verde o amarillento de las plantas se deberá al estado de salud de la misma, más que al grado de exposición a la luz. Presentan, igualmente, una baja comprensión del papel de la energía en el mantenimiento del metabolismo de la planta, así como escasa o deficiente relación entre la fotosíntesis y otros fenómenos metabólicos como la respiración o la transpiración. Benlloch (1984) refiere que los alumnos del ciclo superior de EGB de nuestro país que aún no han trabajado la fotosíntesis consideran la alimentación de la

planta como algo relacionado exclusivamente con las raíces, mientras que los que ya han oído hablar de la fotosíntesis o la han estudiado suelen separarla de la nutrición. La fotosíntesis será algo bastante indefinido que se produce en la *clorofila* de la hoja, en tanto que la nutrición se relaciona inequívocamente con las raíces. Como resumen, puede destacarse la aseveración de la autora en el sentido de que *nadie piensa que de la combinación de un líquido y un gas, merced a la energía de la luz, pueda producirse un sólido y otro gas.*

En su estudio sobre estudiantes de 16 años, Rumelhard (1985) menciona resultados convergentes con los anteriores y que clarifican ciertos aspectos. Una vez más, constata una falta de planteamientos sobre el origen del carbono o el nitrógeno que la planta necesita (es más, los alumnos no se plantean la necesidad de tales elementos). Los estudiantes mencionan la importancia de la luz para la fotosíntesis, pero cuando precisan sobre ello es para manifestar que la luz aporta calor, sin que la relacionen con la exigencia de una fuente de energía para las síntesis metabólicas. Rumelhard aporta una conclusión que creemos importante: para los alumnos, el crecimiento se derivará directamente de la acumulación de nuevas aportaciones de sales minerales disueltas en agua y no de la síntesis de sustancias orgánicas a partir de sustratos minerales.

Barker (1985c) entiende que la principal concepción que mantienen los alumnos tras la enseñanza acerca de la fotosíntesis es la de ésta como proceso de fabricación de alimento para la planta (54% de los estudiantes de 13 años, en tanto que tan sólo el 19% cita la producción de hidratos de carbono y un 3% el almacenamiento de energía).

Para Stavy et al. (1987) el principal error de los alumnos es considerar la fotosíntesis como una modalidad de respiración, fijando su atención casi exclusivamente en el aspecto de intercambio gaseoso de la fotosíntesis e ignorando lo demás, incluido el sentido global del fenómeno, aun cuando para los teóricos

en curricula de ciencias de Israel uno de los puntos esenciales es el de la consideración de la fotosíntesis como *proceso en el que las plantas verdes producen materia orgánica (compuesta de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, etc), a partir de materiales inorgánicos (CO₂ y H₂O), empleando la energía solar capturada por la clorofila.* Pero, como éste y otros estudios ponen de manifiesto, los alumnos tienen una gran dificultad para pensar en un ser vivo como un sistema químico y desconocen, en la práctica, la composición de los seres vivos y la circunstancia de que debe haber una correspondencia entre la composición del ser vivo y la que tienen sus alimentos.

Partiendo de un interés inicial de Treagust por desarrollar instrumentos adecuados para un uso generalizado en la detección de concepciones sobre tópicos comunes en los currícula, Haslam y Treagust (1987) diseñan y ponen a prueba un cuestionario sobre la fotosíntesis y la respiración de las plantas verdes, poniéndolo a prueba con una amplia muestra de alumnos de secundaria (13 a 17 años).

Este trabajo confirma la existencia de diferencias significativas entre los distintos niveles, ratificando la presencia de una progresiva mejora de las concepciones de los alumnos de secundaria, sin diferencias ligadas al sexo de los encuestados, resultado que coincide con el mencionado por nosotros (Cañal 1990) para los niveles entre los 9 y los 13 años. En cuanto a concepciones concretas, reseña una visión de la fotosíntesis como proceso que proporciona energía, con una gran incompreensión de la relación entre fotosíntesis y respiración. Son concepciones erróneas, seleccionadas por los autores de este estudio, las siguientes:

- *La fotosíntesis se da en las plantas verdes continuamente.*
- *La fotosíntesis se puede realizar cuando no hay luz.*
- *Las plantas verdes hacen su comida a partir de oxígeno, en presencia de la luz.*
- *El pigmento verde llamado clorofila se com-*

bina con el dióxido de carbono en presencia de la luz y produce glucosa y agua.

- El beneficio más importante para las plantas cuando hacen la fotosíntesis es la producción de energía para el crecimiento de la planta.

Del estudio de Battinger et al. (1988), que presenta la particularidad de efectuarse en relación con enseñanzas agrícolas, lo cual aporta un contexto cultural y práctico potencialmente diferenciador, seleccionamos ciertas aportaciones de peso. En primer lugar, que tan sólo un tercio de los alumnos estudiados relaciona el CO₂ con la fotosíntesis. Son otros aspectos notables: la confusión de términos técnicos (cloroplastos y clorofila, por ejemplo); consideración de la clorofila como un producto de la fotosíntesis; desconocimiento de los aspectos energéticos; centración en los intercambios gaseosos; función de la luz limitada a la fabricación de la clorofila; concepción de conjunto de la fotosíntesis como *proceso de transformación de la energía luminosa (90 %), proceso de absorción de CO₂ y fijación de la luz por la clorofila (70%) o, por último, producción de materia orgánica (30%)*.

También destacan estos autores que el desconocimiento de la naturaleza química de la materia orgánica no permitirá a los alumnos comprender el importante papel del CO₂ ni cómo este gas puede llegar a formar materia orgánica, que es considerada como sólida.

También Giordan (1990) destaca ciertos aspectos característicos de la secundaria, como la baja proporción de los alumnos que relacionan la luz con fenómenos de nutrición, la tendencia a ligar la fotosíntesis con la respiración o la limpieza de la atmósfera, en tanto que la planta se nutre tomando sustancias del suelo (desde sales minerales, hasta *materia orgánica, bacterias o partículas vivientes*).

c. Respiración.

Las concepciones de los alumnos sobre la respiración parecen adquirir un mayor nivel de complejidad en la medida en que dichos alumnos van accediendo a información relativa a la fotosíntesis. Un momento crucial en

el aprendizaje parece situarse en el tipo de relación que establezcan entre los procesos de intercambio respiratorios y los que acompañan a la fotosíntesis. Pero veamos los resultados de los estudios efectuados.

Simpson y Arnold (1982 a) hacen mención de una idea que irrumpe con fuerza entre los alumnos: *las plantas usan el aire en sentido opuesto que los animales*, acompañada de una consideración de la respiración como mero intercambio gaseoso y de la convección, en muchos casos, de que las plantas no respiran (pues lo que hacen es la fotosíntesis) o bien respiran tan sólo por la noche.

Mediante el test PCT, Wandersee (1983) localiza ciertas ideas que alcanzan valores de frecuencia notables, como son:

- La planta toma oxígeno del aire en la fotosíntesis.

- Las hojas cambian de color porque no pueden respirar (tal como lo hace la cara de una persona cuando se asfixia).

- La comida no puede hacerse sin aire.

Estas nociones dan una idea de las dificultades de los alumnos para aproximar sus ideas a concepciones próximas a las científicamente admitidas.

Rumelhard (1985) refiere que sus alumnos (16 años) entienden que los problemas de intercambio gaseoso son independientes de la nutrición (parecen asociarlos más bien a los fenómenos respiratorios exclusivamente). Creen que las plantas son malsanas de noche porque expulsan gas carbónico, más que porque consuman oxígeno. En cuanto a las diferencias en la respiración entre el día y la noche, lo más frecuente es que hablen de *inversión* de los intercambios, pero es frecuente entonces que se refieran sólo a lo que expulsan: gas carbónico por la noche y oxígeno por el día. Es común que perciban el gas carbónico como una sustancia nociva y peligrosa, que muy difícilmente podrá servir para algo beneficioso. Rumelhard considera que existe un grave problema con la respiración vegetal, precisamente por ser concebida como un sim-

ple intercambio gaseoso sin una función clara en el organismo, lo que provoca interferencias en el tratamiento de los fenómenos de la fotosíntesis.

Por su parte, Barker (1985a) sugiere que el conocimiento de la respiración de las plantas puede interferir con el aprendizaje de los procesos de la fotosíntesis (identificando ésta con procesos respiratorios). La respiración se verá como un proceso no relacionado con la nutrición de la planta y, en ese sentido, se pensará en un cambio directo del oxígeno en dióxido de carbono, sin otros procesos metabólicos intermedios.

Afirman Stavy et al. (1987) que el principal error biológico de los estudiantes de secundaria es considerar la fotosíntesis como una modalidad de respiración, lo cual se deriva de una centración excluyente en los aspectos externos de la respiración, sin acceder al sentido funcional de este proceso en el metabolismo.

En el estudio de Haslam y Treagust (1987) se llega a la conclusión de que las concepciones erróneas más comunes entre los estudiantes de grado 8 a 11 (13 a 16 años) se relacionan con la falta de comprensión sobre cuándo respiran las plantas. Un alto porcentaje: a) no comprende la naturaleza y función de la respiración de las plantas, b) no comprende que la respiración de la planta es un proceso de conversión de energía, c) considera la respiración como sinónimo de toma y expulsión de aire, d) comprenden poco la relación entre la fotosíntesis y la respiración de la planta.

Battinger et al. (1988) constatan que los intercambios gaseosos centran la atención de los alumnos, siendo frecuente que resuman la fotosíntesis en un intercambio de gases poco o nada diferenciado del respiratorio.

Caracterización de las concepciones en la enseñanza universitaria

Son escasos los estudios efectuados en estos niveles. Realizaremos, por ello, un análisis

conjunto de las aportaciones que se han hecho al respecto, sin separarlas en aspectos, como se hizo en los niveles de primaria y secundaria. Astudillo y Gené (1982, 1984) se interesan por detectar los errores conceptuales de los alumnos de Magisterio sobre la fotosíntesis, encontrando resultados que podrían considerarse llamativos en estas edades, como los siguientes:

- Los factores que consideran necesarios para que se produzca la fotosíntesis son, por porcentaje decreciente de mención: luz (86%), gas carbónico (66,6%), clorofila (58,6%), agua (25,3%), sales minerales (10,6%).

- Los productos de la fotosíntesis son: oxígeno (72%), glucosa/hidratos de carbono (29,3%), agua (28%), gas carbónico (21%), ATP o energía (20%).

- Concepciones erróneas: a) La fotosíntesis y la respiración no pueden realizarse independientemente (48%). b) La fotosíntesis equivale a la respiración de los animales (60%). c) Cuando las plantas están haciendo la fotosíntesis no respiran (32%). d) Las plantas sólo respiran por la noche (45%).

Estos datos son suficientemente ilustrativos de la tenacidad de ciertas ideas, que se reencuentran en los más diversos niveles educativos y de cómo los alumnos van generando concepciones coherentes con sus ideas básicas, en un encomiable proceso de búsqueda, pese a todo, de coherencia y racionalidad en los conocimientos sobre la nutrición de las plantas verdes.

El estudio de Wandersee (1983), por su carácter general, apenas ofrece datos concretos sobre los estudiantes del nivel universitario, pero ratifica las tendencias que hemos comentado antes extensamente en los niveles de primaria y secundaria. Los alumnos universitarios se sitúan en esa línea de lenta progresión que detecta Wandersee, lo que no excluye regresiones y estancamientos en determinados casos.

En el estudio exploratorio que realizamos,

Cañal y Rasilla (1986), nos interesábamos por conocer y caracterizar las concepciones de los maestros en formación inicial sobre la fotosíntesis y la respiración. Se les planteaba un total de cuarenta proposiciones, teniendo que pronunciarse sobre la veracidad, falsedad o carácter dudoso del ítem, teniendo además que justificar brevemente su opción. Destaca el hecho de que tan sólo se alcanzó un 22% de respuestas válidamente justificadas, es decir, justificaciones basadas en conocimientos científicamente aceptados. Del conjunto de los datos que registran una mayor frecuencia destacaremos los siguientes:

- a) Las plantas toman sus alimentos del suelo, por las raíces.
- b) La fase oscura de la fotosíntesis se realiza por la noche.
- c) El objetivo último de la respiración es aportar oxígeno a las células.
- d) Las plantas sólo respiran por la noche.
- e) En la respiración se quema oxígeno.

Giordan (1990) menciona que en estudiantes universitarios más de la mitad continúa pensando que las plantas se nutren esencialmente del suelo, y más del 60% no establece relación entre la fotosíntesis y la nutrición de las plantas, en tanto que un 75% no relaciona este fenómeno con cuestiones energéticas.

En conjunto, como habrá podido apreciarse, se dispone en estos momentos de una extensa información sobre las concepciones y principales obstáculos de los alumnos en la construcción de sus conocimientos sobre la nutrición de las plantas verdes. También podemos contar con algunos resultados en cuanto a la determinación de factores de diversa índole que pueden explicar la génesis y los procesos de cambio de estas concepciones (aspecto que no se ha analizado en esta revisión). Todo ello puede permitir, junto a la consideración de otros aspectos de la enseñanza, emprender fundamentadamente procesos de diseño, desarrollo y evaluación de unidades didácticas relacionadas de una u otra forma con esta temática, aspecto en el que se empiezan a

centrar los esfuerzos de la investigación didáctica.

REFERENCIAS

- ASTUDILLO, H. y GENE, A. (1982). Errors conceptuales en el tema de la fotosíntesis. Posibles causas. *Jornades de Recerca Educativa*. Lleida.
- ASTUDILLO, H. y GENE, A. (1984). Errores conceptuales en Biología. La fotosíntesis de las plantas verdes. *Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1), pp. 15-16.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. y HANESIAN (1978). *Educational Psychology*. N. York: Holt, Rinehart y Winston. (Trad. cast.: *Psicología Educativa*. México, Trillas, 1983).
- BARKER, M. (1985a). *Plants, oxygen, and carbon dioxide*. Working Paper N° 222 (Science Education Research Unit, University of Waikato, N. Z.)
- BARKER, M. (1985b). *Plants and food*. Working Paper N° 227 (Science Education Research Unit, University of Waikato, N. Z.)
- BARKER, M. (1985c). *Photosynthesis: learning outcomes*. Working Paper N° 228 (Science Education Research Unit, University of Waikato, N. Z.)
- BARKER, M. (1985d). *Photosynthesis: an initial framework*. Working Paper N° 220 (Science Education Research Unit, University of Waikato, N. Z.)
- BARKER, M. (1986). *Where does the wood come from?* (Science Education Research Unit, University of Waikato, N. Z.)
- BARKER, M. y CARR, M. (1989a). Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An Assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(1), pp. 49-56.
- BARKER, M. y CARR, M. (1989b). Teaching and learning about photosynthesis. Part 2: A generative learning strategy. *International Journal of Science Education*, 11 (2), pp. 141-152.
- BARKER, M. y CARR, M. (1989c). Photosynthesis - can our pupils see the wood for the trees? *Journal of Biological Education*, 23 (1), pp. 41-44.
- BATTINGER, R.; TRAMOY, M.; CAENS, S.; y MILLOT, J. (1988). Nutrition de la plante. En: *Les représentations des élèves en Biologie*. Dijon, INRAP-ENSSAA-Lycées Agricoles.
- BELL, B. (1985a). Students' ideas about plant nutrition: what are they? *Journal of Biological Education*, 17(3), pp. 213-218.
- BELL, B. (1985b). *The construction of meaning and conceptual change in classroom settings: case studies on*

- plant nutrition. CLISP. University of Leeds.
- BELL, B. y BROOK, A. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of plant nutrition: full report*. CLISP. University of Leeds.
- BENLLOCH, M. (1984). ¿Qué le está pasando a esta patata? (La construcción del almidón mediante la fotosíntesis). En: *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias*. Madrid, Visor.
- BRUMBY, M. (1979). Problems in learning the concept of Natural Selection. *Journal of Biological Education*, 13 (2), pp. 119-122.
- CAÑAL, P. (1990). *La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes. Un estudio didáctico en la educación básica*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Sevilla.
- CAÑAL, P. y RASILLA, C. (1986). Une étude sur le niveau de structuration des concepts "photosynthèse" et "respiration" des étudiants de l'Ecole Normale. *Feuilles d'Epistemologie Appliquée et de Didactique des Sciences*, 8, pp. 39-44.
- CAÑAL, P. y GARCIA, S. (1987). La nutrición vegetal, un año después. Un estudio de caso en séptimo de EGB. *Investigación en la Escuela*, 3, pp. 55-60.
- C.L.I.S.P. (1987). *Approaches to teaching plant nutrition*. University of Leeds.
- COLMEZ, F.; DELACOTE, G. y RICHARD, F. J. (1978). Estatus de l'observation et l'activité expérimentale chez l'élève. *Revue Française de Pédagogie*, 45, pp. 55-56.
- DEADMAN, J. A. y KELLY, P. J. (1978). What do secondary schools boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12(1), pp. 7-15.
- DRIVER, R. y EASLEY, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, pp. 61-84.
- FINLEY, A. N.; STEWART, J. y YARROCH W. L. (1982). Teachers' Perceptions of Important and Difficult Science Content. *Science Education*, 66 (4), pp. 531-538.
- FURIO, C. y GIL, D. (1978). *El programa-guía. Una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química en el Bachillerato*. ICE de la Universidad de Valencia.
- GAL, R. (1968). *Historia de la Educación*. Paidós, Buenos Aires.
- GENE, A. (1987). *Estudio de la fotosíntesis de las plantas verdes Propuesta didáctica*. Lleida, Escola de Magisteri.
- GIORDAN, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris, Editions du Centurion. (Traducción al castellano: *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid, Siglo XXI, 1982)
- GIORDAN, A. et al. (1985). Premiers depouillements des conceptions des élèves de l'enseignement agricole en biologie. *Feuilles d'Epistemologie Appliquée et de Didactique des Sciences*, 7, pp. 43-54.
- GIORDAN, A. (1990). *Intérêts des recherches en didactique de la biologie*. LDES, Université de Genève.
- HASLAM, F. y TREAGUST, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological Education*, 21 (3), pp. 203-211.
- I.N.R.P. (1976). La nutrition des vegetaux. En: *Activités d'éveil scientifiques. IV. Imitation biologique*. INRP, Paris.
- JOHNSTONE, A. H. y MAHMOUD, N. A. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*, 14(2), pp. 163-166.
- KLAUSMEIER, H. J. (1976). Conceptual development during the school years. En: *Cognitive Learning in children: Theories and Strategies*. Academic Press, London.
- KUBLI, F. (1979). Piaget's cognitive psychology and its consequences for the teaching of science. *European Journal of Science Education*, 1 (1).
- LAWSON, A. E. (1988). The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula rasa. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (3), pp. 185-199.
- NUSSBAUM, J. y NOVICK, S. (1981). *Brainstorming in the classroom to invent a model: a case study* (Israel Science Teaching Center. The Hebrew University, Jerusalem).
- PIAGET, J. (1971). *Psicología y Pedagogía*. Ariel, Barcelona.
- RUMELHARD, G. (1985). Quelques representations a propos de la photosynthèse. *Aster*, 1, pp. 37-66.
- SHAYER, M. y ADEY, P. (1981). *Towards a science of science teaching*. Londres, Heineman (Trad. cast.: *La ciencia de enseñar ciencias*. Narcea, Madrid, 1984).
- SIMPSON, M. y ARNOLD, B. (1982a). The inappropriate use of subsumers in biology learning. *European Journal of Science Education*, 4 (2), pp. 173-183.
- SIMPSON, M. y ARNOLD, B. (1982b). Availability of prerequisite concepts for learning biology at certificate level. *Journal of Biological Education*, 16(1), pp. 65-72.
- SMITH, E. L. y ANDERSON, C. W. (1984). Plants as producers: a case study of elementary science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(7), pp. 685-698.
- STAVY, R.; EISEN, Y. y YAAKOBI, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), pp. 105-115.
- STEWART, J. H. (1982). Difficulties experienced by

- high school students when learning basic Mendelian genetics. *The American Biology Teacher*, 44(2), pp. 80-84.
- TEST, D. W. y WEWARD, W. L. (1980). Phptosynthesis: teaching a complex science concept to juvenile delinquents. *Science Education*, 64, pp. 129-139.
- VIENNOT, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), pp. 205-221.
- WANDERSEE, J. H. (1983). Students' misconceptions about photosynthesis: a cross-age study. En H. Helm y J. Novak (Eds.) *Proceedings of the International Seminar of Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, N. Y. Cornell University Press.

SUMMARY

After situating plants conceptual field among those that have deserved the most attention on the part of didactic research in science teaching, this article presents a revision of the main lines of study and the results obtained as far as characterization of students' conceptions in relation to this topic.

RÉSUMÉ

Après avoir situé le champ conceptuel des végétaux parmi ceux qui ont reçu le plus d'attention par la recherche de l'enseignement des sciences, cet article offre une révision des principales lignes d'étude et des résultats obtenus sur la caractérisation des conceptions des étudiants par rapport à ce sujet.