
Problemática de la Nutrición Vegetal en la educación obligatoria.

Una propuesta de secuencia

The problem of plant nutrition in the compulsory education.

A proposal of sequence

Concepción González Rodríguez, Cristina Martínez Losada y Susana García Barros

Facultad de Ciencias da Educación. Universidade da Coruña. Campus Elviña s/n. 15071. A Coruña.
E-mail: cgonzalezr@udc.es, susg@udc.es y cmarl@udc.es

Resumen

En este trabajo, se realiza un estudio de la evolución del conocimiento sobre la nutrición vegetal teniendo en cuenta su importancia biológica y la dificultad que encierra su comprensión para los estudiantes de enseñanza obligatoria para ello se presenta una propuesta de selección y secuenciación de contenidos tomando como referentes la perspectiva histórica y las ideas de los alumnos.

Palabras claves: nutrición vegetal, formación docente, selección de contenidos, enseñanza obligatoria.

Abstract

A study of the evolution of the knowledge about the plant nutrition considering its biological importance and how difficult it is for students of compulsory education to understand it is carried out in this paper. In order to do this, a proposal of selection and sequencing of contents taking the historical perspective and students' ideas as referents is presented.

Key words: plant nutrition, teacher formation, content selection, compulsory education.

Introducción

La nutrición de las plantas es un concepto biológico de gran valor educativo para conocer el mundo vegetal, llegar a comprender que todo ser vivo interactúa con el medio (adquiere materia y energía) y explicar el por qué de la persistencia de la vida en la Tierra. De ahí que tenga una importante presencia en los currículos de educación obligatoria. Sin embargo, constituye uno de los temas más complejos de la Enseñanza de las Ciencias, pues su comprensión requiere una alta demanda cognitiva, lo que supone una especial dificultad para estos estudiantes. Diversos estudios han puesto de manifiesto que los estudiantes suelen poseer concepciones inadecuadas, existiendo interesantes revisiones al respecto (Cañal, 2005; Charrier et al, 2006; Driver et al., 1984; Ekborg, 2003) que especificaremos posteriormente, así como la necesidad de tenerlas en cuenta para poder promover su adecuada evolución (Eisen & Stavy, 1993; Ozay & Oztas, 2003). Cabe destacar que la Enseñanza de las Ciencias no siempre da respuesta a la problemática que encierra la superación

de las dificultades citadas. De hecho los textos (Cañal & Criado, 2002; González Rodríguez et al, 2008), y las propias concepciones docentes, más centrados en aspectos descriptivos que en aquellos más conceptuales, constituyen en sí mismos un problema a tener en cuenta.

Lo indicado justifica la necesidad de definir los contenidos conceptuales que permitan vertebrar el conocimiento del alumnado, haciéndolo avanzar hacia concepciones científicas cada vez más adecuadas. En esta línea conviene recordar que los conocimientos no se aprenden de una sola vez, sino que van evolucionando (Coll et al, 1992), por lo que deben adquirirse poco a poco, siendo necesario tener en cuenta las capacidades e intereses de los alumnos. Así mismo, trabajos recientes han puesto énfasis en la necesidad de plantear la enseñanza desde una perspectiva progresivamente más compleja, sugiriendo para ello la evolución de modelos (García Rovira, 2005; Izquierdo Aymerich, 2005; Pozo & Gómez Crespo, 1998).

En este trabajo, considerando como referente la evolución del conocimiento sobre la nutrición vegetal, se presenta una propuesta de secuencia que ayude al profesorado a realizar una adecuada selección y secuenciación de contenidos. Para su elaboración se han tomado como referentes, la perspectiva histórica y las ideas de los alumnos, pues está ampliamente aceptado que tales referentes deben de considerarse para definir qué enseñar.

Perspectiva histórica

La construcción del conocimiento sobre nutrición

fue un proceso complejo, pudiéndose apreciar a través de su revisión histórica cómo han ido cambiando los problemas que preocuparon a los investigadores y cómo evolucionaron sus ideas (Asimov, 1968, 1982; Cañal, 1990; Giordan et al, 1988; Hall & Rao, 1977; Harré, 1970; Mazliak, 1976). Esto nos permite identificar una serie de cuestiones “claves” que se suscitaron en cada momento y resueltas a lo largo de la historia. En la tabla 1 se recoge una síntesis de dicha evolución que basándonos en los autores citados pasamos a resumir.

PREGUNTA	IDEAS INICIALES	NUEVOS CONOCIMIENTOS
<i>¿De qué se “alimentan” los vegetales?</i>	Los vegetales al igual que los animales captan alimentos orgánicos por las raíces (Teoría del Humus).	La fotosíntesis consiste en la síntesis de materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas sencillas en presencia de luz. La materia orgánica se utiliza para producir las estructuras del vegetal.
<i>¿Los vegetales también respiran?</i>	La respiración que es un proceso vital exclusivo de animales, no existe en vegetales	La respiración no es un simple intercambio de gases, sino un proceso interno que realizan tanto animales como vegetales para obtener energía. Fotosíntesis y respiración se integran en la nutrición vegetal.
<i>¿Cómo y dónde se producen los procesos de nutrición vegetal?</i>	En el interior del “cuerpo vegetal” tiene lugar la “transmutación” (cambios) de las sustancias.	La fotosíntesis y la respiración son reacciones metabólicas complejas que tienen lugar en los orgánulos celulares.
<i>¿La nutrición de los vegetales tiene repercusión en el entorno?</i>	La alimentación es un proceso individual imprescindible para la vida del ser vivo (planta).	La nutrición vegetal toma una nueva dimensión: es esencial para la introducción de energía en el ecosistema y explica el ciclo de materia en el mismo.

Tabla 1. Evolución del conocimiento sobre la nutrición vegetal

Una de las primeras cuestiones que preocupó a los filósofos clásicos fue, *¿de qué se alimentan las plantas?* Hipócrates y posteriormente Aristóteles propusieron la teoría del humus. Estos autores, haciendo una interpretación analógica con la alimentación animal, entendían que las plantas utilizan los restos orgánicos, que forman parte del humus, a través de las raíces. A partir del siglo

XVII se empiezan a generar nuevos conocimientos como consecuencia del cambio metodológico trascendental que ocurrió en la investigación científica y el cuestionamiento de las antiguas concepciones dogmáticas. A todo ello se debe añadir el mejor conocimiento de los materiales, especialmente de los gases, sus cambios y transformaciones. Sin embargo se mantiene la

cuestión central antes mencionada. El conocido experimento de Van Helmont (1577-1644), el primero de carácter cuantitativo realizado con seres vivos, ofreció una nueva respuesta: el agua es utilizada por la planta para formar sus propias estructuras. De este modo se llegó a admitir que en el interior de la planta se producen cambios en la materia. Años más tarde, Malpighi (1628-1694) y Mariotte (1620-1684) descubren que el vegetal también necesita absorber sales minerales. Posteriormente Hales (1677-1761) descubre que requiere aire, concretamente CO₂, y Priestley (1733-1804) detecta que desprende O₂, aunque esto sólo ocurre en presencia de luz como había señalado Ingen-Housz (1730-1799), definiéndose a finales del siglo XVIII la primera ecuación del proceso fotosintético.

Un segundo problema relevante para la ciencia consistió en conocer si *¿las plantas también respiran?* Inicialmente se consideraba que la respiración era una función exclusiva de animales. En esta línea, Priestley interpretó el intercambio de gases antes citado como una respiración “especial”, inversa a la de los animales, que se produce solo durante el día. Posteriormente, Sachs (1832-1897) demostró en 1864 que las plantas respiran igual que los animales: toman O₂ y desprenden CO₂ tanto de día como de noche. Cabe destacar que, años antes, ya Lavoisier (1743-1794), empleando la teoría de la oxidación, interpretaba la respiración como un proceso de combustión biológica que produce la energía necesaria para la vida. De esta forma la respiración, función asociada al Reino Animal, se extiende al vegetal. Ésta se integra con la fotosíntesis en el proceso nutritivo de las plantas, desarrollándose un concepto unificador que iguala a animales y vegetales a pesar de las diferencias.

A continuación se plantea un nuevo dilema *¿cómo y dónde se producen los procesos de nutrición vegetal?* Hasta el siglo XIX todos los procesos asociados a la nutrición se situaban a nivel organismo (la planta). Sin embargo, el surgimiento de la Teoría celular permitió no sólo profundizar en los mismos, sino situarlos. En este sentido, los avances en la investigación llegaron a establecer los complejos procesos bioquímicos de la nutrición vegetal que tienen lugar en los orgánulos –cloroplastos y mitocondrias- de las células, unidades anatómicas y funcionales de la planta. La investigación biológica introdujo además, una nueva problemática, el conocimiento del

medio desde una perspectiva global. Desde esta perspectiva surgen nuevos problemas asociados a los organismos autótrofos: *¿la nutrición de las plantas tiene repercusión en el entorno?* Su resolución conduce a que los vegetales adquieran una nueva dimensión. Éstos, que en un tiempo fueron considerados meros consumidores de la materia orgánica del humus, pasan a ser los organismos clave para comprender los procesos energéticos y ciclos de materia que ocurren en el ecosistema y con ello el equilibrio del mismo.

De esta forma se dispone de una visión amplia e integradora de la nutrición vegetal, que trasciende la mera función de proporcionar “materia” al organismo para generar y regenerar sus estructuras y para obtener la energía necesaria a través de la respiración, otorgándole al vegetal un papel trascendental en el ecosistema, en lo referente a los ciclos de materia y al flujo de energía. Basándonos en lo hasta ahora indicado, se puede afirmar que el conocimiento sobre la nutrición en general, y sobre la nutrición vegetal en particular, se ha ido abordando desde tres perspectivas diferentes: nivel individuo (planta); nivel celular (cloroplastos y mitocondrias) y nivel ecosistema (el vegetal en relación con el entorno).

Dificultades del alumnado

La adquisición de conocimientos sobre la nutrición vegetal, encierra dificultades para el alumnado de distintos niveles educativos, apreciándose la persistencia de un gran número de ideas inadecuadas al respecto. A continuación se realiza un análisis de dichas ideas, agrupándolas en función de cuatro contenidos “clave” necesarios para comprender la nutrición vegetal, pero teniendo en cuenta que no es más que un criterio de clasificación, ya que todas ellas están interrelacionadas:

1) La “alimentación” de las plantas:

- Los alumnos entienden que *el alimento de las plantas procede del suelo*. Por otra parte, cuando los estudiantes enumeran los alimentos que necesita la planta, no consideran el CO₂ (Bell, 1985; González Rodríguez et al. 1999; Helldén, 1999; Ozay & Oztas, 2003; Wood-Robinson, 1991), lo que indica que no comprenden su papel en la formación de la materia vegetal.
- Tienen dificultades para diferenciar las sustancias orgánicas de las inorgánicas, sosteniendo en algunos casos la “*idea heterotrófica*” de que

las plantas incorporan del suelo sustancias como almidón, azúcar,... (Stavy, Eisen, & Yaakobi, 1987; Wandersee, 1983).

2) El proceso específico de fotosíntesis y su relación con la respiración:

- Los alumnos no admiten que las plantas respiran y suelen entender que respiración y fotosíntesis son procesos contrarios (Barker & Carr, 1989; Flores, Tovar, & Gallegos, 2003; J.; Leach et al, 1996a; Marmaroti & Galanopoulou, 2006; Ozay & Oztas, 2003).
- Centran las comparaciones entre fotosíntesis y respiración en los gases que se captan y expulsan y en el momento en el que se realiza (Arnold & Simpson, 1980; Rumelhard, 1985).

3) El lugar donde se produce la nutrición vegetal, es decir en qué lugar se realizan los procesos de fotosíntesis y respiración:

- Los estudiantes tiene dificultades para percibir que la fotosíntesis es un proceso de transformación de materia que se realiza en el interior de las células y la asocian a un intercambio gaseoso (Baker, 1994; Eisen & Stavy, 1993; Leach et al., 1996a; Leach et al, 1996b; Marmaroti & Galanopoulou, 2006).

4) La influencia de la nutrición vegetal en el entorno, es decir cual es la influencia de las plantas para los demás niveles tróficos y para el medio ambiente en general:

- Los alumnos consideran malsanas a las plantas durante la noche porque expulsan CO₂, ya que perciben esta sustancia como nociva y peligrosa (González Rodríguez et al., 1999; Simpson & Arnold, 1982).
- Sostienen ideas simplistas respecto a la influencia de los vegetales en la composición del aire. Aunque existen estudios en los que la mayoría de los alumnos reconocen la importancia de la fotosíntesis en el mantenimiento de los niveles de O₂, en un ecosistema, no llegan a concebir que la supervivencia de los animales se debe no sólo al vegetal como productor de materia orgánica sino como verdadero suministrador de O₂ a la atmósfera (Starvy et al., 1987; Wandersee, 1983).
- No poseen una visión interrelacionada de la fotosíntesis, la respiración y la putrefacción en el ecosistema. Además, materia y energía no se consideran diferenciados en el ecosistema (Leach et al., 1996a; Leach et al., 1996b).

Qué enseñar sobre nutrición vegetal. Una propuesta de enseñanza

Distintos autores han tratado de dar respuesta a esta cuestión. Concretamente Stern y Roseman, (2004), con la intención de analizar el desarrollo del currículum a través del análisis de materiales didácticos, establecen que la enseñanza de este tema debe atender a las siguientes ideas claves, que contemplan, tanto la nutrición vegetal como función vital y sus particularidades dentro del concepto de nutrición, como la dimensión ecológica de la misma:

- La nutrición es una función vital por la cual todos los organismos vivos obtienen la materia y la energía necesaria.
- Las plantas son organismos autótrofos que producen materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas. Los animales son organismos heterótrofos que necesitan obtener materia orgánica ya elaborada.
- Las plantas obtienen materia orgánica por el proceso de la fotosíntesis. Elaboran sustancias orgánicas a partir del H₂O, el CO₂ del aire y las sales minerales, empleando la energía de la luz.
- Tanto las plantas como los animales obtiene energía por la respiración. La respiración consiste en la ruptura de sustancias orgánicas complejas en otras más simples (CO₂ y H₂O).
- La planta dispone de órganos y estructuras que permiten la absorción y el transporte de agua, sales minerales y sustancias orgánicas. Así las sustancias llegan a todas las células, lugar donde se produce la fotosíntesis y la respiración.
- Las plantas son productores primarios que utilizan energía y luz para producir sustancias orgánicas que será utilizada por otros organismos. En la naturaleza la materia y la energía se transfiere de unos organismos a otros, de manera que la materia cicla y se reutiliza y la energía fluye.

Por otra parte, Cañal (2005), propone cinco niveles de complejidad creciente para realizar el estudio de la Nutrición Vegetal, que implican distintos grados de comprensión del proceso fotosintético y respiratorio y de su integración en el concepto de nutrición. El nivel más elemental se caracteriza por entender la nutrición vegetal como mera alimentación –la planta capta sustancias provenientes exclusivamente del suelo-. El nivel más avanzado consiste en comprender que la fotosíntesis es un proceso que tiene lugar en los cloroplastos de las células del vegetal, y origina

los nutrientes orgánicos que la planta necesita a partir de las sustancias inorgánicas (agua, sales y CO₂). Las sustancias orgánicas son utilizadas en la respiración celular para obtener energía.

Asimismo, desde una visión más global, otras autoras (Pujol, 2003) (García Rovira, 2005) (Gómez Galindo et al., 2007) entienden a los seres vivos y, por tanto, a los vegetales, como sistemas complejos en constante interacción con su medio, donde la estructura y dinámica de las funciones interactúa. Esta complejidad conduce a que el estudio de la nutrición vegetal se puede abordar desde distintos niveles de organización (nivel organismo, nivel célula, nivel ecosistema) de forma que permitirá alcanzar un determinado grado de generalización.

Indudablemente, los niveles citados encierran diferente grado de dificultad para el que aprende. Así, sería deseable que la enseñanza hiciera evolucionar las ideas y modelos que emplean los alumnos, desde los más sencillos y evidentes, hasta otros más abstractos y complejos que el estudiante ha de ir contrastando con la realidad, percibiendo su mayor idoneidad explicativa (García Rovira, 2005), aspecto éste que resulta coherente con las aportaciones de la Epistemología de la Ciencia (Giere, 1999). Cabe destacar que lo indicado permite dar continuidad al currículo, pues posibilita realizar un estudio de forma articulada.

Basándonos en la revisión realizada hasta el momento, se presenta a continuación una propuesta de secuencia conceptual sobre la nutrición vegetal. Dicha secuencia se organiza de forma creciente en cuanto a su complejidad. Así, inicialmente se focaliza el estudio de la nutrición vegetal en el individuo (planta), que resulta más simple y concreto al alumnado, para pasar al nivel celular, más abstracto y complejo. Ambos niveles se hallan interrelacionados entre sí y, a su vez, relacionados con el nivel ecosistema, que se puede abordar ya desde una perspectiva simple y concreta, hasta una perspectiva compleja, global y abstracta (Figura 1).

Por otra parte, la propuesta de secuencia, se articula en torno a tres cuestiones clave, que venimos empleando hasta el momento: *¿De qué se alimentan las plantas?*, *¿Cómo y dónde se produce la nutrición de la planta?*, *¿Son importantes las plantas para el entorno?* Además, la secuencia,

siguiendo a (Cañal, 2005), contempla cinco niveles diferentes de complejidad, dirigidos a las diferentes etapas de la enseñanza obligatoria.

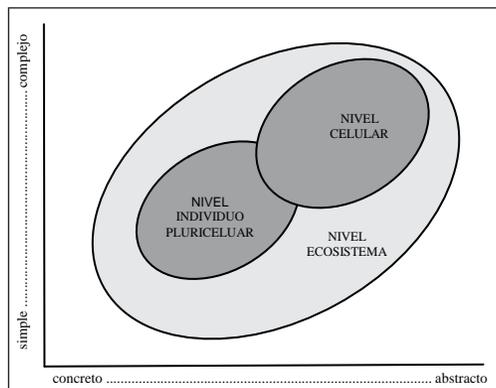


Figura 1. Niveles de tratamiento de la nutrición vegetal.

En la tabla 2 se especifican los aspectos correspondientes a cada nivel. En la columna de la izquierda se incluyen aquellos asociados a las dos primeras cuestiones planteadas, dada la relación que existe entre ellas, y en la columna de la derecha los correspondientes a la tercera. Como se puede observar con relación a las cuestiones *¿De qué se alimentan las plantas?*, *¿Cómo y dónde se produce la nutrición de la planta?*, se parte de una idea sencilla, las plantas absorben materia (agua y sales) y necesitan luz para crecer y paulatinamente se van integrando otras necesidades nuevas evidentes (los gases). Además se introduce la idea de transformación de la materia y de la obtención de energía por la respiración, todo ello interpretado finalmente (niveles 4 y 5) en el marco de la teoría celular.

En relación a la cuestión *¿Son importantes las plantas para el entorno?*, se parte también de una idea elemental próxima: “las plantas son el alimento de los animales”, les proporcionan un tipo de materia que ellos no pueden fabricar. Esta idea es necesaria para desarrollar otras más globales como la concepción de que los autótrofos (vegetales y otros) son los responsables de la entrada de materia y energía en el ecosistema, o también ideas más complejas como la relación de los vegetales, junto con el resto de los seres vivos, en los ciclos biogeoquímicos.

NIVEL	¿De qué se alimentan las plantas? ¿Cómo y dónde se produce la nutrición de la planta?	¿Son importantes las plantas para el entorno?
I	Las plantas absorben sustancias por las raíces (agua y sales). También necesitan luz y aire para crecer.	Las plantas son alimento para los animales
II	Las plantas absorben sustancias por las raíces (agua, sales) y el CO ₂ del aire por las hojas. Estas sustancias en presencia de luz se transforman en las hojas originando sus materiales –fotosíntesis-, que constituyen las hojas, las flores...	Las plantas son alimento para los animales, ya que elaboran materiales que ellos no pueden fabricar.
III	Las plantas durante la fotosíntesis producen O ₂ como sustancia de desecho que eliminan por las hojas. Las sustancias absorbidas por la planta -sustancias inorgánicas- se transforman mediante la fotosíntesis en sustancias orgánicas que no solo las utilizan para formar sus estructuras (hojas, flores...), sino también para producir energía mediante la respiración. Para ello necesitan O ₂ y desprenden CO ₂ por las hojas, como producto de desecho.	El O ₂ expulsado por las plantas al aire es utilizado por los animales para respirar Las plantas proporcionan a otros seres vivos la materia orgánica, que les sirve para fabricar estructuras y obtener energía. Por ello representan en el ecosistema, el primer nivel de las cadenas tróficas (productores primarios).
IV	La fotosíntesis se realiza en las células de las partes verdes de la planta. Para ello es necesario que el H ₂ O y las sales minerales sean transportados hasta ellas desde las raíces. Las sustancias orgánicas elaboradas en la fotosíntesis, a su vez han de ser transportados a las células de toda la planta, donde se elaboran las sustancias orgánicas propias y se produce la respiración.	Las plantas son organismos -autótrofos-, ya que elaboran materia orgánica a partir de materia inorgánica. Esta materia orgánica es imprescindible para que otros organismos obtengan materia y energía -heterótrofos-. Por ello, representan la vía de entrada de la energía y la materia en el ecosistema.
V	La fotosíntesis se realiza en unos orgánulos específicos de las células vegetales -los cloroplastos-, mientras que, la respiración se realiza en otros orgánulos que también están presentes en las células animales -las mitocondrias-.	Las plantas al constituir la vía de entrada de materia y de energía en el ecosistema, son organismos esenciales en los ciclos biogeoquímicos, contribuyendo al equilibrio del mismo.

Tabla 2. Progresión conceptual de la Nutrición Vegetal.

Esta organización conceptual podría servir de base para promover la evolución del conocimiento del alumnado a lo largo de la educación obligatoria. Sin embargo el nivel V es todavía hipotético para los últimos cursos de la misma. La comprensión profunda de la nutrición a nivel celular y la comprensión del papel de los autótrofos y heterótrofos en los ciclos biogeoquímicos, puede resultar excesivamente compleja y abstracta (Cañal, 2005). Sin embargo el nivel IV puede

ser un objetivo a alcanzar en la etapa obligatoria, incluso añadiendo la interpretación celular del proceso nutritivo.

A modo de conclusión

En este trabajo se ha realizado un análisis conceptual sobre la nutrición vegetal, que es un tema de gran importancia para la alfabetización científica del ciudadano en cuanto contribuye

a conocer e interpretar el medio que le rodea. Además se ha tratado de establecer una secuencia de contenidos de complejidad creciente con el fin de orientar la introducción de contenidos, desde los primeros niveles educativos (educación primaria) hasta el final de la educación secundaria obligatoria (16 años en España). Cabe destacar, que esta secuencia atiende inicialmente a la nutrición de la planta (nivel organismo) y posteriormente a su interpretación a nivel celular, sin olvidar el nivel ecosistema con el que ambos se relacionan.

Entendemos que el análisis llevado a cabo y la secuencia conceptual propuesta, lejos de ser una

opción cerrada, constituye un punto de partida o referencia para realizar reflexiones docentes. Concretamente, consideramos que puede ser de utilidad para el profesorado, pues podrá comparar esta propuesta de secuencia con aquellas que se incluyen en los textos y en otros materiales didácticos que maneja habitualmente, así como con sus propias decisiones sobre selección y secuenciación de contenidos. Además, como no, podrá ser evaluada realmente en el aula. Todo ello contribuirá, sin duda, a enriquecer el conocimiento escolar de este tema y su enseñanza, que, como hemos justificado, encierra importantes problemas de aprendizaje.

Referencias bibliográficas

- Arnold, B., y Simpson, M. 1980. The concept of photosynt at “O” grade “why pupil difficulties occur”. *Scottish Association for Biological Education Newsletter*, 5, 4.
- Asimov, I. 1968. Fotosíntesis. Plaza y Janés (1980). Barcelona
- Asimov, I. 1982. *Introducción a la Ciencia*. Plaza & Janes. Barcelona.
- Baker, L. 1994. Metacognición, lectura y educación científica. In C. Minnick y D. E. Alvermann (Eds.), *Una didáctica de las ciencias*. Procesos y aplicaciones, pp. 21-44). Aique. Argentina.
- Barker, M., y Carr, M. 1989. Photosynthesis - can our pupils see the wood for the trees? *Journal of Biological Education*, 23(1), pp. 41- 44.
- Bell, B. 1985. Students´ ideas about plant nutrition: what are they? *Journal of Biological Education*, 19(3), pp. 213-218.
- Cañal, P.1990. *La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes: un estudio didáctico en la educación básica*. Unpublished Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.
- Cañal, P. 2005. *La nutrición de las plantas: enseñanza y aprendizaje*. Síntesis. Madrid.
- Cañal, P., y Criado, A. 2002. ¿Incide la investigación en didáctica de las ciencias en el contenido de los libros de texto escolares? El caso de nutrición de las plantas. *Alambique*, 34, pp. 56-65.
- Coll, C., Del Río, M. J., Sarabia, B., y Valls, E. 1992. *Los contenidos de la Reforma*. Santillana. Madrid.
- Charrier, M., Cañal, P., y Rodrigo Vega, M. 2006. Las concepciones de los estudiantes sobre fotosíntesis y respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(3), pp. 401-410.
- Driver, R., Child, D., Gott, R., Head, J., Jhonson, S., Worsley, C.1984. *Science in Schools at age 15: Report No 2. Assesment of Performance Unit*. Londres.
- Eisen, Y., y Stavy, R. 1993. How to make the learning of photosynthesis more relevant. *International Journal of Science Education*, 15(2), pp. 117-125.
- Ekborg, M. 2003. How student teachers use scientific conceptions to discuss a complex environmental issue. *Journal of biological education*, 37(3), pp. 126-132.
- Flores, F., Tovar, M. E., y Gallegos, L. 2003. Representation of the cell and its processes in high school students. An integrated view. *International Journal of Science Education*, 25(2), pp. 269.
- García Rovira, M. P. 2005. Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra. VII Congreso*, pp. 1-6.
- Giere, R. N. 1999. Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias, Extra*, pp. 63-70.

- Giordan, A., Raicharg, D., Drouin, J. M., Gagliardi, R., y Canay, A. M. 1988. *Conceptos de Biología. 1. La respiración. Los microbios. El ecosistema. La neurona (Vol. 1)*. Labor. Barcelona.
- Gómez Galindo, A. A., Sanmartí, N., & Pujol, R. M. 2007. Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), pp. 325-340.
- González Rodríguez, C., García Barros, S., & Martínez Losada, C. 1999. Concepciones de los alumnos de bachillerato, acerca de la función de los gases en el proceso de fotosíntesis. In C. Martínez Losada y S. García Barros (Eds.), *La Didáctica de las Ciencias. Tendencias actuales*, pp. 335-344. A Coruña: Universidade da Coruña.
- González Rodríguez, C., García Barros, S., y Martínez Losada, C. 2008. Study of Plant Nutrition in Compulsory Secondary Education Textbooks. *Journal of Biological Education*, en prensa.
- Hall, D., y Rao, K. 1977. *Fotosíntesis*. Omega. Barcelona.
- Harré, R. 1970. *El método científico*. Blume. Madrid.
- Helldén, G. 1999. A longitudinal study of pupils' understanding of conditions for life, growth and decomposition. In E. C. M. Bandiera, E. Torracca & M. Vicentini (Ed.), *Research in Science Education in Europe (Vol. London*, pp. 23-29). Kluwer Academic publishers. London.
- Izquierdo Aymerich, M. 2005. Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), pp. 111-122.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P., y Wood-Robinson, C. 1996a. Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. *International Journal of Early Years Education*, 18(1), pp. 19-34.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P., y Wood-Robinson, C. 1996b. Children's ideas about ecology 3: ideas found in children aged 5-16 about the interdependency of organisms. *International Journal of Early Years Education*, 18(1), pp. 129-141.
- Marmaroti, P., y Galanopoulou, D. 2006. Pupils' understanding of photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Science Education*, 128(4), pp. 383-403.
- Mazliak, P. 1976. *Fisiología Vegetal. Nutrición y metabolismo*. Omega. Barcelona.
- Ozay, M., y Oztas, H. 2003. Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37(2), pp.68-70.
- Pozo, J. I., y Gómez Crespo, M. A. 1998. *Aprender y Enseñar Ciencias*. Morata. Madrid.
- Pujol, R. M. 2003. *Didáctica de las Ciencias en la Educación Primaria*. Síntesis. Madrid
- Rumelhard, G. 1985. Quelques representations a propos de la photosynthese. *Aster*, 1, pp. 37-66.
- Simpson, M., & Arnold, B. 1982. Availability of prerequisite concepts for learning biology at certificate level. *Journal of Biological Education*, 16(1), pp. 65- 72.
- Starvy, R., Eisen, Y., y Yaakobi, D. 1987. How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), pp. 105-115.
- Stern, L., Roseman, J.E. 2004. Can middle-school science textbooks help students learn important ideas? Findings from project 2061's curriculum evaluation study: Life science. *Journal of Research of Science Teaching*, 41(6), pp. 538-568.
- 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.
- Wandersee, J. H. 1983. Students' misconceptions about photosynthesis: cross-age study. In H. y. N. Helm, J.D. (Ed.), *Proceedings of the International Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics*, 20-22 junio (pp. 441-446). Cornell University, Ithaca, N.Y.
- Wood-Robinson, C.1991. Young people ideas about plants. *Studies in Science Education*, 19, pp. 119-135.