

**Máster en profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato,
Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas**

Especialidad en Biología y Geología

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2014-2015**

Utilización de mapas conceptuales como herramienta de diagnóstico, evaluación y autoevaluación en una clase de 1º de Bachillerato

**Autor: Ignacio Ballarín Cabrera
Director: Beatriz Bravo**



**Universidad
Zaragoza**

ÍNDICE

1. Introducción	3
1.1. Objetivos de mi propuesta de investigación	4
2. Relación de este trabajo con el máster de secundaria	4
3. Tema de aplicación: Mapas conceptuales y Nutrición de las plantas	6
4. Metodología	8
4.1. Contexto de la clase	9
4.2. Propuesta de innovación didáctica	9
4.3. Análisis de los mapas conceptuales	11
5. Resultados	16
5.1. Mapas conceptuales de los alumnos	16
5.2. Estructura del mapa	19
5.3. Conceptos utilizados por los alumnos	20
5.4. Resultados cuantitativos	21
6. Conclusiones	24
7. Propuestas de mejora	25
8. Bibliografía	27
9. Anexos	29

1. Introducción

“La nutrición de las plantas es un concepto de gran valor educativo para conocer el mundo vegetal, llegar a comprender que todo ser vivo interacciona con el medio (adquiere materia y energía) y explicar el por qué de la persistencia de la vida en la Tierra” (González, Martínez y García, 2009, p. 36). El aprendizaje de esta materia engloba por tanto, una serie de conceptos y procesos muy relevantes para estudiantes de ciencias. Ya que para comprender la nutrición, el alumnado ha de ser capaz de reconocer que: 1) las plantas absorben una serie de sustancias inorgánicas a la vez que son capaces de utilizar la luz solar para transformarla en energía química; y 2) que a partir de esta materia inorgánica pueden sintetizar azúcares (materia orgánica) que luego formaran parte de tejidos, o que se utilizarán por medio de la respiración celular para obtener energía.

La temática relativa a la nutrición de las plantas es compleja y presenta numerosos problemas en su enseñanza y aprendizaje, tal y como citan autores como Johnstone y Mahmoud (1980) Estos autores a través de sus estudios sobre profesores y estudiantes de secundaria encontraron que tenían dificultades para identificar los mecanismos de transporte de agua en los organismos (ósmosis y potencial hídrico), y de reconocer la transformación de energía lumínica a energía química en la fotosíntesis. También mostraron que los participantes del estudio tenían dificultades para distinguir entre la conversión de energía en la fotosíntesis, la química de la fotosíntesis o la respiración. Posteriormente numerosos autores (Finley et al. 1982; Lawson 1988; Stewart 1982,) reflejaron la gran importancia y nivel de dificultad del concepto de la fotosíntesis. (Cañal, 1991).

Por tanto, ante estas dificultades, se decide utilizar los mapas conceptuales como herramienta para evaluar al conocimiento inicial del alumnado, así como el conocimiento adquirido a lo largo de la implementación de una secuencia destinada a trabajar de forma específica la nutricional vegetal. Se escogen los mapas conceptuales ya que permiten unir y explicitar las relaciones que existen entre conceptos que aparecen desconectados en el temario, y a su vez genera la construcción conjunta del proceso de la nutrición vegetal que engloba los distintos procesos que tienen lugar (absorción y transporte de nutrientes, intercambio de gases, fotosíntesis, respiración, transpiración, excreción) y sus interrelaciones. Ya que tal y como señala Costamagna, (1995) *«Si entendemos la estructura cognitiva de un individuo, en una cierta área del conocimiento, como el contenido y organización conceptual de sus ideas en*

esa área, los mapas conceptuales representan de alguna manera la estructura cognitiva del aprendiz y constituyen herramientas válidas para evaluar los niveles de complejidad de su aspecto cognitivo.» (p. 310).

A lo largo de este trabajo se presenta una experiencia práctica realizada durante mi estancia en el Practicum II y III en el IES Parque Goya, durante la cual los alumnos trabajaron la unidad didáctica relativa a la nutrición de las plantas. La propuesta la realizaron un total de 7 alumnos al faltar dos alumnas el primer día de clase. En esta unidad se utilizaron los mapas conceptuales como herramienta para identificar problemas y carencias conceptuales que tenía el alumnado al inicio de la unidad, y en base a ellos poder preparar un material para poder trabajarlas con estos. Al finalizar la unidad se utilizaron sus mapas iniciales con un doble objetivo, por una parte que el docente pudiera evaluar sus progresos, y por otra que los alumnos pudieran reflexionar sobre sus conocimientos y concepciones previas para llevar a cabo un proceso de autocorrección. Por tanto los objetivos de este trabajo son:

- Analizar la estructura del mapa conceptual antes y después, de la propuesta implementada es decir, la forma que presentan el mapa, las nuevas ramas que se generan y su grado de conexión. .
- Analizar qué conceptos utilizan los estudiantes acerca de la nutrición vegetal, qué relaciones establecen entre ellos, y qué evolución se observa al final.

2. Relación de este trabajo con el máster de secundaria

Dado que este trabajo toma el aspecto de un trabajo de investigación, las asignaturas en las que me he basado, y que me han motivado y ayudado a realizar esta propuesta son las siguientes:

- Diseño curricular: Durante esta asignatura aprendimos la importancia de acudir a la reglamentación vigente que rige tanto las enseñanzas básicas de cada etapa, como las ordenanzas que fijan los objetivos, contenidos y criterios para cada materia. Asimismo analizamos los estudios PISA, y observamos aquellos aspectos en los que los alumnos españoles presentan mayores carencias y problemas, como por ejemplo la comprensión lectora, las matemáticas o la competencia científica. Destacando el caso de los textos discontinuos, que incluyen gráficas y diagramas. Por ello, por ejemplo, durante el Practicum II y III utilicé gráficas sobre la apertura estomática en la presentación de power point para fomentar la comprensión de este tipo de representaciones. De igual modo se trabajó un

artículo de prensa sobre la fotosíntesis. Además los alumnos realizaron un trabajo en grupo sobre los combustibles fósiles o los biocombustibles para que desarrollaran distintas competencias como la interacción con el mundo físico, la competencia lingüística (científica), la competencia en el uso de las tecnologías o la competencia artística. Todo ello figura en la tabla de actividades 4.3.

Como trabajo principal de la asignatura desarrollamos una Programación didáctica para un curso elegido, que resulto tedioso pero de un gran interés a nivel docente ya que te sitúa en un contexto muy explícito en el que eres consciente del temario, las horas disponibles, las actividades que quieres y puedes decidir el tipo de evaluación a realizar. Al llevar a cabo este trabajo pudimos observar la complejidad y la dificultad de adecuar el horario lectivo a las actividades educativas que quisiéramos desarrollar. Asimismo resulto un trabajo denso en el que tuvimos que integrar muchas de las variables vistas en otras asignaturas como las competencias básicas, las actividades inclusivas o como diseñar una evaluación formativa y no sumativa que fuera realista. Lo que me resulto de gran utilidad para saber dónde acudir para consultar los objetivos y contenidos mínimos de la etapa, y para diseñar la evaluación en relación a las actividades a realizar, abarcando las distintas competencias.

- Evaluación, innovación e investigación docente: En el transcurso de esta asignatura volvimos a dar los tipos de evaluación docente y la importancia que ello conlleva, y eso me hizo reflexionar sobre el tipo de evaluación que yo quería llevar a cabo durante mi estancia de Practicum II y III. De hecho lo primero que hice al llegar al instituto fue pensar en cómo quería evaluar a los alumnos en base al tema que tenía que dar, la nutrición vegetal, y de ahí desarrollé las actividades a realizar durante la asignatura. De este modo enfoqué desde el principio el uso de los mapas conceptuales que habíamos utilizado para trabajar la evaluación en el tema del universo. . Me pareció una forma muy adecuada para por un lado obtener información de qué saben los alumnos antes de empezar la materia (inicial o diagnóstico) y por otro, para obtener información de qué saben al final y poder conocer cómo ha evolucionado su conocimiento; reconociendo el cambio en las relaciones establecidas, e incluso las correcciones realizadas por los propios estudiantes; dado que se le proporcionó su mapa inicial al final de la unidad, y fue sobre el que trabajaron.

En definitiva el uso de los mapas conceptuales me pareció una manera muy adecuada con la que encarar el inicio y el final de la propuesta didáctica implementada, y con la que pude estructurar parte del temario reforzando aquellos aspectos que en un primer momento identifiqué como problemáticos gracias a mi experiencia como estudiante y a la literatura acerca de las concepciones sobre la nutrición vegetal, que se aborda más adelante. Por citar

un ejemplo, las dificultades presentan los estudiantes para asociar el intercambio de gases con la respiración celular, o la ausencia de CO₂ como nutriente necesario para la planta (Cañal 1991).

3. Tema de aplicación: Mapas conceptuales y Nutrición de las plantas

Justificación-Marco Teórico

Dado que este tema de las concepciones de los alumnos sobre la nutrición de las plantas se ha estudiado más en primaria y sobre todo en secundaria, así como en universidad, resulta de gran interés profundizar en él en una clase de bachillerato, dada la falta de estudios en esta etapa académica (Charrier, 2006). Por ello mismo, a través de este trabajo se intenta comprobar que correlaciones tienen lugar con respecto a las concepciones que se identifican con los alumnos de secundaria por su cercanía académica. Es por ello que se eligió el uso de mapas conceptuales con las tres finalidades ya expuestas, es decir:

1. Diagnosticar las concepciones y errores conceptuales de los alumnos antes de impartir la materia
2. Evaluar el aprendizaje de los alumnos al final del tema
3. Fomentar la autoevaluación de los alumnos a través de la autocorrección de sus mapas conceptuales iniciales.

Los Mapas Conceptuales y su utilidad en el aprendizaje de las ciencias

Los mapas conceptuales son diagramas que indican relaciones entre conceptos o palabras, que usamos para representar conceptos. Son diagramas de significados (Moreira, 1997). Se componen de conceptos, conectores y proposiciones. (Novak y Cañas, 2006)).

En base a los estudios publicados en relación a los mapas conceptuales, se ha encontrado que en parte de ellos se destaca su uso como una herramienta que fomenta el aprendizaje significativo (Costamagna, 2001; González García, 1992). Por ejemplo autores como González y Jáuregui, (1992) expresan su utilidad para detectar errores conceptuales y para visualizar la evolución del conocimiento del alumnado acerca del contenido concreto que se está trabajando (citado en Costamagna 2001). Su diseño puede también constituir un instrumento de evaluación en un momento determinado y en un área del conocimiento concreta (Moreira, 1988), en este caso de biología y más concretamente la nutrición de las plantas

Los padres de esta metodología como Novak o Ausubel hacen especial hincapié en este tipo de herramientas para cambiar el aprendizaje memorístico por el aprendizaje significativo, (citado en González 1992).

González, García (1992) señala en su artículo que *“una extensa y rigurosa validación empírica confirma su eficacia como instrumentos para la mejora de los procesos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias”, citando a los numerosos autores que lo han analizado*”. (p. 148).

Además cabe resaltar que en la mayoría de estudios efectuados para identificar las ideas de los alumnos sobre el tema de nutrición de las plantas se han utilizado como instrumento de identificación de forma predominante los cuestionarios y las entrevistas (Cañal, 1991; Charrier et al. 2006). Por tanto el uso de mapas conceptuales supone una herramienta distinta con la que identificar tales ideas o concepciones. No obstante, Haslam y Treagust (1987) desarrollaron un cuestionario en el cual se contemplaba un apartado para desarrollar el contenido científico por medio de mapas conceptuales y declaraciones proposicionales (citado en Cañal, 1991). Y Pedro (1997) y Lavoie (1997) llevaron a cabo estudios de detección de concepciones por medio de mapas conceptuales (citado en Charrier et al, 2006). A su vez los mapas conceptuales también resultaron ser una herramienta con la que hacer posible la autocorrección y la autoevaluación por parte de los alumnos, ya que tal y como cita Novak (1982) *“El aprendizaje es compartición de significados y los mapas conceptuales hacen evidentes esos significados, se convierten en instrumentos para explorar y negociar significados”* (citado en Costamagna 2001, p.311).

Marco teórico Nutrición de las plantas verdes

Son numerosos los estudios que se vienen realizando sobre las ideas y concepciones de los alumnos sobre la nutrición vegetal. Desde 1980 investigadores tanto europeos como estadounidenses profundizaron en la materia a raíz del interés suscitado por conocer y entender los significados atribuidos por los alumnos. De forma que, en torno a esta temática se creó una línea de investigación muy provechosa sobre los tópicos de la biología que resultan de una gran complejidad científica tanto para alumnos como para docentes (Cañal, 1991) . En este sentido, Charrier et al. 2006 realizaron una importante revisión bibliográfica sobre los trabajos publicados a este respecto, centrándose en los conceptos de fotosíntesis y respiración. Los diferentes autores señalan concepciones e ideas alternativas desde los cursos de primaria y secundaria hasta la universidad.

A este respecto, en lo relativo a la nutrición vegetal la concepción de mayor recurrencia y más estable según Simpson y Arnold (1982) y Wandersee (1983) es que la planta tiene una alimentación edáfica, procedente del suelo, que se expresa en forma de sales minerales en cursos superiores. Siempre aparece la idea de una alimentación externa y no interna de la propia planta. (citado en Cañal, 1991) Entre los resultados de Rumerhald (1985), que estudio las representaciones iniciales a la fotosíntesis en alumnos de 16 años, observa que para los estudiantes la nutrición no depende de ningún intercambio gaseoso, que la planta se alimenta de agua y sales, y que el crecimiento de la planta depende de las sales incorporadas por las raíces, que van disueltas en el agua. (citado en Cañal, 1991).

En relación a la fotosíntesis hay la tendencia a considerar dicho proceso como la forma de respirar de las plantas. Es decir, se concibe que las plantas usan el aire en sentido inverso a los animales, liberando O_2 y captando CO_2 . Por otro lado, distintos estudios recalcan que los alumnos desconocen tanto la fuente de carbono como de nitrógeno. En lo relativo a la cuestión energética, los alumnos tienden a confundir la fuente de energía solar con una fuente que aporta calor. (Cañal, 1991; Charrier 2006; González, García y Martínez, 1998).

Autores como Cañal, 1990; Eisen y Stavy, 1993; Charrier y Obenat, 2001 indican como otra concepción común el concebir que las plantas fotosintetizan de día y respiran de noche (citado en Charrier, 2006). Asimismo, otros autores citan que en pocos casos se menciona la elaboración de hidratos de carbono en el proceso, en particular el almidón. (Charrier 2006). En lo que se refiere a la respiración celular de las plantas también existen numerosas concepciones alternativas relacionadas con este concepto. Según Haslam y Treagust, 1987, y otros muchos autores, señalan que para muchos alumnos la respiración es sinónimo de intercambio gaseoso (citado en Charrier, 2006). Otros autores señalan que los estudiantes conciben la respiración de los animales distinta a la de los vegetales. (Charrier, 2006).

4. Metodología

En este apartado se describe la metodología con la que se desarrollo la propuesta de innovación didáctica. Contempla tanto los objetivos de la investigación didáctica como los objetivos del profesor así como los objetivos de la etapa de bachillerato. Se incluye además una tabla que abarca el conjunto de actividades desarrolladas durante el Practicum II y III y los objetivos específicos de cada actividad. Se describe a su vez, cómo se ha llevado a cabo el análisis de los mapas conceptuales de los alumnos en base a la construcción de un mapa de

referencia y a las ideas relevantes que los mapas deben contener. Asimismo, a través de un párrafo introductorio se describe el contexto donde se desarrollo dicha propuesta didáctica.

4.1. Contexto de la clase

El instituto en el que se desarrollaron las clases es el IES Parque Goya, en el curso de 1º de Bachillerato de Biología, en el que cursan un total de 9 alumnos/as. De esta forma la clase la conforman un total de 7 alumnas y 2 alumnos., con un nivel socioeconómico medio.

4.2. Propuesta de innovación didáctica

Con el propósito de comprobar el uso de los mapas conceptuales como herramienta de evaluación y autoevaluación, se tomo como principales objetivos el:

- Analizar la estructura del mapa conceptual antes y después, es decir, la forma que presenta el mapa, las nuevas ramas que se generan y su grado de conexión.
- Analizar qué conceptos utilizan los estudiantes acerca de la nutrición vegetal, qué relaciones establecen entre ellos, y qué evolución se observa tras la propuesta implementada en el aula.

Para ello, los mapas iniciales de los alumnos simplemente se valoraron pero no se realizó ninguna anotación sobre ellos con la idea de guardarlos para su evaluación final.

Por tanto, al finalizar la materia se les devolvió su mapa conceptual fotocopiado para que ellos y ellas en base a su conocimiento y su capacidad de razonamiento y reflexión corrigieran, mejoraran y ampliaran el (su) mapa conceptual inicial. Por supuesto, ni que decir tiene que ellos no sabían que esta parte del examen final iba a consistir en autocorregirse. Si que sabían que iban a tener que realizar dos mapas conceptuales pero nada más.

Durante el periodo de practicum, tanto en la primera sesión como al menos otra antes del examen se repasaron los fundamentos de los mapas conceptuales, tanto sus características principales como errores de forma que habían cometido, como repetir conceptos o no señalar con un círculo o recuadro el concepto para así diferenciarlo del conector.

Los objetivos de la propuesta de innovación y evaluación para el profesor son:

- a. Identificar el grado de comprensión de la materia de forma individual y colectiva.
- b. Identificar posibles errores conceptuales.
- c. Observar la capacidad de relación de los alumnos.
- d. Mostrarles una nueva metodología de estudio de las ciencias al igual que una herramienta de evaluación distinta al examen tipo.
- e. Fomentar la reflexión y la **autoevaluación** de los alumnos a través de la corrección personal de los mapas conceptuales previos a la enseñanza de la materia.

- f. Reforzar la capacidad de relación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de ciencias.

Objetivos de la etapa de bachillerato para biología y geología

Objetivos de la etapa según figura en el *REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas*.

Objetivos para los alumnos

La enseñanza de la Biología y geología en el bachillerato tendrá como finalidad el desarrollo de las siguientes capacidades:

4. Realizar una aproximación a los diversos modelos de organización de los seres vivos, tratando de comprender su estructura y funcionamiento como una posible respuesta a los problemas de supervivencia en un entorno determinado.
5. Entender el funcionamiento de los seres vivos como diferentes estrategias adaptativas al medio ambiente.

Con el propósito de cumplir con los objetivos de etapa se llevaron a cabo una serie de actividades a lo largo de las distintas sesiones de clase con los que ir abarcando ambos objetivos. Por ejemplo, para entender el funcionamiento de los seres vivos con diferentes estrategias adaptativas al medio ambiente se realizó la práctica de observación con lupa de distintos organismos como líquenes, hepáticas, musgos y plantas, así como la actividad relacionada con los factores ambientales que condicionan la vida en diferentes ecosistemas. Por otro lado, el dibujo realizado en la pizarra sobre el proceso de nutrición vegetal, muestra un modelo de organización de unos determinados seres vivos, las plantas superiores, en el que se trataba de mostrar a los alumnos su estructura y funcionamiento. En la tabla 4.3 se resumen el conjunto de las actividades desarrolladas:

Las actividades realizadas durante los 10 días de explicación de la materia se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Secuencia de actividades realizadas, y objetivos para cada una de ellas

Tema	Actividades	Objetivos
La Nutrición de las Plantas	Preguntas iniciales relacionadas con el tema y mapa conceptual inicial	Incitar a la curiosidad científica, al cuestionamiento de los procesos naturales que tienen lugar en la biosfera., Fomentar el razonamiento y hacerles pensar: ¿De dónde procede el oxígeno que respiramos? ¿Y el alimento que comemos?

	Dibujo del proceso completo de nutrición de las plantas en la pizarra	Fomentar la visión de conjunto sobre nutrición vegetal, y el sentido y relación de cada uno de los procesos que tienen lugar en él (absorción de nutrientes por las raíces y hojas, transporte de savia bruta y elaborada, transpiración, excreción de nutrientes).
	Observación con lupa de líquenes, musgos, hepáticas, hojas de abeto y pino, etc.	Observar, comparar e identificar diversas formas de vida, sus adaptaciones, tejidos y estructuras.
	Interpretar gráficas de la apertura estomática	Observar la influencia de determinadas variables como la hora del día, la concentración de CO ₂ o la intensidad lumínica, y las correlaciones que se dan entre ellas.
	Factores que afectan a la vida-nutrición de las plantas (por medio de imágenes: Desierto, Selva y Antártida)	Pensar y razonar sobre factores ambientales como la precipitación, el tipo de suelo o la temperatura ambiental, que condicionan la vida en ecosistemas muy dispares.
	Video de la fotosíntesis en inglés y preguntas	Visualizar el proceso concreto de la fotosíntesis, y fomentar su comprensión a través de preguntas. Familiarizar a los alumnos con la lengua de uso dominante en la ciencia, el inglés
	Artículo de prensa sobre la Fotosíntesis	Analizar el artículo en base a preguntas y establecer relaciones con el temario. Fomentar la crítica científica y la reflexión sobre las investigaciones científicas realizadas acerca de la fotosíntesis y sus posibles aplicaciones.
	Dibujo de una cadena y pirámide trófica en la pizarra	Recordar conceptos ecológicos vistos (productores, consumidores, descomponedores) para relacionarlo con el tema de Nutrición de las plantas y su repercusión a nivel de la biosfera
	Trabajo en grupo y exposición: Biocombustibles/Combustibles fósiles	Buscar información, comprensión de la materia a explicar, creatividad, organización y desarrollo de habilidades comunicativas
	Examen: Corrección del mapa conceptual inicial	Aprender a aprender

4.3. Análisis de los mapas conceptuales

En primer lugar realizamos un mapa de referencia para más tarde cotejarlo con el de los alumnos y comprobar las relaciones más relevantes que se esperaban encontrar (ver tabla 2 ideas relevantes).

El mapa de referencia se elaboró en base a los contenidos mínimos recogidos en la programación del departamento, al libro de texto de la materia y a la literatura acerca de las concepciones sobre la nutrición vegetal de los estudiantes (Figura 1 Mapa de referencia).

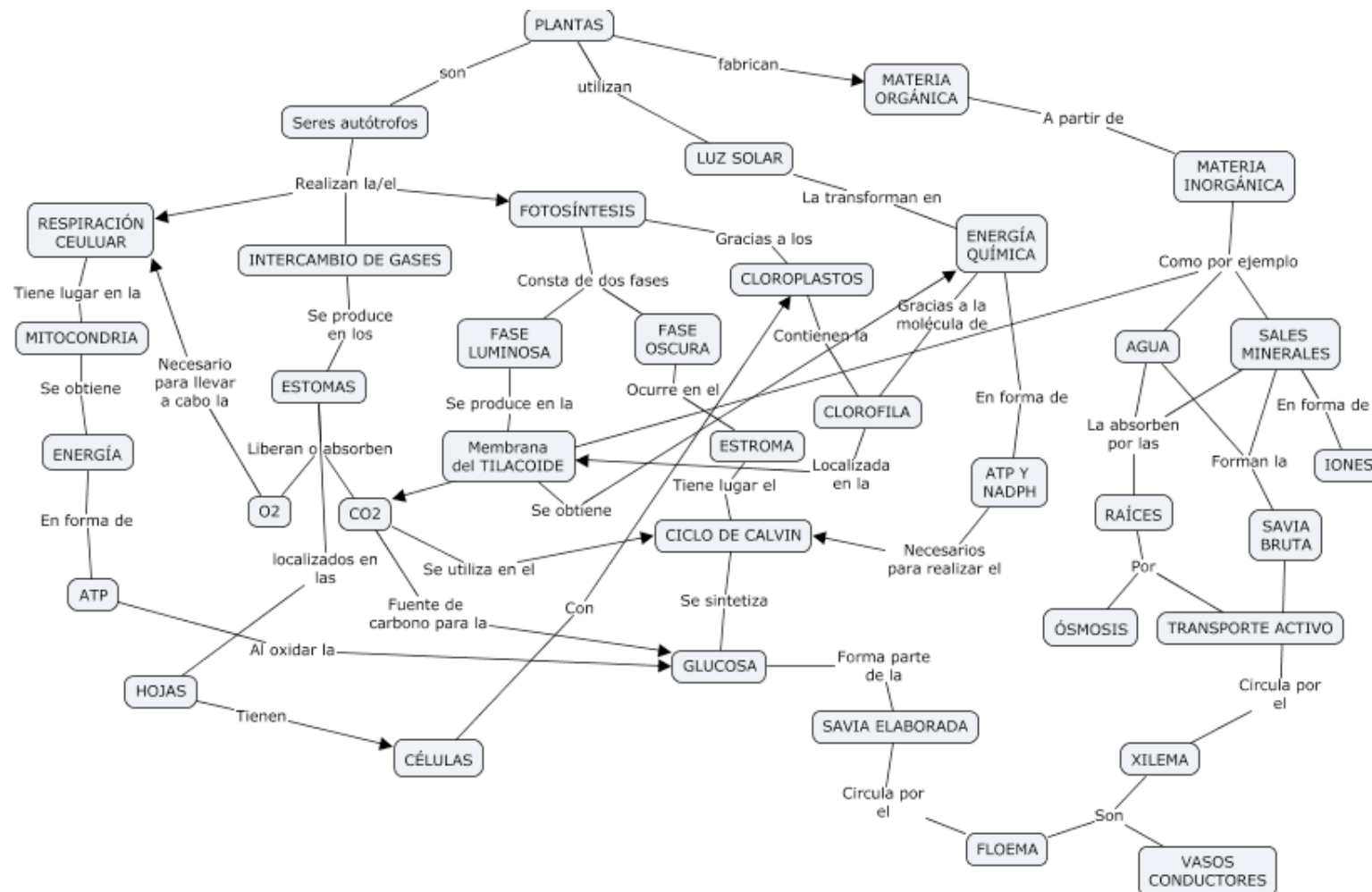
En este mapa de referencia debían aparecer todas las ideas relevantes que nos interesaba identificar en los mapas conceptuales de los alumnos.

De esta forma se elaboró un listado de 25 conceptos entre los que se encontraban por ejemplo agua, energía solar, energía química, CO₂, savia bruta, savia elaborada, ATP o cloroplastos.

Las relaciones que debían de establecer los alumnos, utilizando la mayoría de esos 25 conceptos, serían las siguientes:

- a. Reconocer que las plantas son organismos fotoautótrofos, capaces de transformar la energía solar (lumínica) en energía química. Un paso más avanzado y que no se esperaba encontrar en los mapas iniciales es que relacionaran e identificaran esa energía química como las moléculas de ATP y NADPH.
- b. Identificar que los nutrientes, o sustancias inorgánicas que necesita una planta para desarrollar su actividad vital son agua, sales minerales y CO₂.
- c. Conocer cómo se transportan los nutrientes desde las raíces a través del xilema, y cómo desciende la savia elaborada, y se reparte al resto del organismo, a través del floema.
- d. Identificar el papel de los cloroplastos, y la clorofila, y su lugar dentro de la planta.
- e. Asumir que las plantas como seres vivos respiran oxígeno y que este proceso se lleva a cabo tanto de día como de noche.

Figura 1 Mapa de referencia



A continuación se presenta una tabla con las ideas más relevantes que los alumnos han de establecer en sus mapas conceptuales:

Tabla 2. Ideas relevantes sobre la nutrición vegetal

Ideas más relevantes que han de aparecer en los mapas conceptuales
Reconocen que las plantas transforman la energía solar en energía química
Identifican que las plantas necesitan nutrientes como agua, sales minerales y CO ₂
Identifican los mecanismos de transporte y absorción de nutrientes
Reconocen el papel del CO ₂ en la fotosíntesis
Reconocen el papel de la clorofila y de los cloroplastos
Relacionan el intercambio de gases con los procesos de fotosíntesis y respiración celular
Las plantas fabrican su propio alimento en forma de azúcares
Relacionan el transporte de nutrientes con el proceso de nutrición vegetal

Para entender cada una de las ideas relevantes se describe a continuación, de forma breve, qué significa cada una de ellas, cómo se puede observar, y qué relaciones pueden encontrarse, en un mapa conceptual:

- Reconocer que las plantas transforman la energía solar en energía química es entender que los seres autótrofos o fotoautótrofos son capaces de utilizar la energía lumínica, los fotones del sol, y que tienen moléculas como la clorofila, que la transforman en energía química como ATP y NADPH para fabricar moléculas orgánicas.
- Identificar que las plantas necesitan nutrientes como agua, sales minerales y CO₂, significa que los alumnos han entendido que la planta no solo absorbe nutrientes inorgánicos por las raíces, sino también a través del intercambio de gases que tiene lugar en los estomas de las hojas. Y que todos ellos son necesarios en el proceso de nutrición vegetal.
- Identificar los mecanismos de transporte y absorción de nutrientes es una de las primeras ideas que se dan en el tema, y se trata de que los alumnos entiendan los procesos que tienen lugar tanto en las raíces para absorber el agua y las sales minerales como en los estomas de las hojas para fijar el CO₂. Y en cuanto al transporte se trata de que los alumnos comprendan que hay dos tipos de vasos conductores, xilema y floema, y que por ellos fluyen dos savias distintas. La savia

bruta en este caso transporta los nutrientes desde las raíces hasta las hojas, y se debe a la gran cohesión que se da en las moléculas de agua, a la capilaridad de los tubos y a la transpiración que se da a través de los estomas de las hojas. La savia elaborada fluye por el floema y contiene los azúcares sintetizados distribuyéndose por toda la planta, hasta las células consumidoras.

- Reconocer el papel del CO_2 en la fotosíntesis, significa que los alumnos entienden que las plantas absorben, captan o fijan dicho gas atmosférico a través de sus estomas para emplearlo en un proceso de biosíntesis en la fase oscura, más concretamente en el ciclo de Calvin para fabricar azúcares y que este gas es la fuente de carbono.
- Reconocer el papel de la clorofila y de los cloroplastos significa que los alumnos comprenden que la molécula de la clorofila a parte de localizarse en los cloroplastos, y estos a su vez en las células fotosintéticas de la planta, interviene de manera determinante durante la fase luminosa de la fotosíntesis y provoca la lisis de la molécula de agua.
- Relacionar el intercambio de gases con los procesos de fotosíntesis y respiración celular es una idea muy importante, ya que significa que los alumnos relacionan tres procesos de gran relevancia; asocian la captura de CO_2 con la fotosíntesis y a su vez entienden que las plantas son organismos vivos que necesitan energía para desarrollar su actividad vital y que la obtienen por medio de la oxidación de los compuestos que han sintetizado en la fotosíntesis. Al final comprenden que las plantas no solo fijan CO_2 y liberan O_2 a través de los estomas, sino también el proceso inverso, y que este se da durante todo el día.
- La idea de que las plantas fabrican su propio alimento en forma de azúcares, es de alguna forma el objeto del tema, por el cual los alumnos llegan a comprender como estos seres vivos forman materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas.
- Relacionar el transporte de nutrientes con el proceso de nutrición vegetal se traduce por ejemplo en, considerar la relación entre el agua que se absorbe por las raíces será utilizada después en la fotosíntesis para la síntesis del poder reductor y del ATP. De la misma forma, entender que los azúcares sintetizados, que fluyen por el floema, van a ser utilizados en la respiración celular de las células de la planta para obtener energía.

Una vez elaborado el mapa de referencia y establecidas las relaciones que tendrían que identificar los estudiantes, se contrastó con los realizados por los alumnos, tanto al inicio de

la actividad como al final, y se analizaron tanto los cambios realizados en la estructura del mapa como el tipo de relaciones establecidas entre los estudiantes, así como su evolución. Los resultados se analizan tanto de forma cualitativa como cuantitativa.

5. Resultados

En este apartado se presentan los resultados de la propuesta de investigación didáctica en los que se muestra en primer lugar dos ejemplos de mapas conceptuales efectuados por los alumnos, en donde se analizan tanto la estructura de los mapas como las relaciones que contienen. Posteriormente, se incluye un análisis cuantitativo relativo a los conceptos utilizados tanto en el mapa inicial como final, así como un análisis de que ideas relevantes han sido utilizadas por los estudiantes.

5.1. Mapas conceptuales de los alumnos

A continuación se exponen dos ejemplos de mapas conceptuales correspondientes a dos alumnos de la clase de 1º de bachillerato donde se analizan distintos aspectos y características del mapa en base a los objetivos propuestos. Es decir, en primer lugar se va a analizar la estructura que presenta cada uno de los mapas, su forma y su grado de conexión, comparándolos entre sí. Y en segundo lugar, se van a analizar el tipo de relaciones que aparecen en cada uno de los mapas, especialmente en relación a las ideas más relevantes.

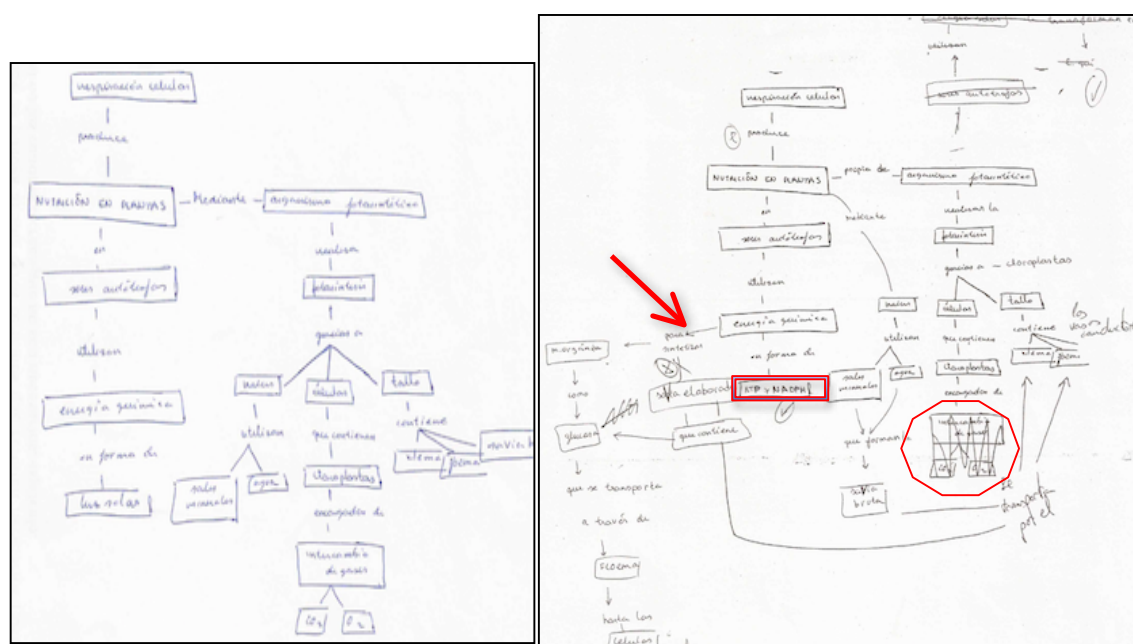


Figura 2 y 3. Mapa inicial, y final de una alumna de 1º de bachillerato.

Estructura del mapa conceptual: En este mapa conceptual de una alumna de 1º de bachillerato se observa una evolución en la forma que tiene el mapa. El mapa inicial consta de dos ramas principales, inconexas entre sí, y con una rama, la derecha, de mayor tamaño. Posteriormente en el mapa final la alumna realiza dos ampliaciones, con dos ramas nuevas, la flecha señala un nuevo vínculo de un concepto ya utilizado con otros que antes no figuraban (ampliación del mapa). Asimismo en la esquina superior derecha del mapa final se aprecia como la alumna realiza otra ampliación a partir de un concepto que ya tenía, pero que finalmente descarta.

El grado de conexión entre las tres ramas del mapa final sigue sin producirse, dando lugar a un mapa conceptual con ideas inconexas (Nota aclaratoria: Las líneas de unión en la parte inferior del mapa final se realizaron por el profesor, mostrando cómo podía ser una relación entre esos conceptos)

En lo que se refiere al contenido: La alumna muestra un cambio significativo en las relaciones entre algunos conceptos. El recuadro en rojo nos muestra como la alumna es consciente de que se ha equivocado en su mapa inicial al indicar que los *seres autótrofos utilizan la energía química en forma de ---luz solar y lo cambia por ATP y NADPH* (Corrección-Sustitución). Lo que indica que por un lado ha añadido conceptos nuevos a su mapa que antes no figuraban y que desconocía, y segundo que lo asocia a la energía química necesaria para sintetizar materia orgánica, como glucosa, tal y como ella manifiesta.

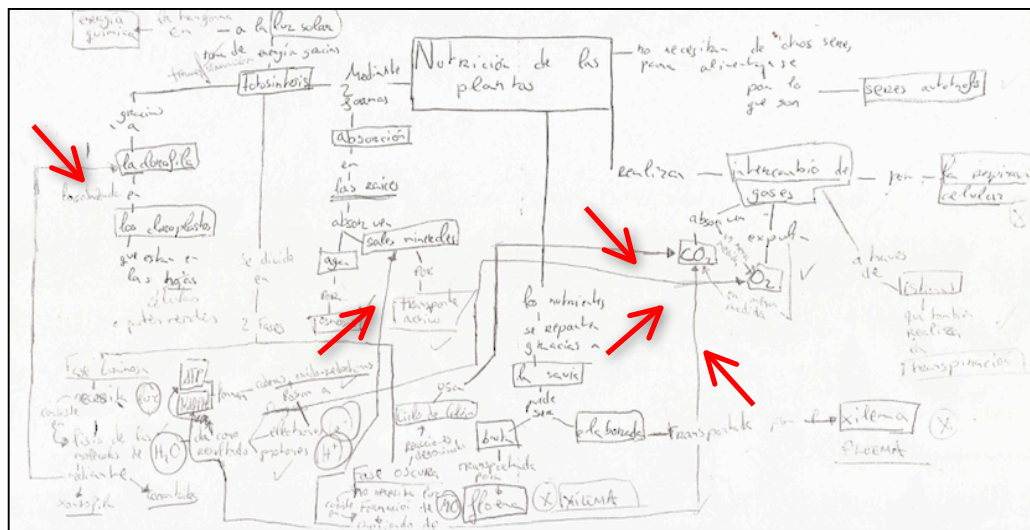
El círculo rojo nos muestra una corrección explícita a través de un tachado de una unión que ella considera totalmente errónea. *Los cloroplastos encargados del intercambio de gases, CO₂ y O₂*. En el mapa final reubica el concepto cloroplastos al lado de la fotosíntesis, indicando que este proceso tiene lugar gracias a estos orgánulos celulares. Sin embargo no ocurre lo mismo con los otros tres conceptos, *intercambio de gases, CO₂ y O₂*. Simplemente los elimina del mapa.

En la esquina superior derecha, la alumna, ha realizado un tachado de una ampliación del mapa que luego ha considerado errónea. En dicha rama figuraba una de las ideas relevantes, y por alguna razón ha considerado que no era adecuada. Se trata justamente de la primera de las ideas en donde se manifiesta que las plantas son seres autótrofos capaces de transformar la energía solar en energía química. Quizás al ponerlo arriba desconectado del resto del mapa que ya tenía elaborado no ha visto la manera de conectarlo o simplemente no estaba segura de lo que ponía y la ha descartado.

Sin embargo, la alumna sí que muestra comprender que las plantas fabrican su propio alimento en forma de glucosa, y la relación entre el proceso de nutrición vegetal y transporte de sustancias, ya que explicita como las plantas *sintetizan materia orgánica en forma de glucosa que se transporta a través del floema hasta las células*.

Diagrama de flujo sobre la nutrición de las plantas:

- Nutrición de las plantas**
 - Realizan intercambio de gases
 - absorben CO_2
 - expulsan O_2
 - Realizan fotosíntesis
 - se aprovechan de la luz solar
 - con la ayuda de las clorofilas
 - que están en las hojas
 - Realizan absorción
 - en las raíces
 - absorben sales minerales
 - agua
 - Realizan transpiración
 - se evaporan
 - por las hojas



Estructura del mapa conceptual: En estos dos mapas se observa de forma clara la evolución del conocimiento y del aspecto estético del mapa. En el primero de ellos, el mapa inicial, se

aprecian cinco ramas más o menos verticales e inconexas unas de otras. En cambio, en el segundo mapa el alumno aumenta significativamente el número de conceptos utilizados, introduciendo conceptos como por ejemplo energía química, fase oscura, fase luminosa, ciclo de Calvin, estomas, transpiración. Se observa como desarrolla en mayor grado la rama central inferior y las dos de la izquierda, y como relaciona unas con otras. Este último hecho se señala de forma explícita con las flechas rojas, y se observa como genera o establece conexiones secundarias que se originan a partir del esqueleto inicial o principal.

En lo que se refiere al contenido: El alumno muestra un incremento notable en el número de relaciones fruto del incremento del número de conceptos utilizados, pasando estos de 17 a 36. Entre las relaciones que se establecen cabe destacar que el alumno corrige en la esquina superior izquierda que la luz solar se transforma en energía química durante la fotosíntesis. Asimismo desarrolla en profundidad el proceso de la fotosíntesis en la esquina inferior izquierda, y lo relaciona tal y como ha sido señalado con las flechas con las otras tres ramas, correspondientes a la clorofila y los cloroplastos, la absorción de nutrientes por las raíces, y el intercambio de gases. En concreto, relaciona la función de la molécula de clorofila durante la fase luminosa de la fotosíntesis con la lisis de la molécula de agua. De igual forma relaciona que para que tenga lugar la formación de materia orgánica durante la fase oscura es necesario que se utilice CO_2 , y explicita que este proceso tiene lugar en el ciclo de Calvin.

En este caso concreto, el alumno además de la ampliación del mapa inicial fruto del estudio, muestra un aumento en la comprensión acerca de la nutrición vegetal, al ser capaz de establecer hasta cinco conexiones cruzadas con las que hace el mapa más complejo, tejiendo una red mucho más elaborada y completa en las que se recogen ideas relevantes sobre el tema.

5.2. Estructura del mapa

En este apartado se va a ver cómo ha evolucionado el mapa en cuanto al aspecto de vertical e inconexo a horizontal y relacionado, es decir, se va a ver un patrón en la forma de los mapas iniciales como de los finales (ver anexos Más ejemplos de mapas conceptuales de los alumnos). Además se va a observar si se han generado nuevas ramas como consecuencia del conocimiento adquirido, y de la relación de este con el que ya poseían los alumnos. También se va a comprobar el grado de conexión que presentan las diferentes ramas. Estas relaciones entre ramas pueden no existir, pueden ser escasas si existe tan solo una flecha que une dos ramas o el mapa puede presentar múltiples conexiones entre las ramas. Entre ellas se pueden

encontrar conexiones cruzadas que vuelven sobre conceptos ya utilizados, de abajo hacia arriba.

5.3. Conceptos utilizados por los alumnos

A continuación se expone una tabla con los resultados del análisis de los conceptos utilizados por los alumnos en sus mapas conceptuales. De entre los 25 proporcionados en la lista del ejercicio, donde se pueden apreciar aquellos conceptos que han sido más y menos utilizados así como un apartado con conceptos añadidos por los alumnos.

Tabla 3. Conceptos de nutrición vegetal utilizados por los alumnos

Conceptos utilizados	MC INICIAL	MC FINAL
Todos los alumnos han utilizado	Seres autótrofos Agua Sales minerales Luz solar	Seres autótrofos Agua Sales minerales Raíces Xilema*
Muy utilizados (Entre 6 y 5 alumnos)	Cloroplastos Organismo fotosintetizador CO ₂ Savia bruta Fotosíntesis Clorofila Respiración celular* Intercambio de gases O ₂ Savia elaborada	Fotosíntesis Clorofila Cloroplastos Energía solar Energía química Respiración celular* Savia bruta Savia elaborada* Floema* O ₂ CO ₂
Menos utilizados (3 alumnos o menos)	Glucosa Estoma	Glucosa Estoma Ciclo de Calvin ATP NADPH
No utilizados	Ciclo de Calvin ATP NADPH	-
Añadidos por los alumnos (El número indica los alumnos que los han utilizado)	Tallo Hojas	Estroma 2 Fase luminosa 3 Fase oscura 3 H ⁺ (Protones) 3 e ⁻ (electrones) 3 Materia orgánica 3 Azúcares 3 Cohesión 1 Capilaridad 1 Transpiración 1 Excreción 1 Plasmodesmos 1 Transporte activo 2 Ósmosis 2 Resinas 1 Látex 1

* No todos los alumnos han relacionado el concepto de manera correcta, pero si la mayoría. Salvo en el caso de respiración celular e intercambio de gases donde casi todos lo expresan de forma incorrecta. Saben que tiene lugar pero no acaban de entender la relación de los procesos a juzgar por la falta de conectores entre ambos.

En la tabla de conceptos utilizados por los alumnos se observan dos resultados bien diferenciados entre sí. Por un lado, el apartado de conceptos utilizados por todos los alumnos o muy utilizados no registra casi variaciones. Lo que se explica porque, son términos principales del tema (seres autótrofos, fotosíntesis) y parte de ellos constituyen en gran medida el esqueleto inicial de los mapas conceptuales de los alumnos, y porque son términos que han aprendido o que están familiarizados de cursos anteriores (luz solar, clorofila, cloroplastos, fotosíntesis, agua, sales minerales). Por otro lado, hay tres apartados que sufren una gran variación en el número de conceptos utilizados especialmente, los apartados de no utilizados y los añadidos por los alumnos. Esto hecho se debe a que gran parte de esos conceptos nuevos o añadidos tienen que ver con el proceso de fotosíntesis. Se observa como pasan de no utilizar términos como ciclo de Calvin, ATP o NADPH a utilizarlo tres de los siete alumnos. También es significativo el uso de términos como materia orgánica o azúcares que registra más usos que el concepto glucosa, que se incluye en el listado.

Asimismo cabe resaltar como hay dos alumnos que introducen conceptos relativos a la absorción y transporte de nutrientes, o incluso a la excreción de las plantas. Aportando una visión más completa del proceso de nutrición vegetal.

5.4. Resultados cuantitativos

A lo largo de este apartado se aporta información relativa al número de estudiantes que han registrado en sus mapas conceptuales las ideas relevantes expuestas anteriormente, ya sea en el mapa inicial o final. Igualmente se incluyen otros datos de carácter general relativos al número de conceptos utilizados por los estudiantes o el número de correcciones explícitas efectuadas por los mismos.

La tabla que se presenta a continuación muestra que ideas relevantes han sido recogidas y expresadas de manera adecuada en los mapas conceptuales de los alumnos. Para ello se ha hecho un análisis tanto de los mapas iniciales para ver donde aparecen estas ideas. La letra X se corresponde con el mapa inicial o previo a la materia, y la letra Y con el mapa final.

Tabla 4. Relaciones establecidas por todos los estudiantes respecto a la nutrición vegetal

Ideas más relevantes que han de aparecer en los mapas conceptuales	Alumnos						
	1	2	3	4	5	6	7
Reconocen que las plantas transforman la energía solar en energía química	Y	Y	Y	Y		Y	Y
Identifican que las plantas necesitan nutrientes como agua, sales minerales y CO ₂	X/Y	Y	I	X Y	I	X/Y	Y
Identifican los mecanismos de transporte y absorción de nutrientes						Y	Y
Reconocen el papel del CO ₂ en la fotosíntesis	Y						Y
Reconocen el papel de la clorofila y de los cloroplastos	Y	Y			I	Y	Y
Relacionan el intercambio de gases con los procesos de fotosíntesis y respiración celular						I	I
Reconocen que las plantas fabrican su propio alimento en forma de azúcares	Y*				Y	I	
Relacionan el transporte de nutrientes con el proceso de nutrición vegetal	Y						Y

Para el análisis de las ideas relevantes, se ha valorado mapa por mapa de cada alumno y sólo se han tenido en cuenta aquellas ideas expresadas de forma correcta y completa. Es decir, que por ejemplo, en el caso de haber encontrado alumnos que manifiestan identificar como nutrientes esenciales de la planta solo el agua y las sales minerales, sin que aparezca relacionado el CO₂, no se ha considerado como válida que la idea aparezca en el mapa. En dicho caso, aparece una I de incompleto que significa que el alumno muestra haber comprendido una parte de la idea pero que le falta algo, por ejemplo el caso anteriormente comentado del CO₂, o por ejemplo que manifieste relacionar el intercambio de gases con la respiración celular pero no con la fotosíntesis o viceversa.

Del análisis de las relaciones efectuadas se deducen las siguientes conclusiones en relación a las ideas relevantes objeto de estudio:

Con relación a la clorofila y los cloroplastos, los alumnos muestran saber donde se ubican pero no cual es su función, en especial en los mapas previos. Por lo general, los alumnos sí que saben que es la causante del color verde de las plantas pero no explicitan su papel en el proceso de la fotosíntesis. Si que saben que otorga el color verde, tal y como indica Charrier (2006).

El intercambio de gases lo asocian tanto en los mapas iniciales como finales principal y únicamente con la respiración celular tal y como señala Rumerhald (1985) en su estudio con alumnos de 16 años (citado en Cañal 1991). Además muy pocos alumnos utilizan la palabra estoma (2).

Con respecto a si los alumnos reconocen que las plantas fabrican su propio alimento en forma de azúcares, se puede afirmar con rotundidad que no, ya que tan solo dos alumnos de siete lo ponen de manera explícita. Sin embargo hay otros tres que manifiestan que las plantas fabrican su alimento, que sintetizan materia orgánica pero no lo relacionan con la palabra glucosa que aparece en la lista. Pero sobre todo no aparece como producto del ciclo de Calvin al final de la fotosíntesis. Lo que resulta muy significativo por las actividades realizadas en especial la del video, en el que se enfatizaba mucho en la idea, y se visionó dos veces.

Con respecto a si los alumnos conocen o desconocen la fuente de carbono de la planta (Cañal 1991), en los mapas conceptuales iniciales todos manifiestan su desconocimiento. Sin embargo en los mapas finales ya hay dos alumnos que lo citan expresamente y otros dos que se aproximan.

A la vista de los resultados también se observa como casi la mitad de los alumnos, consigue eliminar la concepción relativa al desconocimiento de los alumnos de donde queda contenida la energía tras el proceso de fotosíntesis (Citado en Charrier 2006). Ya que al menos tres de ellos citan explícitamente las moléculas de ATP y NADPH que serán utilizadas en el ciclo de Calvin para la reducción del CO_2 .

Otros resultados cuantitativos de carácter general:

- a. En el mapa conceptual inicial o previo al tema tan solo **una alumna** utilizó el mismo número de conceptos que los proporcionados en el enunciado. Ello no significa que todas las conexiones fueran correctas.
- b. Tras el ejercicio de autoevaluación o autocorrección de su mapa conceptual inicial: **Un 57% de los alumnos** utilizó **más** conceptos de los proporcionados en el enunciado. Poner algún ejemplo
- c. Se ha dado un incremento medio de **10 conceptos nuevos por mapa**.

- d. Tras la autoevaluación los alumnos han generado **casi 5 nuevas relaciones por mapa** con respecto a conceptos que ya habían utilizado en su primer mapa.
- e. El **número de correcciones explícitas** por mapa es muy bajo, ya que es de **1,28 por mapa** o por alumno. Esto se debe, en mi opinión, porque en un inicio los alumnos sólo relacionaron aquellos conceptos de los que estaban más seguros y que les resultaban conocidos, ya que la media de conceptos utilizados es de 17,14 sobre los 25 que podían haber utilizado. Por otro lado, tampoco corrigieron todas las relaciones que tenían mal o que podían haber sido mejoradas.

6. Conclusiones

A pesar de que la muestra de alumnos es muy baja, los mapas conceptuales muestran una evolución en el conocimiento o mejor dicho en la representación y estructuración del conocimiento. Una parte de ello es debida al estudio, que duda cabe, y otra es debida a la reflexión y al razonamiento efectuado por los alumnos. Al enfrentarse a ellos mismos, son conscientes de lo que sabían o creían saber y de cuál o cuáles deben ser las modificaciones que deben realizar para expresar de manera adecuada y correcta las relaciones entre conceptos. Por ejemplo, una alumna en su primer mapa conceptual equiparaba luz solar con energía química, para después de su corrección, entender que eran conceptos distintos y que la energía química era el resultado de la transformación por la planta de la energía solar. De los mapas iniciales se comprueba la persistencia de la idea de nutrición de la planta procedente del suelo a través de las raíces (Cañal 1991). Esta percepción se ve tímidamente modificada tras las clases y así se manifiesta en los mapas finales, ya que la mitad de los alumnos manifiesta en su mapa final que las plantas fabrican materia orgánica, su alimento e incluso algunos lo asocia con azúcares. Cuando ninguno lo había manifestado en su mapa inicial. Igualmente se ve un cambio significativo al observar en los mapas finales como al menos tres alumnos ya no conciben el agua como un disolvente sino como una molécula que juega un importante papel en la fase luminosa de la fotosíntesis.

Frente a la carencia de mapas conceptuales realizados durante la clase, y aunque son muy pocos alumnos y por tanto no se puede decir que sea un estudio representativo, los resultados coinciden con las características que se señalan en los artículos a este respecto y además se comprueba como se eliminan algunas concepciones detectadas al inicio del tema y que por supuesto han sido trabajadas durante las clases. Igualmente los alumnos muestran una rápida

adaptación al método de trabajo, cada uno personalizándolo a su manera, y mostrando de una forma muy gráfica como tienen cada uno de ellos estructurado el conocimiento en su mente, tal y como se aprecia de la variedad estética y organizativa, de los mapas recogidos de entre siete alumnos

A lo largo de este trabajo se ha visto como los mapas conceptuales han resultado ser una herramienta eficaz con la que identificar algunas de las concepciones alternativas que poseen los alumnos sobre la nutrición vegetal. A la vez que han hecho posible la evaluación de la asignatura por medio del análisis de las ideas relevantes sobre la materia, que debían de estar recogidas en los mapas conceptuales de los alumnos. Igualmente han hecho posible que los alumnos se autoevalúen, reflexionando y pensando sobre los conocimientos que poseían y los que han adquirido.

Como ya se comentó al inicio del trabajo, los conceptos de fotosíntesis y respiración resultan de una gran complejidad tanto para docentes como para los alumnos. En el análisis de resultados se ha comprobado que concepciones han cambiado en algunos estudiantes, y que otras ideas relevantes presentan una mayor resistencia al cambio.

Gracias a la elaboración de este trabajo he llegado a comprender de manera más profunda las dificultades que entraña la enseñanza-aprendizaje de la nutrición de las plantas y que alternativas y propuestas existen con los que corregir los errores conceptuales.

7. Propuestas de mejora

El primer aspecto que mejoraría con respecto a los mapas conceptuales que les pedí a los alumnos fue darles a elegir a ellos que pusieran en el inicio del mapa entre Plantas y Nutrición de las plantas en vez de decirles a todos que pusieran el mismo título o palabra clave para empezar a construirlo, lo que luego derivó a mi entender en que algunos alumnos mostraran dificultades con el nexo de unión con el resto de conceptos. Es decir, a la vista de los mapas conceptuales elaborados por los alumnos aquellos que tenían como título o concepto principal *Nutrición de las plantas* mostraron más problemas y falta de conectores con los siguientes conceptos (con sus inmediatos) que aquellos que alumnos que por el contrario empezaron por poner *Plantas*. De tal modo que debí haberles indicado con claridad que todos pusieran *Plantas* para así facilitar su razonamiento inicial y también para que todos empezaran por la misma palabra. Y de esta manera reducir también la incertidumbre a la hora de evaluarlos.

Además, puede que hubiera sido acertado a lo largo de las clases, hacer mapas conceptuales previos sobre temas muy importantes de esta materia como puede ser la fotosíntesis o la absorción de nutrientes, para realizar al final el mismo ejercicio de autoevaluación al final del tema sobre su mapa inicial.

Otro aspecto que también se podría haber trabajado más durante las clases es que ellos fueran realizando mapas conceptuales sobre la materia vista o sobre temas relacionados (como el cambio climático por ejemplo) y que los hubiéramos comentado en clase, para así al día siguiente comentar las dificultades encontradas, los aspectos que no entendían, o las relaciones que no eran capaces de establecer. Con este tipo de actividades podría haber recogido más información y más indicios con los que reorientar la clase y mejorar la forma en la que estructuramos los contenidos.

8. Bibliografía

- Cañal, P. (1991). Las concepciones de los alumnos y alumnas sobre la nutrición de las plantas verdes. *Investigación en la escuela*, 13, 97-113.
- Charrier Melillán, M., Cañal, P. y Rodrigo Vega, M. (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.
- Costamagna, A. (2001). Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. *Enseñanza de las ciencias*, 19 (2), 309-318.
- González García F.M. (1992). Los mapas conceptuales de J.D. Novak como instrumentos para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 10 (2), 148-158.
- González Rodríguez, C., Martínez Losada C. y García Barros, S. (2009). Problemática de la Nutrición Vegetal. Una propuesta de secuencia. *Revista de Educación en Biología*, 12 (2), 36 a 43.
- González C., García, S. y Martínez, C. (1998). Concepciones de los alumnos de bachillerato acerca de la función de los gases en el proceso de la fotosíntesis. *La didáctica de las ciencias. Tendencias actuales*. 335-344.
- IES Parque Goya. Proyecto Educativo de Centro (PEC).
- Madrid Rangel, M.A., Castillo, A. y Meléndez, I. (2008) Biología y Geología 1º Bachillerato. Santillana Proyecto La Casa del Saber.
- Moreira, M.A., (1997). Mapas conceptuales y aprendizaje significativo. *Revista Galáico Portuguesa de Sócio Pedagogia y Sócio-Lingüística*, Pontevedra/Galicia/España y Braga/Portugal, 23 a 28: 87-95, 1988.
- Novak, J.D. y Cañas, A. J. (2006). La Teoría Subyacente a los Mapas Conceptuales y a Cómo Construirlos^{1,2}. Reporte Técnico IHMC CmapTools. Florida Institute for Human and Machine Cognition. 1-37.
- ORDEN de 9 de mayo de 2007, del Departamento de Educación, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación secundaria obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. (BOA 1/06/2007).

- Programación *Didáctica del Departamento de Ciencias de la Naturaleza* del IES Parque Goya. Curso 2014-2015.
- REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.

9. Anexos

Mapa conceptual

Elabora un mapa conceptual sobre la Nutrición de las plantas (Cormofitas). Para ello utiliza los términos que se proporcionan a continuación relacionados con el tema:

Estoma, xilema, savia bruta, clorofila, raíces, CO₂, sales minerales, agua, fotosíntesis, O₂, luz solar, cloroplastos, ciclo de Calvin, células, glucosa, tallo, savia elaborada, floema, tilacoide, estroma, vapor de agua, organismo fotosintetizador, ATP, NADPH, seres autótrofos, energía química, intercambio de gases, respiración celular, transpiración, células oclusivas.

Si lo consideras puedes añadir otros términos que resulten necesarios (justifica tu decisión). Igualmente puedes decidir no usar alguno de los términos, si no los conoces o crees que no son necesarios, explícalo.

Más ejemplos de mapas conceptuales de los alumnos

