

¿HA MEJORADO EL CONOCIMIENTO SOBRE LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS DESDE LOS AÑOS 90? UN ANÁLISIS TEMPORAL CON ALUMNADO DE PRIMARIA Y SECUNDARIA

Has students' knowledge on plant nutrition improved since the 90's? A temporary analysis with primary and secondary education students

Oihana Barrutia*, Aritz Ruiz-González*, Daniel Zuazagoitia*, Sukarrieta Taldea y Joserra Díez***

*Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, UPV/EHU

***Centro de Experimentación Escolar de Pedernales/ Sukarrietako Eskola Saiakuntzarako Zentroa

Correspondencia:

Mail: oihana.barrutia@ehu.es

Recibido: 01/07/2016; Aceptado: 01/09/2016

Resumen

La nutrición de las plantas, proceso de gran trascendencia biológica y relevancia curricular, entraña gran complejidad para el alumnado de Educación Obligatoria. Los errores conceptuales del alumnado y la evolución en la adquisición de este conocimiento han sido estudiados con profusión, pero en pocas ocasiones se han comparado estos aspectos entre diferentes periodos. En este estudio se comparó el nivel de formulación acerca de la nutrición de las plantas entre el alumnado (de los tres ciclos de Enseñanza Primaria y primer ciclo de Secundaria) del curso académico 1995/96 y del 2012/13 en base a sus dibujos y explicaciones. Los resultados muestran que, en general, el conocimiento se adquiere progresivamente con la edad, y que los niveles de formulación son similares entre los dos periodos de estudio (i.e. 1995/96 y 2012/13). Además, aunque el vocabulario científico del alumnado aumenta junto con la etapa educativa, aparecen errores conceptuales en todas las edades.

Palabras clave: nutrición de las plantas; dibujos; nivel de formulación; ideas alternativas; educación obligatoria.

Abstract

Plant nutrition, a biological process of great significance and curricular relevance, entails huge complexity for Compulsory Education students. Students' previous ideas and development in knowledge acquisition have been profusely studied. However, these aspects have been rarely compared between different time periods. In this study the formulation level about plant nutrition was compared among students (from the three cycles of Primary Education and first cycle of Secondary Education) from academic years 1995/96 and 2012/13 based on their drawings and explanations. The results show that, in general, knowledge is acquired progressively with age, and that formulation levels do not improve from 1995/96 to 2012/13. Besides, despite scientific vocabulary of students increases with the educational stage, conceptual errors appear at all ages.

Keywords: plant nutrition; drawings; formulation levels; alternative conceptions; compulsory education.

INTRODUCCIÓN

La nutrición de las plantas es un tema que ha llamado la atención de la humanidad desde tiempos antiguos y desde el punto de vista ecológico se trata de uno de los procesos más importantes en el Planeta. Como consecuencia de su importancia, la nutrición de las plantas es considerada uno de los principales tópicos de la Educación en Biología, tanto en el curriculum de Educación Primaria (EP) como en el de Secundaria (ES). Sin embargo, la comprensión de este proceso no siempre resulta sencilla (Marmaroti & Galanopoulou, 2006), y existe un gran número de estudios que han identificado los principales errores conceptuales y las dificultades de aprendizaje relativos a esta materia (e.g., Barker & Carr, 1989; Eisen & Stavy, 1988; Köse, 2008, Melillán et al. 2006). Por ejemplo, el error conceptual más frecuente es el que se refiere a la alimentación autótrofa de las plantas, siendo una idea común entre el alumnado que las plantas obtienen su alimento exclusivamente del suelo (Köse, 2008; Simpson & Arnold, 1982). De hecho, la fotosíntesis es un concepto biológico complejo, con una amplia serie de aspectos conceptuales relacionados con la ecología, fisiología, bioquímica, energía o alimentación autótrofa, cuyas conexiones no pueden ser fácilmente comprendidas por los estudiantes (González-Rodríguez, Martínez-Losada y García-Barros, 2009). Todo esto hace que la nutrición de las plantas sea uno de los conceptos más difíciles en todos los niveles de alfabetización científica, desde la escuela hasta la universidad (e.g. Cokadar, 2012). Por esta razón, es de crucial importancia identificar las ideas del alumnado sobre esta temática, ya que, las ideas previas -su explicitación, análisis y utilización- constituyen el punto de inicio de una concepción constructivista de la enseñanza-aprendizaje (Ausubel, Novak & Hanesian, 1983; Driver, 1988; Coll, 1994).

La investigación acerca de cómo avanza el aprendizaje de los estudiantes muestra la existencia de progresiones de aprendizaje de las ciencias, es decir, cómo con una instrucción apropiada, la comprensión de los conceptos básicos y explicaciones científicas crecen y se vuelven más sofisticados con el tiempo (NRC, 2007). Por ello, la comunidad de la educación científica (investigadores, científicos, desarrolladores de evaluación, formadores de profesorado y diseñadores de *curricula*) está interesada en el desarrollo de progresiones de aprendizaje, y muchas de estas personas opinan que las progresiones de aprendizaje pueden conducir a la consecución de normas más específicas, planes de estudios mejor diseñados, una mejor evaluación e instrucción y, en definitiva, a un mejor y más eficaz aprendizaje de la Ciencia (Corcoran, Mosher & Rogat, 2009).

El objetivo de este estudio es comparar las concepciones del alumnado y su nivel de conocimiento sobre la nutrición de las plantas entre los cursos académicos 1995/96 y 2012/13. Estas dos cohortes de alumnado se encuentran distanciados entre sí 18 años en el tiempo, y de hecho estudiaban bajo diferentes leyes educativas. El alumnado de 1995/96 cursaba sus estudios de Educación Obligatoria bajo la LOGSE (Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo de España 1/1990), mientras que el alumnado de 2012/2013 lo hacía bajo la LOE (Ley Orgánica de Educación 2/2006). El currículo escolar bajo cada una de estas leyes educativas era diferente, lo cual pudo tener influencia en la adquisición de conocimientos y comprensión sobre la nutrición de las plantas.

Con este fin se han analizado y comparado los dibujos y las explicaciones del alumnado de los tres ciclos de EP (7/8, 9/10 y 11/12 años de edad) y del primer ciclo de ES (13/14 años) de los dos cursos académicos antes mencionados. Las edades comprendidas en el estudio integran evolutivamente alumnado del final del periodo preoperatorio, el de las operaciones concretas y el del comienzo del pensamiento formal que propuso Piaget. Adicionalmente, el objetivo de este estudio es caracterizar los conceptos y elementos asociados a la nutrición de las plantas que el alumnado incorpora en cada ciclo educativo. En último

término, los datos recogidos proporcionan elementos para el debate sobre la aproximación didáctica más adecuada para la enseñanza y aprendizaje de la nutrición de las plantas durante la Educación Obligatoria.

METODOLOGÍA

Criterios de selección y características de la muestra

El alumnado estudiado provenía de la provincia de Bizkaia, concretamente de Centros de ambas redes de enseñanza (pública y privada). Dichos Centros ofertaban al menos dos cursos por nivel educativo, y albergaban unos veinte estudiantes en cada aula. En total, el alumnado de 1995/96 procedía de 11 centros escolares y el de 2012/13 de 18.

Los datos fueron obtenidos en el CEEP (Centro de Experimentación Escolar de Pedernales/*Sukarrieta Eskola Saiakuntzarako Zentroa*) ubicado en Sukarrieta (Reserva de la Biosfera de Urdaibai, Bizkaia), centro de referencia de educación ambiental para los centros educativos de la región. La comunidad educativa de este centro trabaja con el alumnado temas relacionados con la Educación Ambiental y con la naturaleza en particular, siguiendo una metodología de inspiración constructivista. Para ello, habitualmente recoge las ideas previas del alumnado por medio de cuestiones planteadas de forma gráfica, escrita u oral como punto de partida para realizar las actividades y construir el conocimiento (Gutiérrez, 1998).

Instrumento y recogida de información

Entre los diferentes métodos para determinar la comprensión de conceptos científicos por el alumnado, los dibujos han sido considerados como instrumentos de investigación simples que permiten una fácil comparación a nivel internacional (Köse, 2008; Prokop & Fancovicová 2006). Los dibujos realizados por el alumnado proporcionan una "ventana" hacia sus pensamientos y sentimientos, sobre todo porque reflejan una imagen de su mente (Thomas & Silk, 1990). Por lo tanto, mediante esta estrategia podemos obtener una visión de los modelos mentales con los que opera el alumnado (Gómez y Gavidia, 2015), lo cual facilita la labor docente, pues puede promover su modificación por otros más elaborados y funcionales (Ausubel, 2002).

Para este estudio se recogieron las ideas del alumnado por medio de láminas que incluían dibujos y texto explicativo. Desde el año 1995, en el que los resultados relativos a la nutrición de las plantas fueron analizados por primera vez se emplea la misma metodología en el CEEP, de modo que en el curso 2012/13 se realizó nuevamente la prueba para realizar una comparativa con los datos ya publicados correspondientes al curso 1995/96 (Gutiérrez, 1998). La continuidad y fidelidad en el método permitió esta comparación.

La prueba consintió en responder a la siguiente pregunta de forma gráfica y escrita: "*¿Cómo crees que se alimentan las plantas? Haz un dibujo y explícalo*". El lenguaje y vocabulario utilizado fue escueto, en un intento de resultar adecuado para todos los niveles en los que se iba a pasar, ya que se utilizó la misma prueba en todos ellos. La prueba recogía en un cuadro superior los datos generales (nombre del centro, nombre del estudiante y su año de nacimiento); posteriormente disponía de un recuadro en el cual el alumnado podía representar de forma gráfica lo que sabía sobre la pregunta, y finalmente disponían de otro espacio vacío que principalmente fue utilizado para responder de forma escrita a la pregunta planteada.

Por consiguiente, se trató de una prueba sobre contenidos conceptuales acerca de los elementos que necesitan las plantas para su desarrollo y su proceso autótrofo de alimentación.

Se recogieron un total de 795 láminas correspondientes a otros tantos estudiantes de los tres ciclos de EP y primer ciclo de ES durante los cursos académicos 1995/96 (n= 317) y 2012/13 (n=478).

Realización de la actividad

Tras la toma de contacto con los centros, aceptación de la actividad por parte de éstos y cita previa, se llevó

a cabo el pase de la prueba mediante el siguiente procedimiento:

A) Indicaciones previas a los Centros, concretando:

- A qué grupo o grupos se hacía el pase de la prueba;
- En qué aula o aulas se realizaba (asegurando que las mesas estuviesen suficientemente separadas entre sí).
- A qué día y hora se hacía el pase de la prueba.

B) Material que se proporcionaba:

- La prueba: atendiendo a idioma y curso.
- Los lapiceros: para tener uniformidad en la forma de recibir las respuestas. No se dejaba goma de borrar, y se pidió que en caso de error se tachara, ya que en lo tachado se puede encontrar alguna otra pista de lo que íbamos persiguiendo.

C) Las instrucciones fueron las siguientes:

1. Se pidió al alumnado que se colocaran en mesas separadas.
2. Presentación-ambientación: explicación de quiénes éramos, de qué centro veníamos, el proyecto de investigación que estábamos realizando y qué queríamos.
3. Se pidió silencio para la explicación y realización de la prueba. Se repartió la prueba y se dejó más o menos un minuto para que el alumnado pudiera verla. Después se leyó en voz alta y se explicó. A continuación se abrió un turno de preguntas para aclarar las dudas y posteriormente se comunicó que cada cual realizara individualmente su prueba.
4. Reparto de lapiceros.
5. Se les pidió que comenzaran anotando los datos personales: nombre y apellidos, el Centro al que pertenecían y su año de nacimiento.
6. Realización de la prueba.
7. Al finalizar la realización se dejó sobre la mesa boca abajo y, si querían, podían dibujar en el reverso -para evitar que pudieran distraer a los demás-. Las pruebas se recogieron una vez que terminó todo el grupo.

Tratamiento de los datos

Una vez realizada la prueba, las respuestas obtenidas fueron analizadas cualitativamente mediante su categorización en los diferentes niveles de formulación preestablecidos (Gutiérrez, 1998), de acuerdo a una creciente complejidad conceptual (Figura 1). Se definieron 4 niveles en base a los siguientes criterios:

- **Nivel I:** solo se mencionan **algunos de los elementos** (independientemente de la cantidad) que necesitan las plantas para su óptimo crecimiento y desarrollo (*e.g.*, agua o nutrientes minerales). No se tienen en cuenta las representaciones o explicaciones que incluyen la procedencia de dichos elementos, cómo los toman las plantas o qué función cumplen (para qué les sirven).
- **Nivel II:** además de mencionar **algunos de los elementos** necesarios para las plantas, indican **desde dónde los captan y por dónde los toman** (por ejemplo desde el suelo mediante las raíces). Sin embargo no se incluyen las representaciones que integran la toma de los elementos en los procesos fisiológicos/bioquímicos de las plantas.
- **Nivel III:** expresan **parcialmente el proceso de fotosíntesis** (no en su totalidad) e incluyen **varias partes de las plantas** en el proceso de nutrición (*e.g.*, raíces y hojas).
- **Nivel IV:** reproducciones que **reflejan el carácter autótrofo de las plantas**, integrando todos los elementos que intervienen en el proceso.

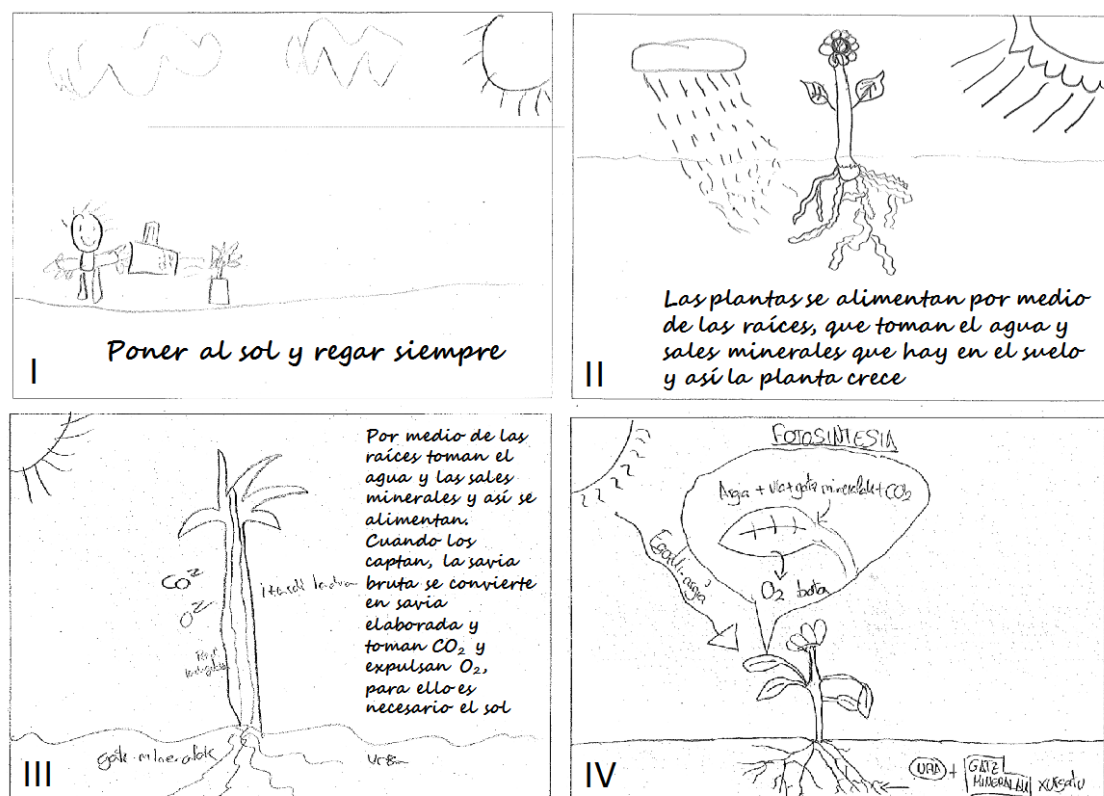


Figura 1. Ejemplo de las representaciones y explicaciones del alumnado sobre la nutrición de las plantas. Dibujos categorizados en diferentes niveles de acuerdo a una creciente complejidad conceptual (I, II, III y IV).

Estas categorías demostraron ser útiles para identificar las ideas del alumnado sobre la nutrición de las plantas y su evolución a diferentes edades (Gutiérrez, 1998) e incorporan de manera implícita los principales errores conceptuales asociados a la nutrición de las plantas. Adicionalmente, en el caso de las láminas del curso 2012/13 se tomó nota de los elementos y procesos que aparecen en los dibujos y textos explicativos del alumnado con el fin de estudiar una posible evolución en sus representaciones sobre la nutrición de las plantas.

Análisis estadísticos

Con el propósito de evaluar la explicitación de las ideas en torno a la nutrición de las plantas se analizaron las posibles diferencias existentes dentro de cada cohorte (entre el alumnado de diferentes edades) y entre los dos periodos de estudio (i.e. 1995/96 vs. 2012/13). En primer lugar, se comprobó la homogeneidad de las muestras según el test de Kolmogorov-Smirnov, el cual descartó el ajuste de los datos a una distribución normal. A continuación se aplicó la prueba de rangos de Kruskal-Wallis para comparar más de dos grupos de muestras independientes con el objetivo de determinar si existían diferencias significativas entre los cuatro ciclos educativos, dentro y entre los dos periodos objeto de estudio (i.e. 1995/96 y 2012/13). Posteriormente, mediante la prueba U de Mann-Whitney, se verificó si existían diferencias significativas al comparar por pares los diferentes ciclos educativos dentro de cada cohorte (e.g. EP1_1995/96 vs. EP2_1995/96) y entre los dos periodos objeto de estudio (e.g. EP1_1995/96 vs. EP1_2012/13).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Progresión del conocimiento y diferencias entre ambas cohortes

La nutrición de las plantas es un conocimiento complejo que abarca diversos aspectos conceptuales (ecológicos, fisiológicos, bioquímicos, energéticos, etc.), cuya conexión resulta imprescindible para una adecuada comprensión por el alumnado (Waheed & Lucas, 1992). Por ello, como el conocimiento general sobre diferentes materias crece junto con la edad escolar (Magntorn, 2007), se puede esperar que la comprensión conceptual sobre la nutrición mineral también mejorará en el alumnado.

En este estudio pudimos comprobar que, tomando las representaciones en su conjunto, la complejidad conceptual sobre la nutrición de las plantas se va adquiriendo progresivamente durante la Educación Obligatoria, ya que en ambas cohortes se observó un aumento generalizado de los niveles de formulación junto con la edad del alumnado (ver Figura 2). No obstante, este aumento no fue siempre progresivo, y se mantuvo invariable entre la etapa EP3 y ES1 en el alumnado del curso académico 1995/96 ($p > .05$), y entre el alumnado de EP2 y EP3 del curso académico 2012/13 ($p > .05$).

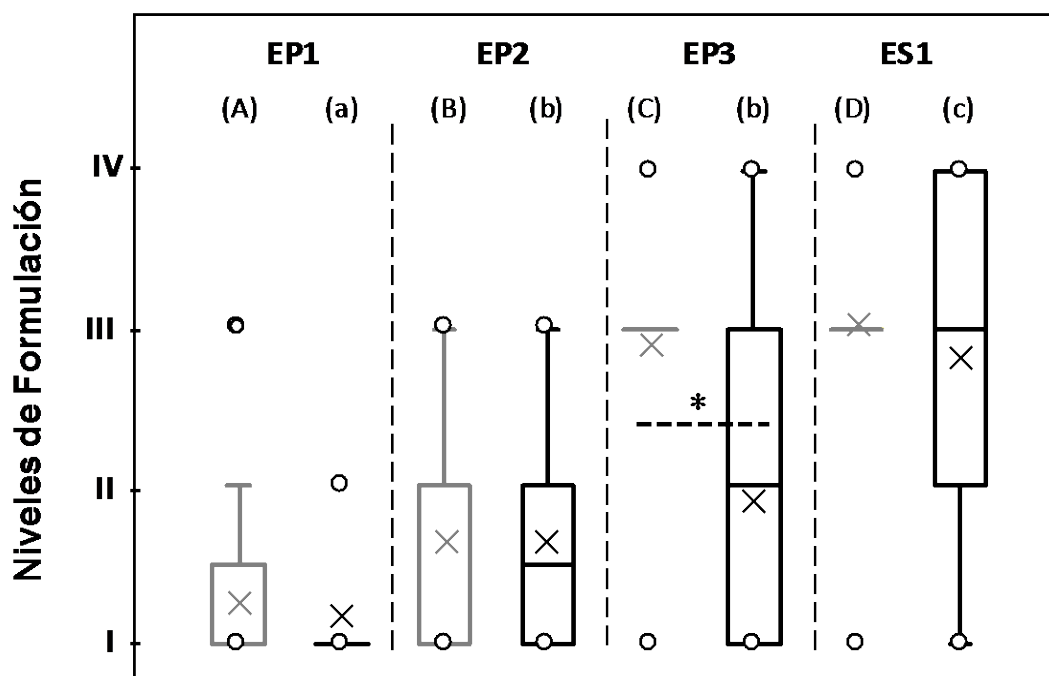


Figura 2. Comparación del nivel de formulación de alumnado de EP1, EP2, EP3, y ES1 durante los cursos académicos de 1995/96 (gris) y 2012/13 (negro). Se representan los promedios (X), las medianas (líneas horizontales), los rangos intercuartiles desde 25% a 75% (cajas), y los valores máximos y mínimos (círculos blancos). Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa dentro de una cohorte ($p < .05$). Asterisco indica diferencias entre ambas cohortes para una misma etapa escolar ($p < .05$).

Al comparar los resultados del curso académico 1995/96 frente a los de 2012/13, se observó que los niveles conceptuales de ambas cohortes eran similares para cada etapa y ciclo escolar aunque hubieran transcurrido casi 20 años entre ambos estudios. La única excepción se registró en la etapa EP3, ya que los estudiantes del curso académico 2012/13 mostraron niveles de formulación significativamente inferiores que los de 1995/96 para esta etapa escolar ($p < .05$). De hecho, a pesar de no ser siempre estadísticamente

significativo, los resultados del curso académico 1995/96 tendieron a ser superiores a los de 2012/13 en todas las etapas escolares (ver promedios de niveles de formulación en Figura 2).

Estas diferencias en la adquisición y progresión del aprendizaje entre ambas cohortes se pueden deber a varios factores, si bien es cierto que uno de los elementos importantes de diferenciación fue la ley educativa bajo la cual estudiaba el alumnado, LOGSE vs. LOE. Bajo cada una de ellas, la Educación Primaria y Secundaria respondía a diferentes principios, y las orientaciones del currículo eran diferentes. Durante la LOGSE estas etapas educativas se vinculaban sobre todo al aprendizaje de contenidos, y la persona, y el currículo era más abierto y flexible. En cambio en la LOE el currículo era más prescriptivo, aunque la novedad más importante fue el enfoque por competencias, elemento curricular novedoso implantado por primera vez. Parecía a priori una innovación interesante ya que pretendía, desde una perspectiva integrada, que el alumnado desarrollara destrezas y habilidades útiles para hacer frente a situaciones (problemáticas) reales durante su proyecto de vida. Es decir, las competencias eran más amplias que la mera adquisición de conocimientos relacionados con las materias típicamente enseñadas en las escuelas (Escamilla, 2008). Pero a pesar de que la LOE trajo consigo interesantes cambios en el "qué" y "cómo" enseñar, el documento no especificaba cómo abordar estos cambios curriculares en la metodología de las aulas (cómo enseñar, evaluar o calificar), siendo generalizada la sensación de desamparo entre el profesorado que tuvo que diseñar y adaptar, no sin cierta incertidumbre, su labor en el aula (Pro y Miralles, 2009). La LOE fue aprobada en 2006 pero no se aplicó en las aulas de Educación Primaria hasta el curso académico 2007/08 (EP1), coincidiendo con el inicio de los estudios de EP del alumnado que en esta investigación mostró unos resultados atípicamente inferiores (EP3_2012/13). Es más, al analizar los resultados en más detalle se observó que los resultados de 6º curso de EP3 de 2012/13 (la primera promoción de alumnado que comenzó sus estudios de EP íntegramente bajo la LOE y coincidiendo con su implantación en las aulas) fueron significativamente inferiores que los de 5º curso del mismo ciclo y curso académico ($p < 0.05$).

Los inicios de cualquier reforma educativa suelen producir cierta incertidumbre y desorientación entre el profesorado, y ello suele reflejarse en el funcionamiento de las aulas. Este efecto podría explicar en parte los limitados conocimientos del alumnado de EP3_2012/13 sobre los elementos que necesitan las plantas para su desarrollo y sobre su proceso autótrofo de nutrición. Los resultados mejoraron para la etapa de EP1 y EP2 del curso 2012/13, probablemente porque con los años el profesorado logra adaptarse a las nuevas exigencias del currículo, y la labor docente mejora en todos los aspectos. En el caso concreto de la LOE, el nuevo enfoque por competencias pudo además haber tenido una consecuencia no deseable en el alumnado que cursó la Educación Obligatoria bajo esta reforma, ya que el profesorado no debidamente formado o aconsejado pudo descuidar en parte la transmisión o aprendizaje de ciertos conceptos o modelos científicos en su intento por adaptar su labor docente al desarrollo de las competencias por el alumnado.

Más allá del ámbito meramente metodológico, los contenidos son uno de los elementos más importantes de cualquier currículo, ya que están más próximos que otros a lo que realmente se hace en las aulas (Pro y Miralles, 2009). Pero a este respecto, no hubo grandes cambios en los contenidos de una reforma a otra, aunque sí en su nivel de definición en cada etapa. Mientras que bajo la LOGSE la secuenciación de contenidos por ciclo quedaba a criterio de los equipos docentes, la LOE especificaba los contenidos por ciclos, por lo que se debería ganar en una mayor concreción y en una secuenciación más adecuada. De hecho, la fotosíntesis en la LOE aparecía textualmente en el tercer ciclo ("La estructura y fisiología de las plantas. Fotosíntesis") (CAPV, 2007), mientras que bajo la LOGSE, en la Comunidad Autónoma Vasca, la nutrición de las plantas se abordaba dentro del 3º bloque de contenidos ("Los seres vivos") pero no se especificaba en qué ciclo debería trabajarse y con qué profundidad en cada uno de ellos (CAPV, 1992). Sin embargo, en la LOE no se diferenciaban los contenidos conceptuales, procedimentales y

actitudinales, y en general aumentaba el número de contenidos. Tal vez ese aumento de contenidos pudo haber repercutido de manera negativa en la profundización o selección de los temas a trabajar.

En todo caso, y como han manifestado otros autores (e.g., Calvo y Martín, 2005; Coll y Porlán, 1998; Escudero, 1999; García, 2002; Gil, Furió y Gavidia, 1998; Pro, 2006; Pro, Sánchez y Valcárcel, 2008), cualquier reforma termina siendo lo que creen, piensan y hacen los profesores en las aulas y en sus centros. Por lo tanto, sería temerario extraer conclusiones categóricas sobre la implicación de estas leyes y decretos en el aprendizaje del concepto de la nutrición de las plantas por el alumnado.

Modelo de nutrición de las plantas y errores conceptuales

A pesar de que el nivel de formulación aumentó en general junto con la etapa educativa del alumnado, se observaron modelos conceptuales simples y errores conceptuales incluso en los estudiantes de último ciclo de EP y primero de ES, sobre todo en la cohorte de 2012/2013.

En la Figura 3 se representa de forma desglosada el nivel de formulación de cada cohorte en diferentes etapas educativas. En la etapa de EP1, más del 70% del alumnado de ambas cohortes mencionó los elementos básicos necesarios para el crecimiento de las plantas, pero no así de dónde o cómo los tomaban, por lo que la mayoría se correspondió con un nivel de formulación básico (nivel I). Tan solo alrededor de un 20% del alumnado de esta etapa añadió información sobre la procedencia o vía de toma de dichos elementos, correspondiéndose su modelo con el nivel de formulación II.

Según se infiere del análisis de las producciones de 2012/2013, durante la etapa de EP1 los elementos citados con mayor frecuencia para la alimentación de las plantas fueron principalmente el agua, seguido por el sol o los minerales, (ver Figura 4). Sin embargo, nadie mencionaba directa o indirectamente procesos relacionados con la alimentación autótrofa de las plantas. Por lo tanto, poseían un modelo incompleto o erróneo sobre la fisiología de las plantas. Estos resultados son similares a los observados por otros autores en estudiantes de la misma edad (7/8 años) (McNair & Stein, 2001). Muchas de las ideas de los niños y niñas, como las observadas en este estudio, suelen tener reminiscencias de teorías científicas que prevalecían en el pasado, como por ejemplo que el agua es el sustento principal de las plantas (van Helmont), o el suelo proporciona todo lo que la planta necesita para vivir y desarrollarse (Aristóteles). Lamentablemente, estas ideas suelen mantenerse hasta la edad adulta si no existe una enseñanza adecuada que permita el cambio conceptual hacia modelos científicamente más correctos. De hecho, diversos estudios han identificado numerosos errores conceptuales en estudiantes de Grado de Educación Infantil y Primaria (Köse, 2008, Thompson, Lotter, Fann & Taylor, 2016) lo que es muy preocupante, ya que los estudiantes tienden a tener las mismas concepciones alternativas que sus profesores (Calik & Ayas, 2005).

En las representaciones de EP1 destacó la presencia de árboles (39%), frutos (13%), macetas (11%) o huertas (3.5%), elementos que van apareciendo con menor frecuencia a medida que aumentaba la edad del alumnado. En cambio, la presencia de raíces o suelo fue menor que en el resto de las etapas educativas. A edades tempranas, los niños suelen desarrollar la comprensión de los conceptos biológicos mediante experiencias directas y concretas con los seres vivos, su ciclo de vida y sus hábitats (NRC, 1996, 2012; Tunnicliffe, 2001). Ello explica que, a la hora de dibujar representaciones relacionadas con las plantas, los niños y niñas de EP1 dibujasen elementos cotidianos.

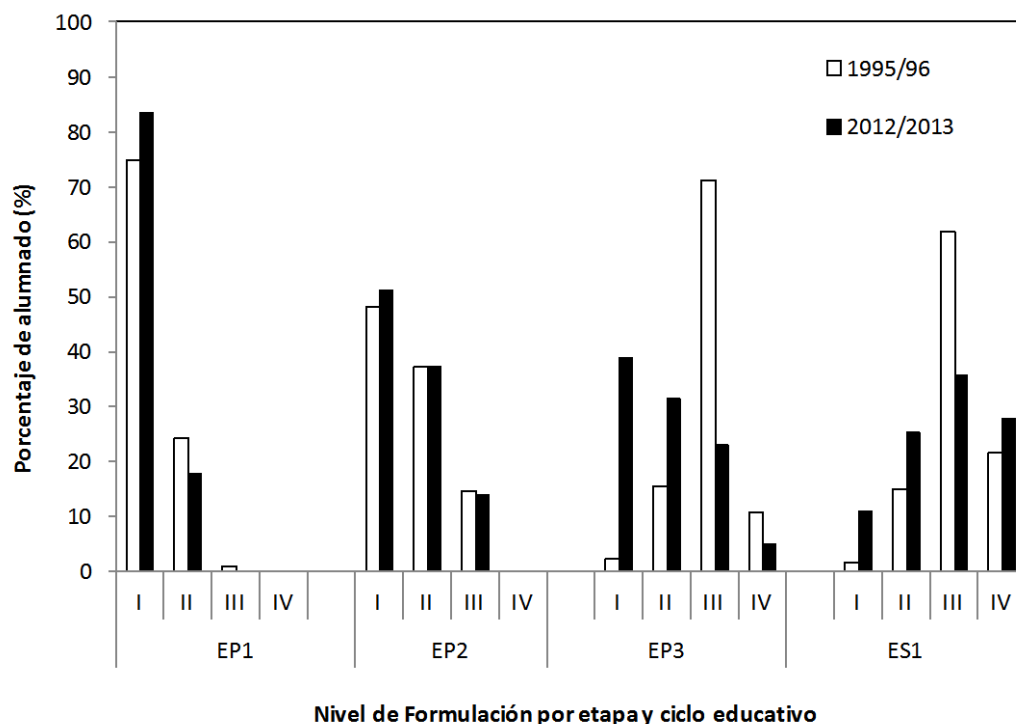


Figura 3. Porcentaje de los niveles de formulación identificados en las representaciones del alumnado de los tres ciclos de Educación Primaria y primer ciclo de Educación Secundaria para los cursos académicos 1995/96 y 2012/13.

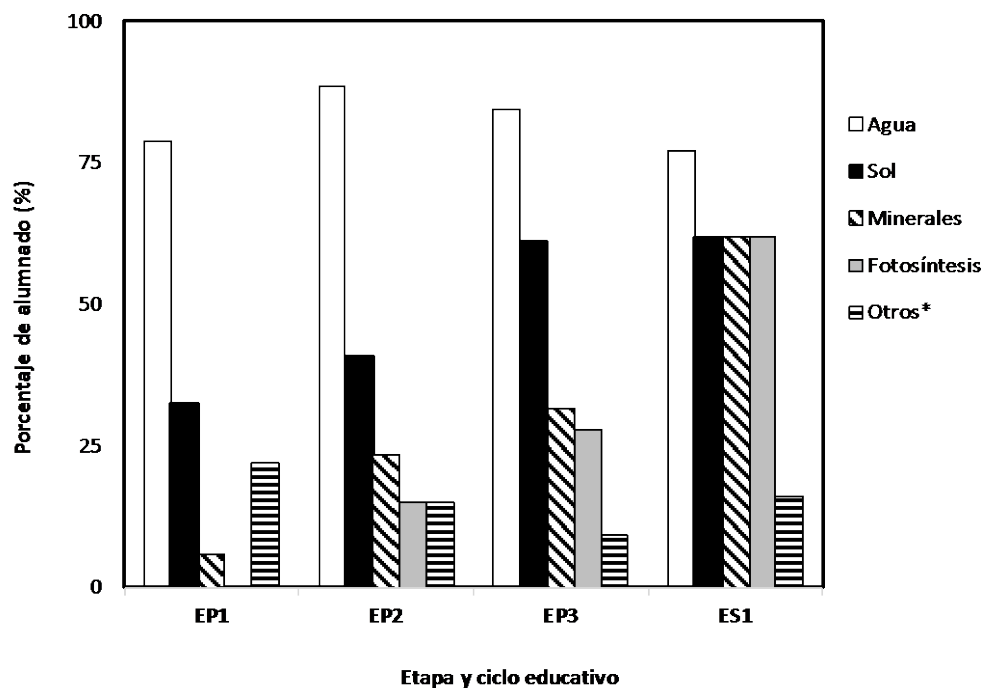


Figura 4. Elementos mencionados por el alumnado de diferentes ciclos educativos en respuestas a la pregunta "¿Cómo se alimentan las plantas?". *Otros (mencionados por una proporción menor al 10% del alumnado de todas las edades): suelo, comida, alimento, materia orgánica.

Asimismo, y en comparación con el resto de etapas escolares, a estas edades (alrededor de los 7/8 años), se aprecia un mayor grado de antropocentrismo y artificialismo en las representaciones y explicaciones del alumnado a la hora de dar respuesta a este problema (ver Figuras 1 y 5). Por ejemplo, casi la mitad del alumnado mencionaba el riego como fuente principal de agua para las plantas, cerca de un 40% dibujó alguna persona en sus representaciones, más del 20% de las respuestas reflejaba la idea de que las plantas dependen del ser humano para su desarrollo y supervivencia (mediante fertilización, cuidados, etc.), y, como se ha comentado anteriormente, una proporción considerable de estudiantes incluía macetas (11%) o huertas (3%) en sus ilustraciones. Algunos ejemplos representativos de las explicaciones del alumnado a estas edades son “*Las plantas necesitan ser puestas al sol, regadas y cuidadas*” o “*Las plantas necesitan que se les hable... y meterlas en casa*”. Además, el alumnado atribuía caracteres humanos a las plantas, mencionando que “*comen*” (17%) o “*beben*” (7%). Es común que a edades tempranas (Educación Infantil y primer ciclo de Educación Primaria) los niños y niñas describan a los organismos con características humanas o explicaciones antropocéntricas, ya que sus razonamientos se basan, como anteriormente se ha comentado, en experiencias personales (French, 2004; Osborne & Freyberg, 1985). A medida que los estudiantes adquieren una variedad de experiencias relacionadas con las características de las plantas, se espera que sus puntos de vista también cambien (McNair & Stein, 2001).

Igualmente, durante esta etapa se observaron los mayores porcentajes de figuras antropomorfas, siendo el sol (seguido por las plantas) el elemento que más veces fue dibujado con rasgos humanos (ojos, nariz y boca). Según Piaget (1951), el antropomorfismo es resultado del egocentrismo de los niños y niñas a edades tempranas. Coincidiendo con otros autores (Anderson et al., 2014; McNair & Stein, 2001), estos signos fueron decreciendo a medida que aumentaba el ciclo escolar (ver Figura 5).

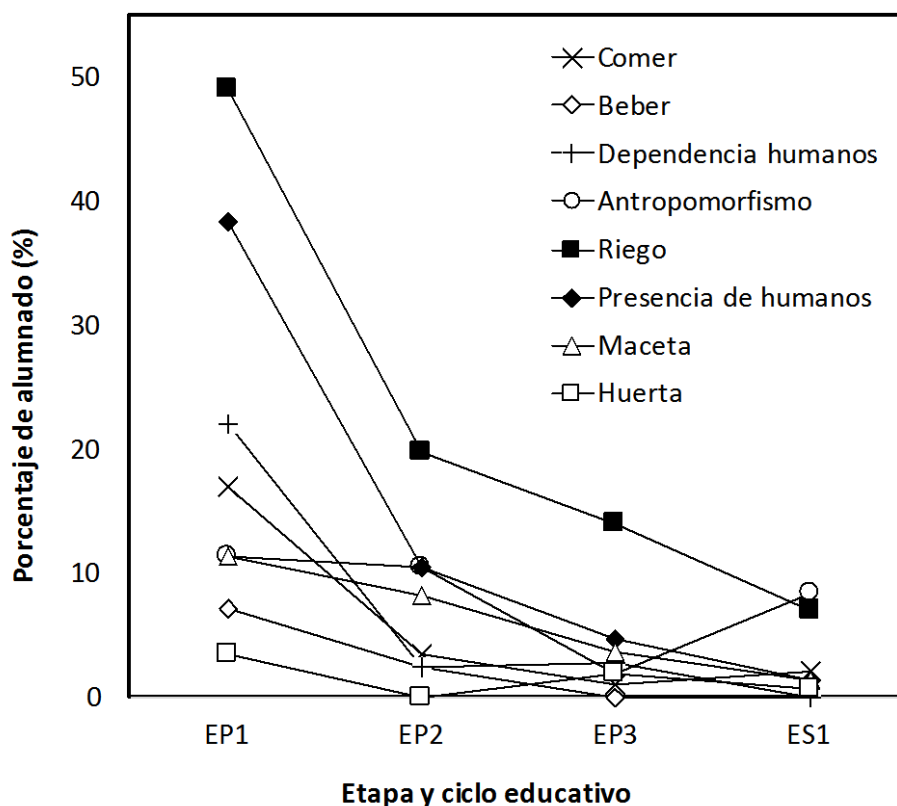


Figura 5. Elementos o conceptos presentes en las respuestas del alumnado en relación a la alimentación de las plantas y vinculados a una visión antropocéntrica.

Ya en la etapa de EP2 se observó una progresión en los modelos del alumnado sobre la nutrición de las plantas (Figura 3). Disminuyó el porcentaje de alumnado con un nivel básico I, aumentó el de nivel II, y apareció un nivel conceptual más elevado relacionado con una noción incipiente de la fotosíntesis (nivel III), aunque incompleta y/o errónea. Un ejemplo sería el tipo de respuesta encontrado en un alumno de 9 años del curso académico 2012/13: “*Captan dióxido de carbono por las raíces y con la ayuda del sol expulsan oxígeno*”. Es innegable que existe una persistencia en los errores conceptuales, que básicamente no se han modificado en las dos últimas décadas, la mayoría de ellos relacionados con la fotosíntesis y la respiración (Cañal, 1997; González-Rodríguez et al., 2009). Como se ha comentado anteriormente, el enfoque antropocéntrico fue perdiendo fuerza a lo largo de las etapas educativas, y en cambio el alumnado incluyó más elementos y términos científicos en sus explicaciones (Tabla 1). El alumnado de EP2 del curso 2012/13 mencionó los términos dióxido de carbono (10%), oxígeno (8%), fotosíntesis (6%), clorofila (3%) o energía (1%) por primera vez en sus producciones. En cuanto a la procedencia del agua para las plantas, principalmente se mencionaba la lluvia (53%) (y ya no el riego, 20%).

Tabla 1

Términos científicos empleados por el alumnado a la hora de explicar la alimentación de las plantas. Se muestra el porcentaje de alumnado que empleó cada término en diferentes ciclos y etapas educativas.

	EP1 (%)	EP2 (%)	EP3 (%)	ES1 (%)
ATP	0	0	0	1
Clorofila	0	3	1	4
Cloroplasto	0	0	0	1
Dióxido de carbono	0	10	23	35
Energía	0	1	2	9
Estoma	0	0	2	3
Fotosíntesis	0	6	12	37
Glucosa	0	0	0	3
Materia orgánica/inorgánica	0	0	0	11
Oxígeno	0	8	18	28
Polen	0	0	0	2
Proteína	0	0	0	1
Savia bruta/elaborada	0	0	4	17

En el 3^{er} ciclo de EP, la mayoría del alumnado estudiado del curso 1995/96 presentaba un nivel de formulación medio-alto (nivel III) (70%), mientras que la mayoría del alumnado del 2012/13 (aproximadamente un 40%) seguía presentando un nivel básico (nivel I). Durante esta etapa educativa

aparecen en ambas cohortes formulaciones del nivel IV que son asignadas a representaciones que reflejan una adecuada comprensión del carácter autótrofo de las plantas. Estas representaciones fueron más abundantes en el alumnado del curso 1995/96. En esta etapa la utilización de términos científicos se incrementó y destacó la inclusión del concepto de savia bruta/elaborada (4%) o estoma (2%) en las explicaciones del alumnado (Tabla 1). Sin embargo, aún se identificaban errores conceptuales importantes en las explicaciones del alumnado. Así, persistía en algunos estudiantes de 2012/13 la idea de que el dióxido de carbono se toma del suelo a través de las raíces (3%), y algunos de ellos mezclaban el rol del CO₂ y del O₂ en el proceso de fotosíntesis (6%). Aparecen también en esta etapa ideas recurrentes en la sociedad como que “*No es bueno dormir con las plantas porque de noche consumen oxígeno y expulsan dióxido de carbono*” (González-Rodríguez et al., 2009).

Finalmente, durante la etapa ES1 predominó el nivel III de formulación en ambas cohortes. A estas edades, aproximadamente la mitad del alumnado del 2012/2013 intentó explicar el proceso de fotosíntesis con mayor o menor detalle (Figura 3 y 4), y se observó una mayor comprensión del proceso a todos los niveles. Al contrario que al inicio de la Educación Primaria, la mayoría de las flores fueron dibujadas con hojas, y estos tejidos cumplían una función en la nutrición de las plantas. Además, de las representaciones se infería que las plantas ya no dependían tanto de la lluvia para tomar agua, y lo hacían desde el suelo a través de las raíces (47%). Asimismo, el vocabulario científico empleado fue en aumento, incluyendo por primera vez términos como cloroplasto (1%), glucosa (3%), ATP (1%) o proteínas (1%) (Tabla 1). Sin embargo, una riqueza en el vocabulario científico no exime de la persistencia de errores conceptuales. Los estudiantes pueden tener mucha información o conocer multitud de piezas relacionadas con la fotosíntesis pero carecer de una visión global y significativa (Stavy, 1987). De hecho, no siempre es necesaria gran parte de la información que se proporciona al alumnado (detalles sobre las relaciones entre clorofila, almidón, azúcar o proteínas por ejemplo) para una comprensión básica pero válida de la fotosíntesis (Cañal, 1997), ya que la sobreinformación contribuye a la formación de errores conceptuales (Eisen & Stavy, 1993). Por ejemplo, en esta etapa fue frecuente la idea de que lo único que la planta necesita para su adecuado desarrollo es la fotosíntesis omitiendo la toma de nutrientes minerales en sus explicaciones (18%). Es más, la explicación del proceso fotosintético se limitó en la mayoría de los casos a la síntesis de compuestos orgánicos por la planta y el alumnado no profundizó en cómo estos compuestos proporcionan materia y energía a la planta (a nivel celular).

CONCLUSIONES

En consonancia con otros trabajos (Gómez y Gavidia, 2015; Kose, 2008), en este estudio los dibujos han demostrado ser una herramienta muy eficaz para identificar los modelos científicos del alumnado. Así, de los resultados obtenidos se deduce que el conocimiento sobre la nutrición de las plantas de estudiantes de Educación Primaria y primer ciclo de Secundaria no ha mejorado en las dos últimas décadas a pesar del avance registrado en el conocimiento, las técnicas de enseñanza y los recursos disponibles en este periodo de tiempo. De hecho, sigue constituyendo uno de los temas más complejos de la Educación de las Ciencias, y nuestros resultados coinciden con los de otros trabajos en los cuales han detectado, en estudiantes de todos los niveles educativos, que el conocimiento sobre esta materia es limitado y que el alumnado acumula multitud de concepciones alternativas (Köse, 2008; Radanović et al., 2015).

La inadecuada formación del profesorado, así como la metodología empleada en el aula o los textos utilizados pueden ser parte de la causa de este fracaso. En el caso concreto de la nutrición de las plantas, como ya indicó Cañal (1997), sigue fallando una visión global de lo que se está enseñando y una opción didácticamente fundamentada, y de planteamiento constructivista, que oriente la selección de los contenidos

teniendo en cuenta su relevancia. En este sentido, trabajos recientes han remarcado la necesidad de plantear la enseñanza desde una perspectiva progresivamente más compleja, sugiriendo para ello la evolución de modelos (Alonzo et al., 2009; García-Rovira, 2005; González-Rodríguez et al. 2009). Para ello necesitamos definir la columna vertebral conceptual que permite el conocimiento de los estudiantes, y así poder avanzar hacia concepciones científicas cada vez más complejas y exitosas (Mohan, Chen & Anderson, 2009).

Durante los últimos años se están proponiendo diversas aproximaciones didácticas de enfoque constructivista para trabajar la fisiología de las plantas en las aulas, planteamientos interesantes que abrazan metodologías activas como la experimentación, la investigación o el aprendizaje basado en proyectos (Braun & Schrenk, 2012; Paredes-Curín, 2016; Thompson et al., 2016). Pero más allá de la metodología, desde un punto de vista conceptual, van cobrando fuerza las propuestas didácticas que abogan por un enfoque más integrado (Carlsson, 2002), ya que los procesos de las plantas son complejos e interdependientes y, por tanto, no deberían enseñarse por separado. Es más, es crucial transmitir a los estudiantes la importancia de las plantas a nivel de sistemas complejos (incluso más allá de los ecosistemas) desde el punto de vista del flujo de materia y energía (Lin & Hu, 2003). Este enfoque más global favorecería la comprensión de conceptos y procesos (no solo vegetales) que aún hoy en día se enseñan inconexos. Es más, si los estudiantes comprenden que las plantas (o los organismos fotosintéticos) transforman la energía solar en química directa o indirectamente, que captan CO₂ para después fijar carbono en moléculas orgánicas, y que además gracias a ello producen gran parte de los productos que hoy en día consumimos (comida, papel, madera, aceite, etc.) llegarán a entender mejor algunos de los problemas globales que acechan actualmente al Planeta (e.g. cambio climático, hambruna o escasez de combustibles fósiles) y, en consecuencia, serán capaces de tomar conciencia y decisiones fundamentadas al respecto.

REFERENCIAS

- Alonzo, A.C., Benus, M., Bennet, W. & Pinney, B. (2009). A learning progression of elementary school students' understanding of plant nutrition. En G. Çakmakci & M.F. Taşar (Eds.), *Contemporary Science Education Research: Learning and assessment. A collection of papers at ESERA 2009*. (pp. 323-332). Estambul, Turquía.
- Anderson, J.L., Ellis, J.P. & Jones, A.M. (2014). Understanding early elementary children's conceptual knowledge of plant structure and function through drawings. *CBE-Life Sciences Education*, 13, 375-386.
- Ausubel, D.P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Ausubel, D.P., Novak J.D. & Hanesian (1983). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
- Barker, M. & Carr, M. (1989). Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 49-56.
- Braun, T. & Schrenk, M. (2012). Effects of experiments for students' understanding of plant nutrition. Krüger D, Ekborg M, editors. *Research in Biological Education. A selection of papers presented at the IXth Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Cali, M., & Ayas, A. (2005). A comparison of level understanding of eight-grade students and science teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 638-667.
- Calvo, M.A. y Martín, M. (2005). Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículo oficial, en el campo de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 17-32.
- Cañal, P. (1997). La fotosíntesis y la «respiración inversa» de las plantas: ¿un problema de secuenciación de los contenidos?. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales* 14, 21-36.
- CAPV (2007). Decreto 175/2007, de 16 de octubre, por el que se establece el currículo de la Educación Básica y se implanta en la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- CAPV (1992). Decreto 237/1992, de 11 de agosto, por el que se establece el currículo de la Educación Primaria para la Comunidad Autónoma del País Vasco.

- Cokadar, H. (2012). Photosynthesis and Respiration Processes: Prospective Teachers' Conception Levels. *Education and Science*, 37(164), 81-93.
- Coll, C. (1994). El constructivismo en el aula. Barcelona: Graó.
- Coll, C. y Porlán, R. (1998). Alcance y perspectivas de una reforma educativa: la experiencia española. *Investigación en la Escuela*, 36, 5-29.
- Corcoran, T.B, Mosher, F.A., & Rogat, A. (2009). *Learning Progressions in Science: An Evidence-Based Approach to Reform*. Philadelphia, PA: Consortium for Policy Research in Education.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 109-120.
- Eisen, Y. & Stavy, R. (1988). Students' understanding of photosynthesis. *The American Biology Teacher*, 50(4), 209-212.
- Eisen, Y. & Stavy, R. (1993). How to make the learning of photosynthesis more relevant. *International Journal of Science Education*, 15(2), 117-125.
- Escamilla, A. (2008). Las competencias básicas. Claves y propuestas para su desarrollo en los centros. Barcelona: Graó.
- Escudero, J.M. (1999). Diseño, desarrollo e innovación del currículo. Madrid: Síntesis.
- French, L. (2004). Science as the center of a coherent, integrated early childhood curriculum. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 138-149.
- García, J.E. (2002). La cultura de la superficialidad y las dificultades para el cambio profesional asociadas a las motivaciones e intereses de los estudiantes. *Investigación en la Escuela*, 47, 5-16.
- García-Rovira, M.P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en biología. *Enseñanza de las Ciencias. Número Extra. VII Congreso*, pp. 1-6.
- Gil, D., Furió, C., y Gavidia, V. (1998). El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la Escuela*, 36, 49-64.
- Gómez, V., y Gavidia, V. (2015). Describir y dibujar en ciencias. La importancia del dibujo en las representaciones mentales del alumnado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 441-455.
- González-Rodríguez, C., García-Barros, S., y Martínez-Losada, C. (2009). Plant nutrition in Spanish secondary textbooks. *Journal of Biological Education*, 43(4), 152-158.
- Gutiérrez, JM. (Coord.). (1998). *Ideas previas y Educación Ambiental*. CEEP. Gobierno Vasco. Bilbao Bizkaia Kutxa. Bilbao.
- Köse, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: using drawings as a research method. *World Applied Sciences Journal*, 3(2), 283-293.
- Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo. BOE nº 238, de 4 de octubre de 1990.
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. BOE nº 106, de 4 de mayo de 2006.
- Lin, C., & Hu, R. (2003). Students' understanding of energy flow and matter cycling in the context of the food chain, photosynthesis, and respiration. *International Journal of Science Education*, 25(12), 1529-1544.
- Magntorn, O. (2007). Reading nature. Developing ecological literacy through teaching (Tesis Doctoral). Swedish National Graduate School in Science and Technology Education. Linköping: Linköpings Universitet, Norrköping. Recuperado de http://www.hkr.se/PageFiles/3073/ISV%20Diss%207%20Ola_M_avh.pdf
- Marmaroti, P. & Galanopoulou, D. (2006). Pupils' understanding of photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all to their science literacy. *International Journal of Science Education*, 28(4), 383-403.
- McNair, S. & Stein, M. (2001). Drawing on their understanding: using illustrations to invoke deeper thinking about plants. *Proceedings of the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*. 1363-1375.
- Melillán, M. C., Cañal, P., y Vega, M. R. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la 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), 401-410.
- Mohan, L., Chen, J., & Anderson, C. W. (2009). Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 675-698.
- National Research Council (NRC) (1996). National Science Education Standards, Washington, DC: National Academies Press.
-

- NRC (2012). *A Framework for Science Education*, Washington, DC: National Academies Press.
- Osborne, R.J. & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science*, London: Heinemann.
- Paredes-Curín, C.R. (2016). Aprendizaje basado en problemas (ABP): Una estrategia de enseñanza de la educación ambiental, en estudiantes de un liceo municipal de Cañete. *Revista Electrónica Educare*, 20(1), 1-26.
- Pro, A. (2006). Perfil de la reforma LOGSE y perfil de uso. Los fundamentos de los proyectos curriculares de Física y Química en centros de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(3), 337-356.
- Pro, A. y Miralles, P. (2009). El currículo de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural en la Educación Primaria. *Educatio Siglo XXI*, 27(1), 59-96.
- Pro, A., Sánchez, G., y Valcárcel, M.V. (2008). Análisis de los libros de texto de Física y Química en el contexto de la Reforma LOGSE. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 189-206.
- Prokop, P. & Fancovicová, J. (2006). Students' ideas about the human body: Do they really draw what they know? *Journal of Baltic Science Education*, 2(10), 86-95.
- Radanović, I., Garašić, D., Lukša, Ž., Ristić-Dedić, Z., Jokić, B. & Sertić Perić, M. (2016). Understanding of photosynthesis concepts related to students' age. 11th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Strand 1. Learning Science: Conceptual understanding, 271-277. Helsinki, Finland.
- Simpson, M. & Arnold, B. (1982). The inappropriate use of subsumers in biology learning. *European Journal of Science Education*, 4(2), 173-182.
- Stavy, R. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), 105-115.
- Thomas, G.V. & Silk, A.M.J. (1990). *An introduction to the psychology of children's drawings*. Hemel Hempstead: Harvester Wheatsheaf.
- Thompson, S.L., Lotter, C., Fann, X. & Taylor, L. (2016). Enhancing elementary pre-service teachers' plant processes conceptions. *Journal of Science Teacher Education* 27(4), 439-463.
- Tunncliffe, S.D. (2001). Talking about plants - comments of primary school groups looking at plant exhibits in a botanical garden. *Journal of Biological Education*, 36(1), 27-34.
- Waheed, T. & Lucas, A.M. (1982). Understanding interrelated topics: photosynthesis at age 14+. *Journal of Biological Education*, 26(3), 193-199.