

CONCEPCIONES DE LOS ALUMNOS DE BACHILLERATO, ACERCA DE LA FUNCIÓN DE LOS GASES EN EL PROCESO DE FOTOSÍNTESIS

Concepción González Rodríguez
Susana García Barros
Cristina Martínez Losada.
Universidade da Coruña

INTRODUCCIÓN

La fotosíntesis es un proceso de gran importancia educativa para la comprensión del modo de vida de los vegetales y en general, de la persistencia de la vida en la Tierra. Su estudio se halla presente con mayor o menor profundidad a lo largo de la enseñanza obligatoria y del bachillerato. Sin embargo la investigación ha puesto de manifiesto que los estudiantes mantienen concepciones y creencias populares, como la suposición de que dormir en una habitación donde haya plantas resulta tóxico para los humanos o la extendida consideración de que la tierra es el “único” nutriente de las plantas (Astudillo y Gené, 1984; y Giordan y Vecchi, 1988).

La presencia de dichas concepciones, acerca de la fotosíntesis y en general sobre la nutrición vegetal, es un problema detectado por los docentes de Ciencias Naturales, en la enseñanza de la Biología en todos los niveles educativos, lo que indica además su persistencia. Así mismo lo señalan los trabajos realizados por Cañal (1997), sobre las ideas que poseen los alumnos de enseñanza básica sobre la nutrición vegetal. También los estudios de Smith y Anderson (1988), con estudiantes de educación obligatoria en el Reino Unido, indican que aunque estos consideran de forma masiva que las plantas necesitan alimento y que este es “agua” y “abono”; no comprenden adecuadamente como y para que va a ser utilizado ese alimento en el interior de la planta.

Los estudios de Astudillo y Gené (1984), a cerca de los errores conceptuales y de las graves deficiencias que en sus conocimientos tienen sobre la fotosíntesis los futuros profesores de EGB de la especialidad de Ciencias. Giordan y Vecchi (1988) señalan, que incluso en aquellos alumnos de bachillerato que aparentemente parecen dominar el programa educativo sobre el fenómeno de

fotosíntesis, distinguiendo incluso la “fase luminosa” y la “fase oscura” y sus reacciones químicas, si se profundiza en sus conocimientos, salen a la luz concepciones previas, como son que: “*la planta se alimenta de la tierra, de la cual absorbe su materia orgánica....*”, etc.; por lo tanto consideran que la fotosíntesis sólo interviene de forma indirecta en la nutrición de las plantas. Esto indica que, el alumno se ha construido un mecanismo propio para poder hacer coexistir sus concepciones previas con lo que el profesorado le ha enseñado.

Todo ello indica que resulta difícil sustituir las ideas previas de los alumnos, pues están muy arraigadas y por lo tanto hay que tenerlas en cuenta para poder promover el cambio conceptual (Pozo, 1996). En este sentido, Cañal (1997) propone la hipótesis de la progresión conceptual, en la que establece tres niveles de formulación de menor a mayor complejidad, para tratar de mejorar el aprendizaje de estos contenidos en primaria.

También es importante vincular los conceptos con los conocimientos populares del alumno, pues tal vinculación favorecerá el aprendizaje científico que consiste más en el cambio de forma de ver las cosas que en el mero acumulo de información (Pinto y otros, 1996).

Es posible que los alumnos al finalizar el bachillerato, incluso aquellos que lo hagan con altas calificaciones, sólo hayan adquirido unos conocimientos superficiales sobre la fotosíntesis, pero si profundizamos un poco más, probablemente no serían capaces de conceptualizarlos. Es decir expresarlos y aplicarlos en otras ocasiones o contextos respondiendo a cuestiones como: ¿de que forma utilizan los vegetales la energía solar?, ¿respiran las plantas?, ¿desprenden las plantas CO_2 ?, ¿de donde extrae la planta la materia orgánica?, ¿que sustancias son necesarias para formar la masa vegetal?, ¿cuál es su efecto sobre el medio?. En definitiva, en este trabajo se trata de conocer las ideas de los alumnos sobre algunos de estos conceptos y mas concretamente sobre cual es el origen de la materia vegetal y cual es el impacto de las plantas en el ambiente.

METODOLOGÍA

Para realizar esta exploración, se ha utilizado un cuestionario (Anexo 1), dadas las ventajas que supone este tipo de pruebas que permiten enfrentar a todos los alumnos al mismo instrumento estándar, además de ser una técnica ágil que nos permite dirigirnos a todo el grupo (Cubero, 1989). Se confeccionó con dos tipos de cuestiones, la primera y segunda, de estructura cerrada, tiene por objeto conocer las ideas de los alumnos con relación a la fotosíntesis y respiración, utilizando una formulación “académica”. Las dos ultimas eran abiertas, con las que se pretendía que el alumno llegase a argumentar respecto a la influencia de los vegetales en el entorno y a cual es el origen del incremento de la masa

vegetal. Esta combinación de preguntas abiertas y cerradas, nos permite establecer comparaciones entre las respuestas y las argumentaciones.

Este cuestionario se pasó, a comienzos de curso, a alumnos de 1º de BUP y de COU, antes de iniciarse el estudio de contenidos relacionados con la fotosíntesis. La muestra es de 100 alumnos, de ellos 49 de COU y 51 de 1º de BUP, del Instituto de Enseñanza de Secundaria "A Sardiñeira" de la ciudad de A Coaña, en el que todavía no se ha incorporado la LOGSE.

Para analizar la información que los alumnos suministran en la encuesta, se ha confeccionado una red sistémica (Anexo 2), siguiendo el modelo de Jorba y Samarti (1996), pero adecuándola al análisis de cuestiones abiertas y cerradas. Si bien la red sistémica se dirige a la evaluación de cuestiones abiertas, en esta ocasión la hemos utilizado para evaluar el conjunto de respuestas obtenidas. Así, confeccionamos un esquema amplio que nos permite hacer un estudio completo y personalizado a la vez que general.

Basándonos en las cuestiones planteadas confeccionamos una red que parte de tres aspectos básicos: a) qué entienden los alumnos por fotosíntesis y respiración; b) efecto de las plantas sobre el entorno; c) fuentes de materia en los vegetales. Siguiendo a los autores citados (Jorba y Samarti, 1996), a partir de ella elaboramos una tabla de doble entrada que relaciona a cada alumno (fila) con las respuestas seleccionadas, atendiendo a la numeración adjudicada en la red sistémica (columna). Dicha tabla permite apreciar, con un método rápido, "la coherencia", entendiendo como tal las respuestas que sobre un mismo concepto señala un alumno en diferentes cuestiones que están íntimamente relacionadas entre sí, lo que nos va a indicar hasta que punto han integrado esos conocimientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los alumnos de ambos niveles educativos reconocieron mayoritariamente, en respuesta a pregunta cerrada que todos los seres vivos respiran (Tabla 1), apreciándose además una coherencia en las argumentaciones que sobre este tema se expresaron en la pregunta 3 (abierta). Así, el 76,5% en 1º de BUP y el 87,7% en COU, señalaron en la segunda cuestión (Anexo 1), como respuesta correcta que todos los seres vivos respiran argumentando correctamente en la pregunta 3 (Fig.1a). Sólo un alumno de COU utilizó en ella una justificación inadecuada, sugiriendo que las plantas no respiran, lo que supone una contradicción e invalida la respuesta anterior, transformándola en meramente declarativa. Las respuestas del alumno se corresponden con los códigos 7 y 9 de la red sistémica (Anexo 2).

Los encuestados también respondieron adecuadamente a la primera cuestión cerrada relativa a la fotosíntesis (Tabla 1), sin embargo tal coherencia

no se manifiesta, al referirse al concepto de fotosíntesis, pues si bien de forma masiva (86,3% en 1º de BUP y el 81,6% en COU), seleccionaron en la primera cuestión la respuesta que afirmaba que durante la fotosíntesis la Energía luminosa se transforma en Energía química, después esta idea no se utiliza como base de las argumentaciones de la pregunta 4 relativa a como incrementan las plantas su masa (anexo 1). Sus respuestas debieran haber hecho referencia, al menos genérica a la fotosíntesis y/o a la energía solar (códigos 16 y 17 de la red sistémica / Anexo 2), aunque tales referencias fueron reducidas, alcanzando solo el 27,5% en 1º de BUP y el 49% en COU . Fig.1b.

ALUMNOS	RESPIRAN TODOS LOS SERES VIVOS	TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA LUMINOSA EN ENERGÍA QUÍMICA
1º	39	44
51	76,5%	86,3%
COU	43	40
49	87,7%	81,6%

Tabla 1.- Respuestas de los alumnos, en las cuestiones cerradas.

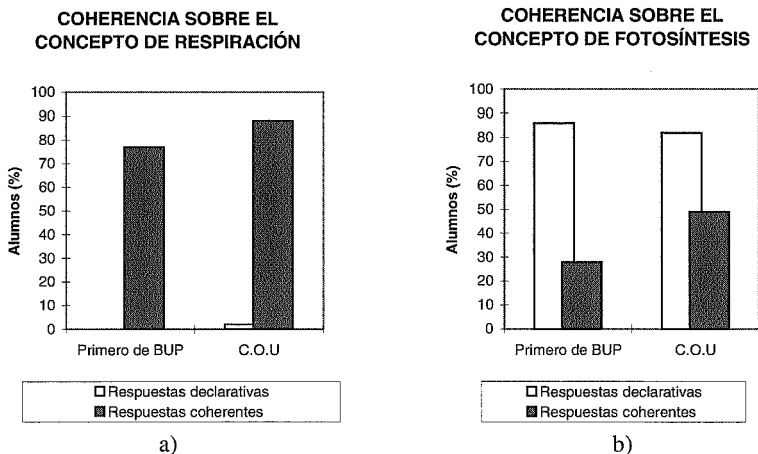


Fig.1.- Coherencia que manifiestan los alumnos:
 a) Sobre el concepto de respiración.
 b) Sobre el concepto de fotosíntesis

Por ello parece que la fotosíntesis no pasa de ser para el alumnado un concepto declarativo, es decir este término se utiliza de una forma mecánica y repetitiva, sin conocer realmente su significado, aplicándolo solamente como respuesta a una cuestión de carácter académico muy determinada, y no en otros contextos diferentes, lo que significa que no se ha producido su aprendizaje significativo.

En cuanto a las respuestas sugeridas a la pregunta abierta 3 (Anexo 1) acerca de la relación de las plantas con el entorno, hemos de indicar (Tabla 2) que los encuestados consideran que las plantas son dañinas durante la noche de forma abrumadora, el 94,1% en 1º de BUP, añadiendo además el 25,5% argumentos referentes a su toxicidad como los siguientes: “*porque respiran como nosotros y entonces nos quitan el O₂*” o “*de noche respiran O₂ y desprenden CO₂, consumiéndose antes el aire pudiendo dejar solo el CO₂, que es fatal*”. Este “carácter dañino” de las plantas es considerado en menor medida por los alumnos de COU (46,9%). Por otra parte, el 22,5% de este colectivo matiza que son peligrosas solo a altas dosis, lo que parece indicar que existe una influencia del proceso educativo frente a la influencia de la cultura popular (Astudillo y Gené, 1984). En general el número de alumnos de ambos grupos que consideran que los vegetales son beneficiosos es especialmente reducido, el 5,9% de los alumnos de 1º de BUP y el 32,7% en COU.

ALUMNOS	LAS PLANTAS SON BENEFICIOSAS	LAS PLANTAS SON PERJUDICIALES DE NOCHE		
		Peligrosas	Peligrosas y tóxicas	Peligrosas a altas dosis
1º 51	3 5,9%	35 68,6%	13 25,5%	-
COU 49	16 32,7%	17 34,6%	6 12,2%	11 22,5%

Tabla 2.- Porcentajes y frecuencias absolutas de las opiniones de los alumnos, sobre el efecto de las plantas sobre el entorno.

Este resultado indica que los estudiantes tienen más presentes los efectos tóxicos de las plantas que los efectos beneficiosos, quizás debido a que poseen una visión muy local y egocéntrica del problema, entonces “recogen” la información que les afecta en particular en este caso, “que las plantas pueden causarles daño”, sin embargo ven muy lejano el efecto beneficioso, que tiene una dimensión planetaria, “atmosférica”, muy distante para ellos y que no identifican como propia.

Por último, las respuestas a la pregunta abierta 4 (Anexo 1) indican que los alumnos de los dos niveles desconocen de dónde extraen las plantas “la materia” para formar su masa (Fig. 2), pues aunque más del 50% del total (65% en 1º de BUP y el 53% en COU), admiten que el peso de la tierra no varía, son pocos los que explicitan argumentos (menos del 10%), en algunos casos genéricos pero correctos con referencias a la fotosíntesis, a la energía solar y al agua, como “*el agua de lluvia, el sol y las sales minerales de la tierra*” (códigos 16, 17, 18, 19 de la red sistémica / Anexo 2) y otros incorrectos como “*los bichos muertos de la tierra ...*” (código 20 de la red sistémica / Anexo 2). Estos resultados están de

acuerdo con los de Astudillo y Gené (1984), que observó que la mayoría de los futuros profesores de EGB, también citaban escasamente como factores fundamentales en el proceso fotosintético, el agua y las sales minerales.

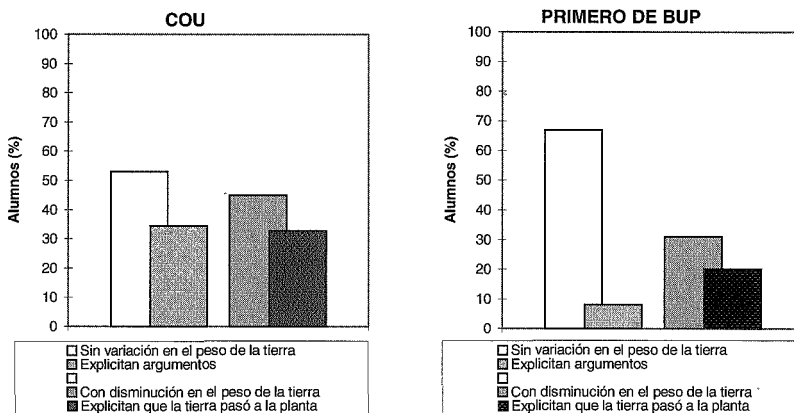


Figura 2.- Ideas de los alumnos, sobre las posibles fuentes de extracción de la materia en las plantas

En cuanto a los alumnos que consideran que la tierra disminuye, el 31% en 1º de BUP y el 45% en COU, especifican en su mayoría que esa tierra pasó a la planta, y tratan de justificarlo en mayor medida que los que señalaban que la tierra no disminuía (Fig.2), utilizan para ello varias argumentaciones como: “la tierra fue perdiendo masa, que pasó al pino para nutrirse y crecer” o bien “la planta ha ido consumiendo esa tierra, para su alimentación que le ha permitido crecer” (códigos 21, 22, 23 de la red sistémica/ Anexo 2). Sin embargo un 7,8% de 1º de BUP y un 12,2% de COU señalan que aunque la tierra ha disminuido no es porque haya pasado a la planta, sino que lo atribuyen a diferentes procesos externos que podríamos relacionar con la meteorización, como que “la tierra disminuye porque se disuelve en el agua y luego es transportada por ella ...” (código 25 de la red sistémica / Anexo 2). La mayor tendencia a la justificación mostrada por los estudiantes que consideran que la tierra disminuye, podría responder a la necesidad que sienten de argumentar sobre un hecho “la disminución de la tierra de cultivo” que no es directamente apreciable.

Por ultimo, se observa que ningún alumno utiliza el CO₂ en sus argumentaciones, lo que indica que no comprenden su papel en la formación de la materia vegetal (Fig. 3). Citan esta sustancia, el 49% en 1º de BUP y el 4% en COU, en relación con los efectos con el entorno, es decir que lo interpretan como un intercambio de gases entre la planta y el medio externo, sin valorar cual va a ser su utilización en el vegetal. Esta visión reduccionista de la función del

CO₂ en el proceso fotosintético es una muestra más de la dificultad que encierra para el alumno admitir que una sustancia gaseosa a través de un proceso biosintético se transforma en materia vegetal “sólida y observable”.

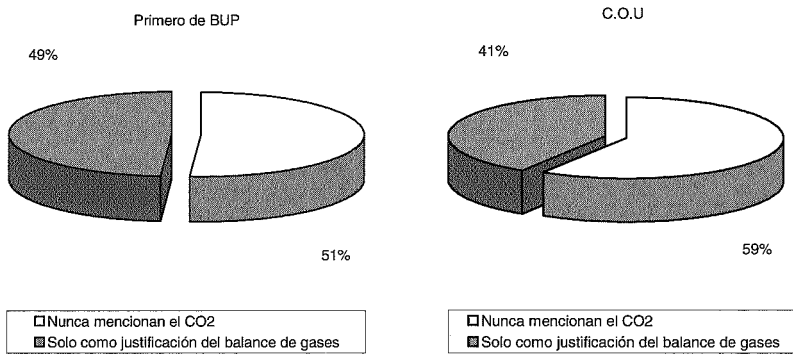


Figura. 3.- Conocimiento que poseen los alumnos acerca del papel del CO₂

Todo parece ratificar que además de la existencia de concepciones alternativas, éstas son poderosas, ya que la mayoría persisten en los niveles educativos superiores, lo que sugiere que difícilmente se modifican con las estrategias de la enseñanza convencional. Lo que esta en consonancia con los estudios realizados por Haslam y Treagust (1987), en estudiantes de enseñanza obligatoria en Australia y que señalan que las concepciones que los estudiantes poseen sobre la fotosíntesis y la respiración, se mantienen a lo largo de toda la enseñanza secundaria, a pesar de su tratamiento en los diferentes cursos. Por lo tanto, tal como señala Pinto y otros (1996), es imposible sostener una concepción de la enseñanza como la simple transmisión de la información, en la que se van acumulando nuevas informaciones a medida que se va subiendo de nivel educativo, sino que los aprendizajes científicos importantes han de consistir en cambiar la formas de ver las cosas, pues: “¿para que queremos que los alumnos aprendan “teorías científicas” de una forma memorística, si luego no son capaces de utilizarlas como argumentación de hechos de la vida cotidiana, fenómenos observables, etc.?”.

Es necesario por lo tanto, buscar estrategias de enseñanza que puedan ayudar al aprendizaje significativo de las teorías científicas mediante la oportuna interacción educativa (Furió, 1996) y nuevos métodos que facilitan el paso de las concepciones alternativas a concepciones científicas, es decir “el cambio conceptual”, ya que todo parece indicar que “memorizar” nuevos conceptos no es suficiente, sino que estos tienen que imponerse a los conceptos anteriores y desplazarlos, de tal forma que el “cambio”, no puede reducirse al aprendizaje del nivel conceptual, sino también tiene que ser a nivel metodológico, como ya señalaba Gil (1986).

REFERENCIAS

- ASTUDILLO, H.; GENÉ, A. (1984): Errores conceptuales en biología. La fotosíntesis de las plantas verdes. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(1), 15-17.
- CAÑAL, P. (1997): La fotosíntesis y la “respiración inversa” de las plantas: ¿un problema de secuenciación de los contenidos?. *Alambique*, nº 14, 21-36.
- CUBERO, R. (1989). *Como trabajar con las ideas de los alumnos*. Sevilla. Ed. Diada
- Furió, C. (1996): Las concepciones alternativas del alumnado de ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique*, nº 7, 7-17.
- GIL, D. (1986): La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 111-121.
- GIORDAN, A.; VECCHI, G. (1988): *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla. Ed. Diada
- HASLAM, F. ; TREAGUST, D. (1987): Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of Biological education*, 21(3), 203-211.
- JORBA, J. ; SAMARTI, N. (1996): *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua*. Madrid. MEC .
- PINTÓ, R. (1996): Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 221-232.
- POZO, J. (1996): Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a donde van y mientras tanto que hacemos con ellas. *Alambique*, nº 7, 18-26.
- SMITH, E.; ANDERSON, CH. (1988): *Las plantas como productores: un estudio de caso en la enseñanza elemental de las ciencias en* . PORLÁN, R; GARCIA, E; CAÑAL, P. (Comps.). *Constructivismo y enseñanza de las Ciencias*. Sevilla. Ed. Diada.

ANEXO 1

Cuestionario

1.- Mediante la Fotosíntesis, la energía luminosa se transforma en:

- a). Energía química
- b). Energía calorífica
- c). Sigue siendo energía luminosa
- d). No se en que se transforma

2.- ¿Qué seres vivos realizan el proceso de la respiración ?:

- a). Los vegetales
- b). Los animales
- d). Todos los seres vivos

3.- Después de leer las siguientes frases. **Marca con las que estés de acuerdo y argumenta por qué:**

- “Las plantas respiran solamente por la noche, ya que de día realizan la fotosíntesis.
- ”Las plantas purifican el aire ya que consumen por la noche el dióxido de carbono que expulsan las personas y los animales al respirar”.
- “ Las plantas no necesitan respirar ya que ellas realizan la fotosíntesis”.
- “Es peligroso dormir en habitaciones en la que las que haya plantas, ya que expulsan dióxido de carbono que es un veneno para las personas”.

4.- Lee atentamente la siguiente experiencia: “Un científico colocó una semilla de pino ya germinada, que pesaba 25 gr., en una maceta con 5 Kilos de tierra y la dejó en el jardín, expuesta al sol y a la lluvia. Al cabo de cuatro años sacó con cuidado el pequeño pino de la maceta y limpió la tierra de las raíces. Al pesarlo de nuevo comprobó que ahora pesaba 7 Kilos”. **¿Qué crees que habrá pasado con la tierra de la maceta?. Elige una de las tres respuestas que figuran a continuación y contesta a la pregunta que se formula en ella:**

- a) La tierra de la maceta, ha disminuido substancialmente. ¿Dónde crees que está ahora, esa tierra?.
- b) La tierra de la maceta, no ha variado substancialmente. ¿De dónde crees que ha sacado el pino, el alimento para crecer tanto?.
- c) No sé si habrá disminuido ó no.

ANEXO 2

Red sistémica para analizar concepciones acerca de la fotosíntesis

<p>Fotosíntesis es la transformación de la E. luminosa en:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - E química (1) - E. calórica (2) - Sigue siendo energía luminosa (3) - No sé en que se transforma (4)
<p>QUE ENTIENDEN POR FOTOSÍNTESIS Y RESPIRACIÓN:</p>	<p>La respiración la realizan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los vegetales (5) - Los animales (6) - Todos los seres vivos (7)
<p>Temporalización de ambos procesos:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fotosíntesis diurna y respiración nocturna (8) - Las plantas no respiran (9)
<p>EFFECTO DE LAS PLANTAS SOBRE EL ENTORNO</p>	<p>Purifican el aire:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durante el día, debido a la fotosíntesis (10) - Lo relacionan con el balance de gases fotosíntesis/respiración (11) <p>Son perjudiciales de noche:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Porque el CO₂ es : <ul style="list-style-type: none"> - Tóxico (12) - Tóxico, sólo en cantidades (13) - Porque se consume O₂ y se desprende CO₂ (14) - Sin argumentos sólidos (me lo dije-ron....) (15)
<p>FUENTES DE MATERIA EN LOS VEGETALES:</p>	<p>Factores diferentes a la tierra de la maceta ya que no disminuye:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relacionados con la referencia genérica a la "fotosíntesis" (16) - Relacionados con la Energía solar (17) - Relacionados con factores físico-químicos: <ul style="list-style-type: none"> - Agua (18) - Sales (19) - M.Orgán. (20)
<p>Factores relacionados con la tierra de la maceta, pues disminuye:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La tierra pasó a la planta y la utiliza para: <ul style="list-style-type: none"> - Nutrirse (21) - Crecer (22) - Alimento (23) - Sin justificar (24) - Otras respuestas (25)