UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

MODELOS EXPLICATIVOS SOBRE EL CONCEPTO DE NUTRICIÓN EN PLANTAS EN ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA RURAL

EXPLANATORY MODELS ON THE CONCEPT OF PLANT NUTRITION BASIC SCHOOL STUDENTS IN RURAL

LUIS HORACIO VELASQUEZ OSPINA

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Maestría en Enseñanza de las Ciencias
Exactas y Naturales
Manizales
2011

MODELOS EXPLICATIVOS SOBRE EL CONCEPTO DE NUTRICIÓN EN PLANTAS EN ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA RURAL

EXPLANATORY MODELS ON THE CONCEPT OF PLANT NUTRITION BASIC SCHOOL STUDENTS IN RURAL

LUIS HORACIO VELASQUEZ OSPINA

Trabajo de grado para optar al título de:

Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Directora
Ph D Bioquímica y Biología Molecular MARY ORREGO CARDOZO

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Maestría en Enseñanza de las Ciencias
Exactas y Naturales
Manizales
2011

DEDICATORIA

A Paula Esperanza y Vanessa, quienes con su acompañamiento, respaldo y paciencia me alentaron en cada momento para salir avante de cada adversidad que afloraba durante el desarrollo de la investigación.

A mis padres, Heriberto y Graciela por su apoyo incondicional durante todos estos años de mi formación académica.

A mis hermanos, por su consejo oportuno.

AGRADECIMIENTOS

A la doctora Mary Orrego y su esposo el doctor Oscar Tamayo por su constante asesoría y guía en los diferentes momentos de la investigación.

De la misma manera, quiero extender mi gratitud a Jorge Tulio Vargas, Rector de la Institución Educativa El Trébol y a los estudiantes del grado séptimo por su colaboración en la investigación.

MODELOS EXPLICATIVOS SOBRE EL CONCEPTO DE NUTRICIÓN EN PLANTAS EN ESTUDIANTES DE BÁSICA SECUNDARIA RURAL

RESUMEN

El trabajo que se presenta, proporciona la base para planear una intervención didáctica que permita mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje del concepto de nutrición en plantas en estudiantes de grado séptimo de básica secundaria, asumiendo una postura evolutiva de los procesos de enseñanza y posibilitando así, una mayor comprensión por parte de los estudiantes.

A partir de la exploración de las ideas previas se identifican y se describen los modelos que tienen los estudiantes de grado séptimo para explicar el concepto de nutrición en plantas y se determinan los obstáculos más frecuentes frente al aprendizaje de este concepto. La caracterización de los modelos y la identificación de obstáculos es la base para la construcción de una unidad didáctica que permita orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje del concepto de nutrición en plantas y genere aprendizajes en profundidad en los estudiantes.

Palabras clave: Nutrición en plantas, evolución histórica, aprendizaje, obstáculos.

EXPLANATORY MODELS ON THE CONCEPT OF PLANT NUTRITION BASIC SCHOOL STUDENTS IN RURAL

ABSTRACT

The work presented provides the basis for planning an educational intervention that will improve teaching and learning processes of plant nutrition concept in seventh grade students of elementary school, assuming a developmental learning process and making possible, greater understanding by students.

From the exploration of the previous ideas are identified and described models with seventh grade students to explain the concept of nutrition in plants and identifies the most common barriers to learning against this concept. The characterization of the models and the identification of obstacles is the basis for the construction of a teaching unit, to guide the teaching and learning of the concept of nutrition in plants and generate deep learning in students.

Keywords: Nutrition in plants, historical evolution, learning obstacles.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11
3. JUSTIFICACIÓN 12
4. OBJETIVOS 13
4.1 Objetivo general 13
4.2 Objetivos específicos 13
5. MARCO TEÓRICO 14
5.1 Concepciones alternativas 15
5.2 Obstáculos Cognitivos 17
6. ENFOQUE METODOLÓGICO. 41
6.1 Tipo de investigación. 41
6.2 Unidad de trabajo. 41
6.3 Unidad de análisis: modelos y obstáculos sobre el concepto de nutrición en plantas verdes. 41
6.4 Criterio de selección de la muestra. 41
6.5 Perspectiva general del trabajo 41
6.6 Fases de la investigación 42
6.6.1 Elaboración de instrumento 42
6.6.2 Aplicación de instrumento de ideas previas 44
6.6.3 Análisis de la información 45
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN: IDENTIFICACIÓN DE LOS MODELOS Y DE LOS OBSTÁCULOS 46
7.1 Nutrición a partir del suelo. 46

7.1.1 Modelo explicativo edáfico 48
7.1.2 Modelo explicativo de la transmutación. 50
Tabla No.3 Relación Modelos Frecuencia 51
7.2 Categoría nutrición a partir del agua. 51
7.3 Categoría nutrición a partir del aire 56
7.4 Categoría relación luz- clorofila..... 62
7.4.1 Proporcionar energía 62
7.4.2 Generar vida 62
7.4.3 Realizar fotosíntesis.....63
7.4.4 Para la nutrición y crecimiento 63
7.4.5 Ausencia de agua 64
7.4.6 Ausencia de oxígeno. 64
7.5 Interrelación entre los modelos 67
7.6 OBSTACULOS 69
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 70
8.1 CONCLUSIONES 70
8.2 RECOMENDACIONES 71
Anexo: A. Explorando ideas previas..... 72
Bibliografía 77

Lista de figuras

Figura 1: Espectros de absorción de la clorofila (a y b), carotenos, ficoeritrina y ficocianina. (Tomado de Lenhinger, 2003).....28

Figura 2: Fotosistema(tomado de Curtis 2003).....29

Figura 3: Cloroplasto (tomado de Curtis 2003) 30

Figura 4: Modelo de la molécula de clorofila (tomado de Curtis 2003) 31

Figura 5: Incidencia de la luz en los fotosistemas y en la etapa fotodependiente(tomado de Curtis 2003).....32

Figura 6: Dibujo esquemático de la disposición de los fotosistemas (tomado de Curtis 2003) 33

Figura 7: ciclo de Calvin. (Tomado de Lenhinger, 2003) 34

Figura 8: Perspectiva general de la investigación (Tamayo, 2010).....42

Figura 9: Red semántica en la que se representan de manera general las principales subcategorías relacionadas con la categoría "Nutrición a partir del suelo".....47

Figura 10: Red semántica en la que se representan de manera general las principales subcategorías relacionadas con la categoría "Nutrición a partir del agua”.....54

Figura 11: Red Semántica para la Categoría Nutrición a partir del Aire 55

Figura 12: Red semántica en la que se representan las principales subcategorías relacionadas con la categoría "relación luz-clorofila".....61

Figura 13: Relación de modelos explicativos para explicar la nutrición en plantas. 68

Lista de tablas

Tabla 1: Modelos explicativos sobre la nutrición en plantas, precursores y características de cada modelo. 39

Tabla 2. Relación de categorías y preguntas formuladas en cada categoría 43

Tabla No.3 Relación Modelos Frecuencia 51

1. INTRODUCCIÓN

Hoy se sabe que los estudiantes mantienen un conjunto diverso de ideas previas o pre concepciones sobre diferentes contenidos científicos (Campanario, J. y Otero, J. 2000) y se reconoce que estas ideas previas son uno de los factores clave que deben tenerse en cuenta como condición necesaria (aunque no suficiente) para un aprendizaje en profundidad de las ciencias.

En los últimos años, se han publicado numerosos trabajos sobre las ideas previas de los estudiantes en todos los campos disciplinares y niveles de la enseñanza. Estos estudios han permitido poner en evidencia la existencia de graves problemas de enseñanza y aprendizaje sobre muchos tópicos curriculares y han proporcionado nuevos fundamentos para la crítica a la enseñanza de las ciencias por transmisión directa de conocimientos ya elaborados.

En este trabajo se aborda los aspectos relacionados con las ideas previas de los estudiantes de grado séptimo de educación rural, sobre el concepto de nutrición vegetal, con el propósito de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Para ello es necesario conocer la construcción histórica del concepto de nutrición vegetal. El conocimiento de cómo los científicos han ido aproximándose al estudio de la nutrición de las plantas sirve como guía metodológica para ir dirigiendo los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los obstáculos que el desarrollo histórico del concepto ha debido superar son parecidos a los que deberán superar los estudiantes.

Con esta propuesta se quiere que los estudiantes transiten de las ideas alternativas a los conceptos científicos y sean capaces de aplicar los conocimientos adquiridos en diferentes contextos. Para lograrlo se diseñará una unidad didáctica, dando lugar a la continuidad de la investigación en los grados posteriores que irán cursando los estudiantes.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La comprensión del concepto de nutrición en plantas les resulta en general difícil a los estudiantes de los diferentes niveles de educación. El problema se hace evidente cuando los alumnos tratan de dar respuesta a la pregunta ¿De qué se alimentan las plantas?, responden con sus propios pensamientos, no con los conocimientos escolares que ya han olvidado, o mejor, que nunca han aprendido.

No tener presente los conocimientos previos de los alumnos y alumnas, tiene como consecuencia la memorización de lo que se enseña y de esta forma el estudiante no entiende, no le encuentra ningún significado y no puede entrar a formar parte de su estructura cognitiva, lo que conlleva a la construcción de ideas erróneas. Por lo tanto, el resultado es que no se aprende en profundidad.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, y el contexto escolar de la Institución Educativa El trébol, surgen las siguientes preguntas:

¿Cómo enseñar en profundidad el concepto de la nutrición en plantas, en los estudiantes de grado séptimo de la Institución Educativa el Trébol del municipio de Chinchiná, Caldas?

¿Cuáles son los modelos qué tienen los estudiantes sobre el concepto de nutrición en plantas?

¿Cuáles son los obstáculos que dificultan el aprendizaje del concepto de nutrición en plantas?

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente nos encontramos con una nueva realidad escolar, debido a factores que han ido cambiando como la motivación, la disciplina y el clima del aula. También han aparecido nuevos aspectos como la mayor diversidad y heterogeneidad del alumnado, y las necesidades educativas especiales.

Esta situación requiere un nuevo planteamiento en la acción docente dirigida a todo el alumnado en el que se contemple todos los niveles de avance en el aprendizaje, procurando un modo diferente de trabajo para afrontar esta nueva problemática y darle solución.

Con este trabajo se pretende facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto de nutrición en plantas en estudiantes de grado séptimo de la Institución Educativa el Trébol del municipio de Chinchiná, Caldas, consciente de que su aprendizaje en profundidad les permitirá solucionar problemas en diferentes contextos.

En los últimos veinticinco años se han publicado numerosos trabajos sobre las ideas previas de los estudiantes en todos los campos disciplinares y niveles de la enseñanza. Estos estudios han permitido poner en evidencia la existencia de graves problemas de enseñanza y aprendizaje sobre muchos tópicos curriculares y han proporcionado nuevos fundamentos para la crítica a la enseñanza de las ciencias por transmisión directa de conocimientos ya elaborados.

En este contexto, los trabajos centrados en el análisis de las ideas previas de los estudiantes sobre los procesos de nutrición en plantas, y la génesis de las mismas, han despertado un gran interés entre los investigadores desde el comienzo de los ochenta. Sobre la base de las primeras investigaciones descriptivas, en los años posteriores aparecen en la literatura algunas propuestas didácticas dirigidas a solventar los problemas observados, centradas fundamentalmente en el objetivo de evitar la aparición de las ideas previas alternativas más generalizadas. Pero es evidente, no obstante, que la problemática en torno a la enseñanza y aprendizaje sobre los procesos de nutrición en plantas, sigue plenamente vigente y aún son numerosas las cuestiones a dilucidar en este campo de investigación.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje del concepto de nutrición en plantas en estudiantes de grado séptimo de la Institución Educativa el Trébol del municipio de Chinchiná, Caldas.

4.2 Objetivos específicos

Identificar los diferentes modelos que tienen los estudiantes para explicar el concepto de nutrición en plantas.

Identificar los posibles obstáculos en el aprendizaje del concepto de nutrición en plantas.

5. MARCO TEÓRICO

Existe consenso en la comunidad de investigadores en didáctica de las ciencias en cuanto a la importancia de identificar las ideas previas de los estudiantes antes de iniciar cualquier proceso de enseñanza (Cañal, 1992; Viennot, 1979; Driver 1985). Este reconocimiento del valor de las ideas previas para la enseñanza se vio impulsado en la década de los 70, por algunos de los aportes de Ausubel en cuanto a la recomendación de identificar los conocimientos previos de los alumnos como punto de partida para la enseñanza (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983, citados por Campanario, J. y Otero, J., 2000). Osborne y Wittrock resumen la posición de los investigadores sobre ideas previas de los alumnos cuando afirman que «los alumnos desarrollan ideas sobre su mundo, construyen significados para las palabras que se usan en ciencia y despliegan estrategias para conseguir explicaciones sobre cómo y por qué las cosas se comportan como lo hacen» (Osborne y Wittrock1983, p. 16 citados por Campanarioy Otero, 2000). Parece claro, pues, que el profesor de ciencias debe contar con que sus alumnos *ya* poseen un conocimiento científico alternativo.

Los resultados de aproximadamente veinte años de investigación en el área de ideas previas de los alumnos han puesto de manifiesto una variedad enorme de tales conocimientos alternativos. Desde las primeras observaciones de Viennot (1979) y otros investigadores hasta las recopilaciones e integraciones más actuales, se ha acumulado una gran cantidad de conocimientos en este terreno. (Citados por Campanarioy Otero, 2000).

Los estudiantes de secundaria de grado séptimo de la zona rural no son ajenos a poseer ideas alternativas sobre los diferentes conceptos, las cuales han adquirido a lo largo de las experiencias cotidianas y escolares y que en muchos casos obstaculizan el aprendizaje en profundidad en las diversas áreas del conocimiento. Identificar y caracterizar los modelos explicativos del concepto de nutrición vegetal a partir de la exploración de sus ideas previas va a ser de gran utilidad para generar alternativas tendientes a superar los obstáculos epistemológicos. Con ello se va a impactar su contexto, en el cual sobresalen los proyectos productivos agrícolas (huertas y actividad cafetera), logrando una mayor comprensión de la

dinámica propia de la nutrición de las plantas y así un mejor desempeño en sus actividades cotidianas.

A continuación se presentan los aportes realizados por Tamayo (2002) "De las concepciones alternativas al cambio conceptual", y su importancia en los procesos de enseñanza aprendizaje.

5.1 Concepciones alternativas[1]

"Las concepciones alternativas se refieren a las nociones que los alumnos traen consigo antes del aprendizaje formal de una determinada materia. Para algunos autores las ideas de los estudiantes suelen estar fragmentadas, no tienen estructura bien definida y delimitada, son con frecuencia de naturaleza intuitiva. Los estudiantes, en general, no son conscientes de tener esas concepciones, las cuales no desaparecen con facilidad. Otras de las características más importantes de las concepciones alternativas de los alumnos son:

1. Las concepciones se presentan asociadas a una metodología denominada de la superficialidad, caracterizada por respuestas rápidas, poco reflexivas y que transmiten mucha seguridad (Gil y Carracosa, 1990, Citados por Tamayo 2002).
2. Se encuentran presentes en contextos muy diferentes y responden a situaciones muy variadas.
3. Se construyen a lo largo de la vida del individuo mediante la influencia de los diferentes contextos en los cuales él participa.
4. Son de origen tanto individual como social.

Con las primeras investigaciones realizadas sobre las concepciones alternativas (Viennot, 1979; Driver, 1973) se evidenció la gran importancia del reconocimiento de las ideas de los alumnos y el papel que éstas juegan para sus posteriores aprendizajes. Estos primeros trabajos definieron un problema central de investigación en la didáctica de las ciencias: la inconsistencia entre las respuestas teóricas de los estudiantes y su dificultad, por ejemplo, para resolver problemas

[1]Es bien conocido en la literatura especializada la gran cantidad de términos para hacer alusión a las *ideas de los estudiantes*, se destacan entre ellos: ideas intuitivas, preconceptos, ideas previas, epistemología del estudiante, ideas erróneas... Nos referiremos en forma general a las ideas de los estudiantes con el término concepciones alternativas.

prácticos o para vincular la teoría a los fenómenos observados, lo cual evidencia graves incomprensiones en el aprendizaje de los estudiantes.
En las últimas dos décadas la investigación sobre las concepciones alternativas ha tenido un desarrollo importante en una variedad de tópicos. De la gran cantidad de investigaciones realizadas se han obtenido catálogos completos de las ideas más comunes de los alumnos. El surgimiento y consolidación de esta línea de investigación marcó en buena parte el origen de la didáctica de las ciencias como una nueva disciplina científica" (Tamayo, 2002).

La investigación sobre las concepciones alternativas mostró, de una parte, la importancia de los conocimientos previos de los estudiantes para sus aprendizajes posteriores y, de otra, que cuando los alumnos encuentran una respuesta que puede ser plausible para el problema que se les presenta, no ponen en juego otros conocimientos que puedan contradecirla, es decir, siguen una metodología simplista en la resolución del problema. El estudiante sólo elabora sus respuestas a partir de lo que le sugieren observaciones superficiales del hecho analizado, generalmente sólo observa aquellos comportamientos del fenómeno que apoyan su explicación inicial, pasando los demás desapercibidos o considerados irrelevantes.

Otra razón que justifica la importancia actual de la investigación sobre las concepciones alternativas parte del auge, en los años 70-80, de la enseñanza por transmisión de conocimientos ya elaborados. Desde esta perspectiva, la enseñanza de los diferentes conceptos y teorías daba mínima importancia a la experiencia de los alumnos, a sus conocimientos previos y a aspectos de orden contextual. Es bien conocido el resultado de esta forma de enseñanza: los estudiantes, en el mejor de los casos, mezclan sus ideas acerca de los fenómenos estudiados con aquellas otras enseñadas en la escuela, sin llegar a establecer diferencias claras entre el conocimiento cotidiano y el científico.

De igual manera, es evidente que frente a procesos de enseñanza como el descrito, al no haber una acción didáctica específica orientada a actuar sobre las ideas de los estudiantes y al reconocer su gran estabilidad y persistencia, éstas terminan imponiéndose frente a las nuevas ideas científicas enseñadas en la clase. En síntesis, la enseñanza por transmisión de conocimientos elaborados no permitió el aprendizaje significativo de los conceptos científicos, la razón de ello fue básicamente el desconocimiento de las concepciones de los estudiantes acerca de los conceptos enseñados. Se acepta, entonces, que la investigación sobre las concepciones alternativas cuestionó con rotundidad la enseñanza por transmisión de conocimientos ya elaborados.
Para llegar a reconocer de manera cuidadosa las representaciones de los estudiantes sobre un hecho o fenómeno determinado se requiere, de parte del

profesor, un conocimiento detallado acerca de los aspectos conceptuales específicos, los cuales en unión con el conocimiento del profesor sobre la epistemología de la ciencia, las ciencias cognitivas y las motivaciones e intereses de los estudiantes frente a los conceptos estudiados, permiten una diferente conceptualización sobre la enseñanza.

Hasta hace poco, y aun en la actualidad, se partía del supuesto de que para enseñar una ciencia era necesario y suficiente conocerla, lo cual llevó a consolidar una visión simplista sobre la enseñanza y el aprendizaje. Hoy, por fortuna, mencionado supuesto es cuestionado (Vasco, 2001; Martínez, 2001, citados por Tamayo 2002), se reconoce en la actualidad que la enseñanza de una ciencias exige tanto el conocimiento específico como un conjunto de conocimientos de orden epistémico, contextual e individual sin los cuales sería poco adecuado pensar su enseñanza hoy.

Desde la perspectiva actual de la didáctica de las ciencias el paso de una visión simplista de enseñanza, centrada en lo conceptual, a una visión compleja, que integra en la realidad del aula aspectos conceptuales individuales, contextuales, epistemológicos y sociales, permite una mejor explicación y comprensión de la realidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje y, a su vez, orienta posibles caminos para la enseñanza de las ciencias que respondan más y mejor a las actuales exigencias sociales y culturales".

5.2 Obstáculos Cognitivos

Los obstáculos cognitivos resultan de las concepciones alternativas (descritas anteriormente) de los estudiantes, que pueden tener varios orígenes: Ontogenético, didáctico o epistemológico a) los obstáculos ontogénicos, que se sobrevienen del hecho de las limitaciones neurofisiológicas; b) los obstáculos de origen didáctico, que son aquellos que dependen de la enseñanza y, c) los obstáculos epistemológicos, que son los obstáculos ligados a la naturaleza del conocimiento mismo y que son propios de él (Castro et al., 2006).

En el proceso de enseñanza aprendizaje de la nutrición en plantas es común tratar de ignorar o evadir los obstáculos cognitivos presentes en los estudiantes, lo que es un error grave, pues esto no permite el aprendizaje en profundidad. Con este trabajo se trata de identificarlos, para diseñar estrategias y ejercer acciones que permitan avanzar en la construcción del concepto. Para lograr este propósito,

se sigue a Bachelard, que hace una descripción de la experiencia básica o conocimientos previos. (Mora, A. 2002).

5.3 La experiencia básica o conocimientos previos

En la construcción de conceptos científicos el primer obstáculo es la experiencia básica o los conocimientos previos, es decir que los individuos antes de iniciar cualquier estudio, tienen ya un conjunto de ideas muy propias acerca del cómo y el por qué de las cosas son como son. Estas ideas previas pueden ejercer una potente influencia que puede limitar el proceso de aprendizaje. Para Bachelard (1976: 27 citado por Mora 2002): " En la formación del espíritu científico el primer obstáculo es la experiencia básica". Esto carga de subjetividad las observaciones y se pueden tener concepciones erróneas, ya que las cosas se ven tal como nosotros queremos verlas y no como realmente son.

En relación con este aspecto, al analizar la situación de los y las estudiantes en la escuela, se observa que al tratar de comprender un concepto y explicarlo, elaboran construcciones personales con base en lo que han observado a su alrededor y en su interacción cotidiana con las personas que les rodean y con los medios de comunicación, como la televisión. Se forman así conocimientos que aunque no son correctas desde el punto de vista científico, le sirven al estudiante para comprender los conceptos estudiados. Estos conocimientos se evidencian a través del lenguaje cuando se le pide al alumno que exprese una definición sobre un determinado concepto.
Estos Conceptos previos, según Ausubel (1986:61) y Pozo (1989:28) citado por Mora (2002), son muy estables y resistentes al cambio, ya que por lo general son compartidos por muchas personas de diferentes edades, contextos culturales, formación y países. Además, muestran una serie de características relacionaos con el origen que tengan, de acuerdo con esto, Pozo y otros (1989:34), citado por Mora (2002), los clasifican en tres grupos: concepciones espontáneas, concepciones inducidas y concepciones analógicas. A continuación se analizarán ejemplos de cada una de ellas.

5.3.1 Concepciones espontáneas

Se forman por las percepciones sensoriales que tienen los niños acerca del mundo que les rodea y de hechos de la vida cotidiana.

5.3.2 Concepciones inducidas

Son creencias inducidas debido a procesos de socialización. Estas concepciones se originan en el entorno familiar, social y por la influencia de los medios de comunicación.

Así, Osborne y Freyberg consideran que:

“Cuando un profesor habla a la clase, hace un esquema en la pizarra, explica un mural o pide a un alumno que lea en alto un texto, su pensamiento (o el del autor del texto) no queda automáticamente transferido a la mente del alumno. Cada uno de los individuos presentes en el aula forma sus propias ideas a partir de diversos estímulos, incluyendo las palabras específicas, leídas u oídas, que hay en ese entorno concreto de aprendizaje" (Osborne y Freyberg, 1998: 61 citado por Mora 2002).

Con este ejemplo se comprueba que no son solamente las palabras de índole técnica y científica las que pueden inducir a dificultades de comunicación, sino también aquellos términos de uso común que presentan varias acepciones, pero que el significado cotidiano es el que prevalece, porque es el que los niños han asimilado en su entorno.

5.3.3 Concepciones analógicas

Se derivan de las comparaciones que se realizan con hechos de la vida cotidiana, así la comprensión del concepto se basa en la formación de analogías generadas por los propios alumnos en su entorno familiar o en la escuela.

5.4 Desarrollo histórico de la construcción del conocimiento científico acerca de la nutrición en las plantas verdes.

A continuación se incluye un resumen de la revisión realizada por Cañal en 1992, sobre los principales aportes realizados por investigadores en relación con la temática de la nutrición de las plantas (Cañal, P., 1992)., tratando de incluir no sólo los aportes que posteriormente se consolidaron y dieron lugar a los conocimientos actuales, sino también otros desarrollos que se formularon en paralelo y que durante algún tiempo tuvieron vigencia y uso entre grupos de investigadores o pensadores de diversas épocas.

Cañal, 1992 hace la siguiente reseña histórica:
“HIPOCRATES, (459-377 a.C.). Mantiene que las plantas se alimentan de una serie de sustancias del suelo que habrían sido previamente digeridas por el mismo suelo “Lo que la tierra es para los árboles, lo es el estómago para los animales, (...) una tierra humeante y cálida en invierno, de la misma forma que el vientre””. (Rumelhard 1985, Bazán 1984, citados por Cañal, 1992)

“ARISTOTELES, (381-322a.C.). Mantiene que las plantas poseen un alma vegetativa, que sólo concierne a la alimentación y al crecimiento, en oposición al “alma animal”, capaz de controlar movimientos voluntarios. Por ello, la planta será incapaz de elaborar sus alimentos y deberá tomarlos ya elaborados por el suelo, que actuaría como un estómago. Es la “teoría del humus”, que tanto arraigo alcanzó”. (Wojtrowiak 1986, Giordan et al 1987, Babor e Ibarz 1962, Bazan 1984 citados por Cañal, 1992).

ALBERTO MAGNO, (1193-1280). Partiendo de la teoría de la transmutación, consideró que: “la naturaleza es la única alquimista”. Fue de los pocos que en esta época realizó observaciones directas en la naturaleza. Considera que la savia proporciona alimento a la planta y se transporta por venas, como vasos sanguíneos pero sin pulso. Interpreta que los árboles que crecen en la sombra, más altos, delgados y con menos ramas, son así, no por falta de luz, sino de calor, pues el calor del suelo favorece la absorción del alimento por las raíces (al acelerar la digestión del humus) (CrombieWojtrowiac, 1986citado por Cañal, 1992).

CESALPINO, (1584). En su época se mantiene la idea de que la planta toma los materiales nutritivos del suelo, por las raíces, siendo conducidos por las venas hasta el tallo y de ahí a los frutos (su producción se considera que es lo que da sentido a este tipo de ser vivo) y hojas, volviendo al cuello o meollo de la planta. Considera la planta como un animal invertido, haciendo las raíces de boca y estómago, absorbiendo y digiriendo “jugos nutritivos” del suelo. El meollo de la planta, la zona de unión de raíces y tallo, se correspondería con el corazón del animal, el centro del “calor vital” y sede del alma vegetativa. Cesalpino encuentra misterioso que las raíces puedan coger savia líquida de la tierra. ¿Qué hace entrar a la savia? (Crombie, Harré 1970 citado por Cañal, 1992).

VAN HELMONT, J.B., (1577-1644). Sus ideas suponen un alejamiento del pensamiento aristotélico. Influido por el Génesis, atribuye al agua un papel predominante en la naturaleza, intentando demostrar que el agua podía originar, por medio de la transmutación, cualquier otra sustancia. En su renombrado

experimento sobre el crecimiento de un sauce, llega a la conclusión de que es el agua, y no la tierra, el alimento de las plantas. Con esta conclusión, niega asimismo la idea de Aristóteles de una alimentación basada en alimentos elaborados por el suelo a partir del humus. A continuación se transcribe su relato:

"...*Seque 100 kilos de suelo en un horno y los puse en una maceta apropiada; el suelo fue humedecido con agua lluvia. Plante un sauce que pesaba exactamente dos kilos y medio y conserve el suelo constantemente húmedo por adición de agua destilada o de agua lluvia sin agregar ninguna otra cosa. Se puso una cubierta sobre la maceta dejando solo un sitio para el tronco del árbol y para impedir la contaminación con polvo... Después de cinco años se saco el árbol de la maceta y volviéndose a pesar, dio un valor de 84 kilos con 590 gramos; ya que el árbol había pesado solamente al comienzo del experimento 2.5 kilogramos. La ganancia neta fue de más de 82 kilos. De acuerdo con la hipótesis de Aristóteles, se debió haber presentado una pérdida de peso en el suelo de unos 82 kilos...Saque el suelo de la maceta, lo seque y lo pese y obtuve un valor de 99,5 kilos; por tanto, mientras el suelo perdió solamente unos cuantos gramos, el árbol aumento 82 kilos. Pero ¿de qué material se formaron los 82 kilos del árbol? Los 82 kilos de madera, corteza y raíces solo pudieron haberse formado a partir del agua*..."
(Asimov 1980, Wojtrowiak 1986, Nash 1964, Baker y Allen 1967, Harré 1970 citados por Cañal, 1992).

BOYLE, (1661). Ataca la idea de que las propiedades de la planta vienen elaboradas de la tierra. Demostró que las plantas no toman las sustancias totalmente elaboradas antes de entrar en la planta, sino que adquieren sus propiedades una vez dentro. (Babor e Ibarz 1962, Wojtrowiak 1986, Nash 1964 citados por Cañal, 1992).

MAJOR, J.D., (1665). Aplica las ideas de Harvey sobre la circulación de la sangre al caso de los vegetales, afirmando que la savia también circula (Harré 1970 citados por Cañal, 1992).

PERRAULT, G., (1613-1688). Realiza idéntica aportación en 1668, proponiendo la teoría de una auténtica circulación de la savia, comparable a la de la sangre de los animales (Rumelhard 1985 citado por Cañal, 1992).

MALPIGHI, (1671). Asigna a las hojas la función de transformar las sustancias más simples, como el agua, en la materia compleja que constituye las plantas. Descubre que la planta almacena parte de las sustancias elaboradas en las hojas. Interpreta los tubos espirales de las plantas como tubos respiratorios semejantes a las tráqueas de los insectos. Es el primero en afirmar que las plantas respiran, si

bien los conocimientos de la época eran inadecuados para poder distinguir entre los intercambios gaseosos respiratorios y los fotosintéticos (Harré 1970, Nash 1964 citados por Cañal, 1992).

MARIOTTE, E., (1620-1684). En su obra "De la vegetación de las plantas" (1679), escribe:
"La planta consigue del suelo los principios groseros y visibles, constituidos por la combinación de principios más simples, que resultan a su vez de la unión de los principios últimos, que ningún artificio permite ver". Los principios se forman a partir de átomos de aire expuestos a relámpagos que pasarán al suelo disueltos en agua. Concibe cada planta como una máquina particular que sintetiza su propia materia. La alimentación no está preformada. Señala además, la importancia de la luz para la planta (Losada 1970 citados por Cañal, 1992).

GREW, N., (1682). Descubre los estomas con el microscopio. "Así como en las pieles de los animales, especialmente en algunas partes, existen ciertos poros u orificios, ya sea para la recepción o para la eliminación de algo, asimismo las pieles de muchas plantas (...) están formadas de varios orificios o pasajes, ya sea para la mejor evolución [evaporación] de savia sobrante o para la admisión de aire (...). ¿Será que ellas permiten el intercambio de sustancias entre la planta y la atmósfera?
En otro texto afirma expresamente la contribución del aire a la alimentación de la planta: "Tierra, agua, aire y sol; todos ellos contribuyen universalmente a la vegetación y a todo lo que contiene un vegetal (...)". En sus estudios el sistema vascular de la planta aparece descrito con toda claridad.
Por el interior de las plantas hay vasos por los que pasa el aire y los líquidos. Argumenta contra la preexistencia de la sustancia de la planta en la tierra: "Por tanto, respecto a los principios de las partes purgantes de una raíz, como la del Ruibarbo, aunque pensásemos que ya existen en la tierra que la rodea, no podemos decir que esa tierra o los principios contenidos en ella son purgantes; sino que al combinarse de una forma especial pueden llegar a serlo" (Barceló et.al.1980. Harré 1970 citados por Cañal, 1992).

WOODWARD, (1699). Considera que las plantas necesitan algo más que agua: "Los vegetales no están formados por agua, sino por una cierta sustancia terrestre (...) de todo lo cual podemos inferir razonablemente que es tierra y no agua, la sustancia que constituye los vegetales" A partir de esa idea, mantiene que las plantas toman también algo que va en el agua que las plantas toman del suelo (Devlin 1975 citado por Cañal, 1992).

HALES, ST., (1727). Estudia profundamente el movimiento de la savia y la transpiración. Observa la salida del agua como vapor y ello le lleva a pensar en la

posibilidad de que la planta sea capaz también de captar vapor o gases, respirando como los animales, aunque de forma menos perceptible.

Escribe: “(...) el aire es un fluido transparente y elástico, formado por partículas de naturalezas muy diferentes y el gran creador de la Naturaleza lo ha ajustado admirablemente, para que sea el soplo de la vida, de los vegetales y de los animales, sin el cual no se podría vivir, ni podrían crecer los animales”. Confirma y amplía el descubrimiento del oxígeno de Mayow, como componente del aire esencial para la vida. Por otra parte, avanza la idea de que la toma del aire por las hojas sirve para alimentar a la planta. Por último, sospecha el papel de la luz en el crecimiento de las plantas:
“Con mucha posibilidad, las plantas obtienen alguna parte de su alimento a partir del aire, a través de sus hojas (...). Quizás la luz, entrando también libremente a través de la superficie de las hojas y las flores, contribuya mucho a ennoblecer los principios vegetales”. Cree que la luz se transmita en algo del cuerpo vegetal. Sus estudios sobre la circulación o flujo del agua/savia por la planta le indican que el motor de esa circulación es la transpiración; si se impide la transpiración el agua no pasa en cantidad a través de la planta. Y para que haya transpiración tiene que haber hojas. Su adicción a la teoría de la elasticidad del aire le produjo no pocos contratiempos en la interpretación de sus ingeniosos experimentos. En su época tenía todavía una influencia considerable. Hales la resume así: “Por tanto, vemos que el aire abunda en las sustancias animales, vegetales y minerales; en todas ellas constituye una parte considerable: si los elementos de la materia sólo estuviesen dotados de un fuerte poder de atracción, en poco tiempo toda la naturaleza se convertiría en una masa coherente e inactiva; por lo tanto, para que toda esta materia con poder de atracción tenga movimiento y vida, es absolutamente necesario que todas sus partes estén mezcladas, en la debida proporción, con partículas elásticas que repelan fuertemente y las cuales debido a su acción constante con las partículas de atracción avivarían toda la masa (...). (Nash 1964, Devlin 1975, Harré 1970, Asimov 1968, Barceló et al. 1980 citados por Cañal, 1992).

BONNET, CH., (1754). Observa desprendimiento de burbujas en hojas de vid sumergidas en agua, cuando están iluminadas por la luz solar (Nash 1964 citados por Cañal, 1992).

PRIESTLEY, J., (1771-75). Aísla y caracteriza al oxígeno, al que denomina “aire desflogisticado”. Descubre que las plantas verdes en vez de afectar al aire del mismo modo que la respiración de los animales, revierten el efecto producido por los mismos, es decir, en sus términos, la planta desflogista el aire viciado por los

animales. Cabe atribuirle la idea de que la respiración de los vegetales es de naturaleza inversa que la de los animales. Para Priestley, el aire seguía siendo una sustancia simple.(Losada 1970, Asimov 1968,BaboreIbarz 1962,Devlin 1975,Arnon 1960,Rumelhard 1985, citados por Cañal, 1992).

LAVOISIER, A.L., (1775-89). En cuanto a la nutrición vegetal, establece que los vegetales toman del aire, del agua y del reino mineral los materiales necesarios para su organización, que serán devueltos al medio por fermentación, putrefacción y combustión o respiración.
Por otra parte, determina la riqueza en carbono e hidrógeno de la materia viva. (Wojtrowiak 1986, Babor e Ibarz 1962, Baker y Allen 1970, Mazliak 1976, Nash 1964, Asimov 1968 citados por Cañal, 1992).

INGEN-HOUSZ, J., (1779-99). Descubre que las plantas sólo producen oxígeno en presencia de la luz del sol, nunca de noche, durante la que producen gas carbónico. Demuestra que las plantas obtienen todo su carbono a partir del gas carbónico de la atmósfera. Escribe: “Las partes verdes de las plantas absorben a la luz solar el carbono, a partir del ácido carbónico, desprendiendo sólo el oxígeno y conservando el carbono para su nutrición” Afirma que las plantas sólo purifican el aire en presencia de la luz. Sólo las partes verdes producen el “agente purificador”. Los tejidos no verdes contaminan el aire. Durante la noche las plantas verdes vician el aire como los animales. A Ingen-Housz se debe la idea de que las plantas de interior en la oscuridad envenenan el aire y por ello las plantas y flores deben eliminarse de los dormitorios durante la noche: “(...) todas las plantas durante la noche contaminan el aire que las rodea y aún durante el día en lugares sombreados; (...) todas las flores convierten en altamente nocivo el aire que las rodea, lo mismo durante el día que durante la noche, que las raíces cuando se las remueve de la tierra hacen lo mismo (...) en general las raíces tienen siempre la misma cualidad destructiva, aunque principalmente en la oscuridad”.

Sugirió que las plantas completamente sumergidas en agua pueden producir aire desflogisticado por razón de una fuerza vital que, bajo la influencia de la luz, transmutaba agua u otras sustancias en materiales vegetales. Escribe: “Debo inclinarme a creer que aquel poder maravilloso de la naturaleza de cambiar una sustancia en otra y de promover perpetuamente aquella transmutación de sustancias que nosotros podemos observar en todas partes, se lleva a cabo en esta materia vegetal verde en una manera más amplia y conspicua (...) el agua misma o alguna sustancia en el agua se cambiaría en esta vegetación y sufriría por la influencia del sol que brilla sobre ella (...) una metamorfosis tal que se convertiría en lo que nosotros llamamos ahora aire desflogisticado” (Asimov 1968, Mazliak 1976, Losada 1970, Barceló 1980. Baker y Allen 1970, Devlin 1975, Nash 1964 citados por Cañal, 1992).

SENEBIER, J., (1630). Descubre que para la producción de oxígeno por la planta, no basta con que haya luz; tiene que haber también dióxido de carbono, que se descompondrá dejando libre el oxígeno y utilizando el carbono para la formación de sustancias carbonadas (Losada 1970, Asimov 1968, Rumelhard 1985, Nash 1964, Baker y Allen 1970 citados por Cañal, 1992).

BAZIN, (1800). Científico contemporáneo de Senebier, seguía manteniendo en esa época que el cuello de la planta era como su estómago (Rumelhard 1985 citados por Cañal, 1992).

BERTHOLLET, M., (1748-1822). Realiza experimentos para demostrar que el oxígeno liberado proviene del agua y no del gas carbónico, cultivando plantas en un medio libre de hidrógeno y comprobando después que las plantas si tienen hidrógeno en sus tejidos, interpretando que lo habrían conseguido al romper la molécula de agua, liberándose el oxigeno como desecho (Baker y Allen 1970 citados por Cañal, 1992).

DE SAUSSURE, N.T., (1804). Repite cuidadosamente el experimento de Van Helmont, midiendo el consumo de dióxido de carbono y el incremento de peso, llegando a la conclusión de que el aumento experimentado sólo se explica admitiendo el consumo de agua por la planta: “Las plantas han incrementado evidentemente su materia vegetal seca en cantidad superior a la que han tomado de los elementos del gas ácido (...), las plantas se han apropiado del oxigeno y el hidrógeno del agua”. Demuestra experimentalmente que las plantas descomponen el agua y toman sus elementos, pero afirma que el oxígeno procederá del agua y también del CO2. Prueba que todo el carbono de la planta procede del gas carbónico del aire. Para ello, hizo crecer plantas en recipientes de cristal herméticamente cerrados y los comparó con plantas crecidas al aire libre, demostrando que las plantas que crecen en atmósferas cerradas no pueden incrementar considerablemente su contenido de carbono, esgrimiendo este dato como prueba de que el carbono lo obtiene la planta del gas carbónico atmosférico, de forma que esta molécula se rompe liberando el oxigeno y uniéndose el carbono con agua para formar sustancias carbonadas.

Demuestra, por otra parte, el papel fundamental de las sales minerales y el modo de penetrar disueltas en la planta. Afirma que las plantas elaboran casi la totalidad de su sustancia a partir de la atmósfera y del agua (carbono, hidrógeno y oxigeno). El nitrógeno y las sales minerales le llegan disueltos en el agua del suelo. En relación con la captación del nitrógeno, mantiene la validez de la teoría del humus (define el humus como “sustancia negra que resulta de la descomposición de los vegetales bajo la acción conjunta del oxigeno y del agua”). Se muestra de acuerdo con Ingen-Housz en la existencia de dos tipos de intercambio gaseoso: uno a la luz y otro en la oscuridad, y que los tejidos sólo realizan el proceso de absorción

del CO_2 y desprendimiento de oxígeno en la luz (Losada 1970, Baker y Allen 1970, Asimov 1968, Mazliak 1976, Rumelhard 1985, Nash 1964 citados por Cañal, 1992).

KOEHLER, (1828). Contradiciendo las tesis vitalistas, sintetiza un compuesto orgánico. La urea (Rumelhard 1985 citado por Cañal, 1992).

TREVIRANUS, (1835). Bajo la influencia de ideas vitalistas, ignora totalmente los trabajos precedentes y mantiene que las plantas se nutren de "materia vital", procedente de la descomposición de los seres vivientes. Separa rígidamente la materia orgánica de la inorgánica, negando la existencia de una nutrición mineral en las plantas. Para él, las sales no tendrían más que un papal de estimulantes (Rumelhard 1985 citados por Cañal, 1992).

MEYEN, (1838). Reconoce el valor nutritivo de las sales pero considera que el CO_2 de la atmósfera no puede ser la fuente del carbono que precisa la planta. Ateniéndose a las apariencias, descuidando la medición de las masas reales, desecha esa posibilidad y postula que los vegetales se nutren del humus (teoría del humus), apoyándose en evidencias derivadas de la práctica agrícola (Rumelhard 1985 citados por Cañal, 1992).

MAYER, J.R., (1845). Señala que todo el objeto del ciclo del carbono es convertir energía solar en energía química (Losada 1970, Asimov 1968 citados por Cañal, 1992).

MOHL, H. (1845-55). Descubre la presencia de granos de almidón en la clorofila, así como que la clorofila existe en la planta mucho antes que el almidón (Mieli 1951 citados por Cañal, 1992).

LIEBIG, (1803-1873). Muestra que la vegetación produce humus, antes que hacerlo desaparecer consumiéndolo. Intenta así rebatir la teoría del humus, proponiendo su teoría mineral de los abonos, según la cual el humus no hace ninguna aportación a la fertilidad de la tierra y la planta se alimenta de sales minerales y agua, tomando su carbono y su nitrógeno (en forma amoniacal) de la atmósfera (Leicester 1967, Rumelhard 1985 citados por Cañal, 1992).

BOUSSINGAULT, (1851-55). Demuestra experimentalmente que las plantas consiguen el nitrógeno en forma mineral, del suelo (salvo algunas excepciones). En 1864 demuestra que el volumen de gas carbónico absorbido por la planta es sensiblemente igual que el volumen de oxígeno liberado (Rumelhard 1985 citado por Cañal, 1992).

SACHS, J. (1862-64). Demuestra que el almidón se encuentra concentrado en el interior de los cloroplastos y es un producto de la actividad clorofí1ica de la luz. Precisa que:
1) En algunas plantas desprovistas de almidón, puede utilizarse una sustancia análoga, un azúcar.
2) Que el almidón no es, posiblemente, el producto inmediato de la actividad fotosintética. Por otra parte, demuestra que las plantas respiran igual que los animales, tomando O2 y desprendiendo CO2 continuamente, día y noche (Asimov 1968 citados por Cañal, 1992).

FITTING, R., (1868). Establece la composición química de la glucosa.

BAEYER, A., (1870). Propone al formaldehido como primer compuesto que se forma en la fotosíntesis, produciéndose posteriormente glucosa por combinación de seis moléculas de formaldehido. Su hipótesis tendrá una vigencia de tres cuartos de siglo.

FISCHER, E., (1891). Establece la fórmula estructural de la glucosa.

BARNES, C.R., (1898). Propone el término “fotosíntesis”.

5.5 La visión moderna

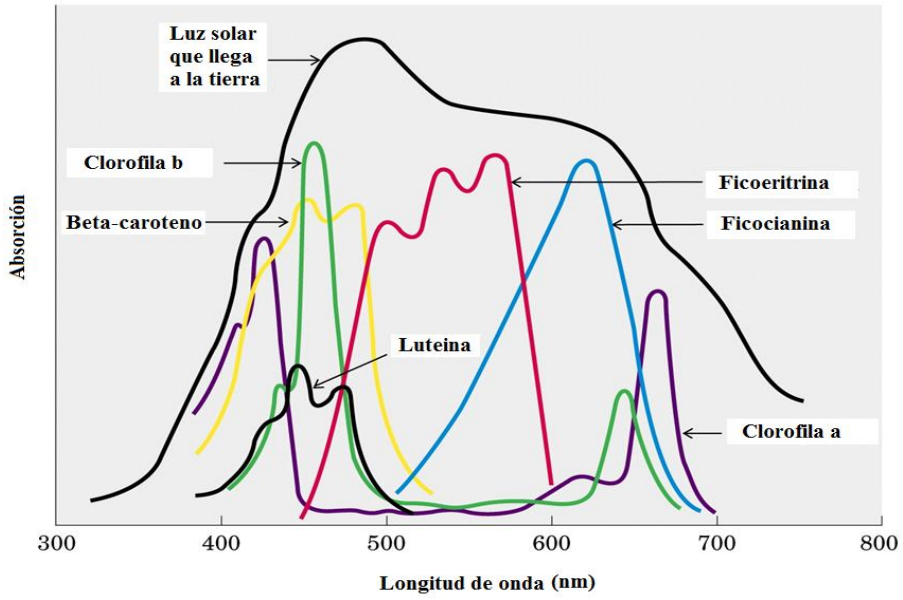
La fotosíntesis ocurre en organelas específicas llamadas cloroplastos, que se encuentran en células fotosintéticas, es decir, en células de productores expuestas al sol. En plantas terrestres estas células están en hojas y tallos verdes (los tallos leñosos tienen células muertas que forman la corteza). Existen también algas fotosintéticas que no poseen cloroplastos, pues son organismos unicelulares procariontes (sin núcleo verdadero ni compartimientos celulares) y también realizan la fotosíntesis. Estas células, llamadas cianofitas o algas verde azules, son seguramente muy similares a los primeros organismos fotosintéticos que habitaron nuestro planeta y realizan la fotosíntesis en prolongaciones de su membrana plasmática y en su citoplasma. **(**Cavallaro, 2003).

El proceso de fotosíntesis ocurre en 2 etapas, la primera, llamada etapa fotodependiente, ocurre sólo en presencia de luz y la segunda, llamada etapa bioquímica o ciclo de Calvin, ocurre de manera independiente de la luz. Pero antes

de comenzar a estudiar ambas etapas es conveniente ver algunas características de los cloroplastos que permiten la realización de la captación de energía lumínica.

En principio, los cloroplastos tienen pigmentos que son moléculas capaces de "capturar" ciertas cantidades de energía lumínica. Dentro de los pigmentos más comunes se encuentra la clorofila a y la clorofila b, típica de plantas terrestres, los carotenos, las xantóficas, fucoeritrinas y fucocianinas, cada uno de estos últimos característico de ciertas especies. Cada uno de estos pigmentos se "especializa" en captar cierto tipo de luz.
Como sabemos el espectro lumínico que proviene del sol se puede descomponer en diferentes colores a través de un prisma, cada color corresponde a una cierta intensidad de luz, que puede medirse en longitudes de onda. Cada pigmento puede capturar un tipo distinto de longitud de onda ß.

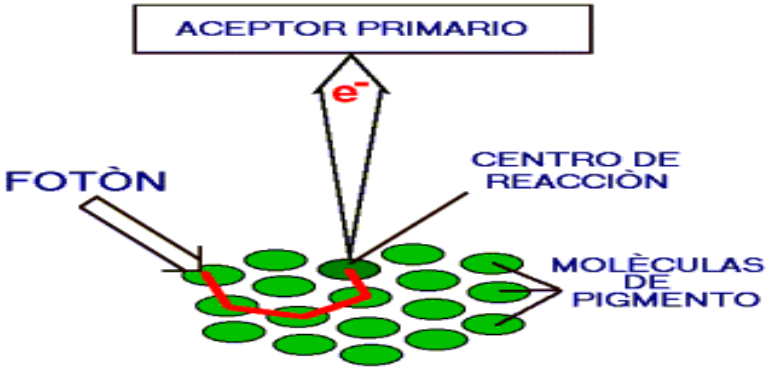
Figura 1: Espectros de absorción de la clorofila (a y b), carotenos, ficoeritrina y ficocianina. (Tomado de Lenhinger, 2003)



En el esquema se muestran los espectros de absorción de la clorofila (a y b), carotenos, ficoeritrina y ficocianina. Como puede observarse cada pigmento tiene un pico de absorción característico.

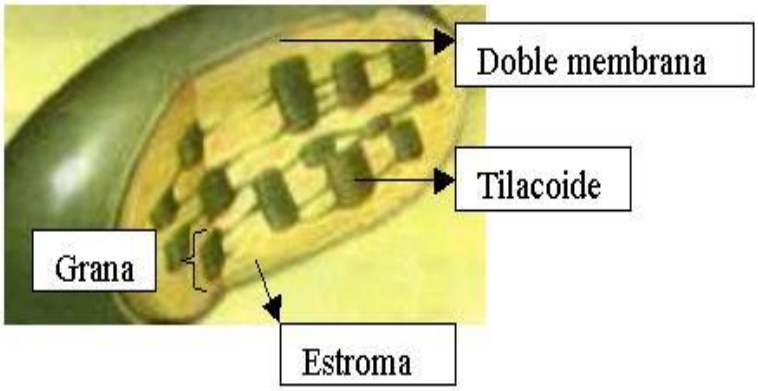
Pero para hacer más eficiente la absorción de luz las plantas utilizan sistemas "trampa" o foto sistemas, con un pigmento principal como la clorofila a o b y diferentes pigmentos accesorios. A través de estos sistemas los autótrofos pueden aprovechar mejor la energía lumínica **(**Cavallaro, 2003).

Figura 2: Fotosistema(tomado de Curtis 2003)



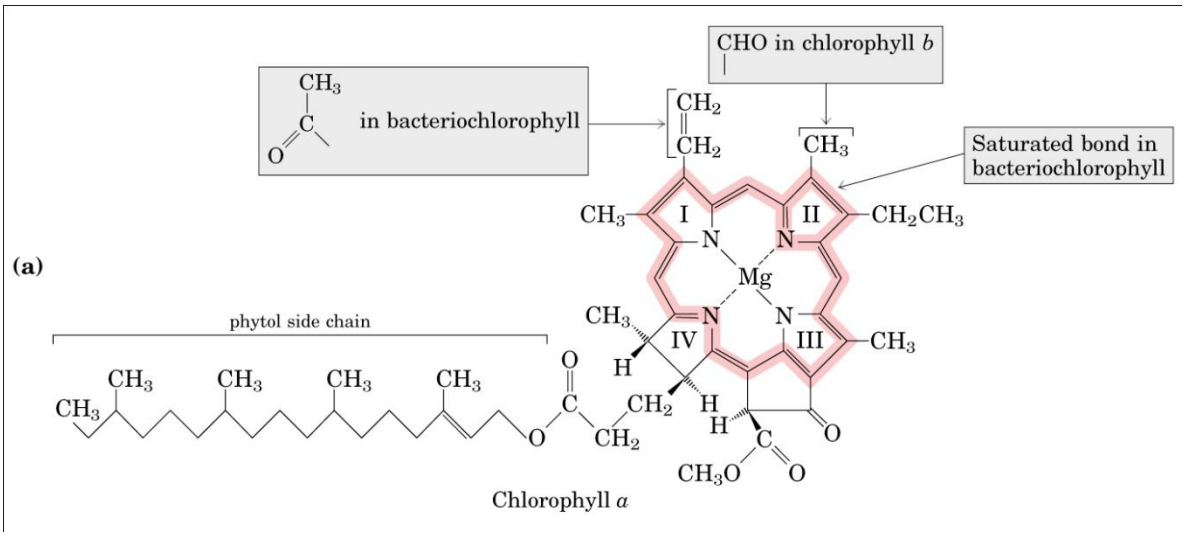
Así, los foto sistemas cuentan con un centro de reacción ocupado generalmente por clorofila (a o b) en las plantas terrestres, hacia donde es dirigida la energía lumínica, como se verá a continuación.
Antes de comenzar a describir las reacciones químicas que ocurren en la etapa foto dependiente es conveniente ubicarnos espacialmente en el lugar de la planta donde ocurren.
Como ya hemos dicho, los cloroplastos se ubican en las células expuestas a la luz, es decir, aquéllas partes de la planta que son fotosintéticamente activas.
En el caso de las plantas superiores la fotosíntesis ocurre principalmente en las hojas, y dentro de éstas, en cloroplastos ubicados en células del parénquima, que es uno de los tejidos de la hoja. Las hojas, además, poseen pequeñas abertura o "estomas", formadas por células que pueden agrandar o cerrar la abertura y que permiten, de este modo, regular la entrada o salida de agua y gases, como el oxígeno y dióxido de carbono.
Los cloroplastos son organelas formadas por una doble membrana externa y vesículas apiladas formando estructuras llamadas grana. Cada grana está formada por varios tilacoides.
En la membrana de los tilacoides se ubican los pigmentos fotosintéticos, que pueden captar la energía lumínica y dar comienzo a la etapa foto dependiente **(**Cavallaro, 2003).

Figura 3: Cloroplasto (tomado de Curtis 2003)



Como ya se ha mencionado, la clorofila y otros pigmentos se ubican en los cloroplastos, dentro de la membrana tilacoide, en unidades llamadas fotosistemas. Cada unidad tiene numerosas moléculas de pigmentos que se utilizan como antenas para atrapar la luz. Cuando la energía lumínica es absorbida por uno de los pigmentos, se desprenden electrones que rebotan en el fotosistema hasta llegar al centro de reacción, la clorofila a. El fotosistema que reacciona primero ante la presencia de luz es el fotosistema I.

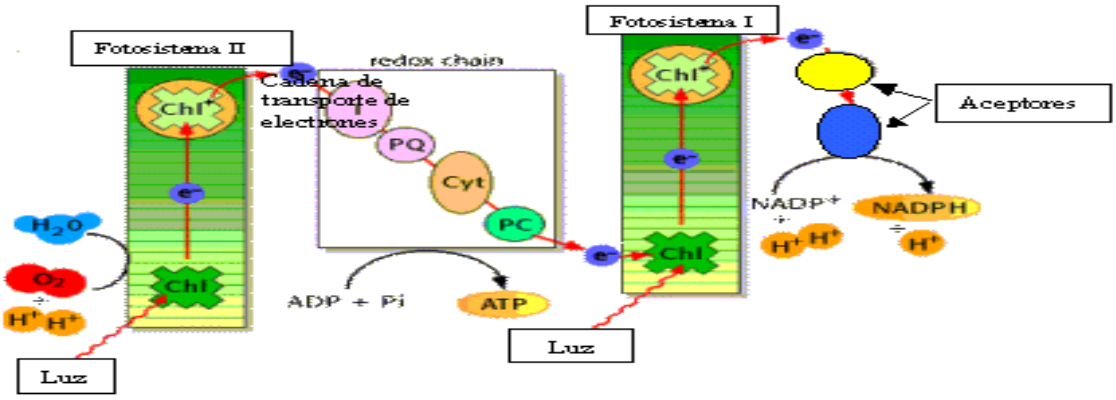
Figura 4: Modelo de la molécula de clorofila (tomado de Curtis 2003)



La estructura de la membrana tilacoide permite que los electrones, provenientes de la excitación fotoquímica de la clorofila sean recibidos por moléculas especializadas, llamadas aceptores, que sufren sucesivamente reacciones de óxido-reducción y transportan los electrones hasta un aceptor final, la coenzima NADP.

Para que se lleve a cabo la producción de ATP (energía química) y se reduzca la coenzima NADP es necesario que reaccione otro fotosistema asociado, el fotosistema II. En este se produce también la excitación fotoquímica de la clorofila, que libera electrones. Los electrones son transferidos de un aceptor a otro a través de una cadena de transporte que el guía hasta el fotosistema I, quedando de este modo restablecida la carga electroquímica de esta molécula. Simultáneamente, en el fotosistema II se produce la lisis o ruptura de una molécula de agua. Este proceso, también llamado fotooxidación del agua, libera electrones, que son capturados por el fotosistema II, oxígeno, que es liberado a la atmósfera a través de los estomas, y protones, que quedan retenidos en el espacio intratilacoideo **(**Cavallaro, 2003).

Figura 5: Incidencia de la luz en los fotosistemas y en la etapa fotodependiente(tomado de Curtis 2003)

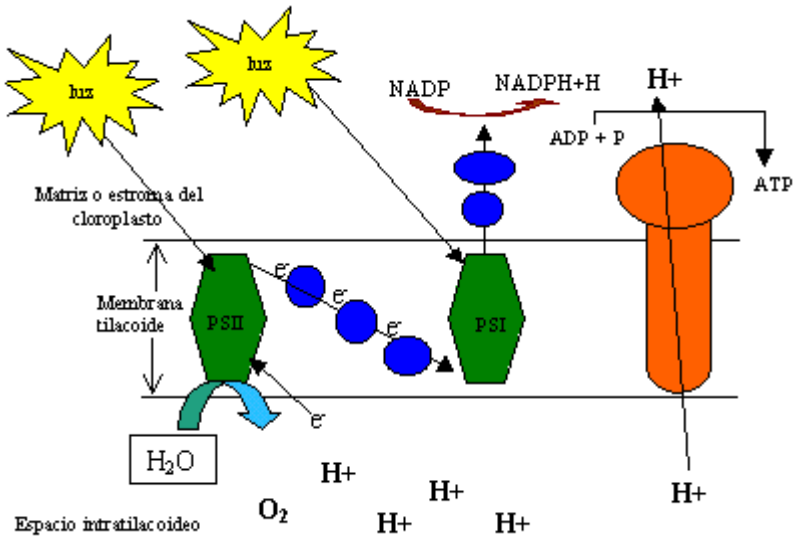


Este esquema muestra cómo incide la luz en los fotosistemas y desencadena las reacciones de la etapa fotodependiente. Los productos de esta etapa, NADPH y ATP serán utilizados en la segunda etapa de la fotosíntesis.

En la etapa fotodependiente se producen dos procesos químicos que son decisivos para la producción final de glucosa, estos son la reducción de la coenzima NADP y la síntesis de ATP. El NADP se reduce a NADPH+H+ con los protones que libera la molécula de agua. La coenzima NADP reducida aportará los protones necesarios para sintetizar la molécula de glucosa, mientras el ATP liberará la energía necesaria para dicha síntesis.

Asociada a la membrana tilacoide se encuentra la enzima ATP sintetasa (ó ATP asa) que es la responsable de la producción de ATP. Esta enzima es capaz de transportar protones a través de un canal ubicado en su interior y transformar la energía cinética de los protones en energía química que se conserva en el ATP. De esta forma, la enzima ATP sintetasa libera el gradiente electroquímico que se produce dentro del tilacoide y utiliza la energía de este gradiente para adicionar un grupo fosfato al ADP produciendo ATP. Por otra parte, los protones que ahora se encuentran en la matriz del cloroplasto, se unen a la coenzima NADP produciendo NADPH+H+ **(**Cavallaro, 2003).

Figura 6: Dibujo esquemático de la disposición de los fotosistemas (tomado de Curtis 2003)



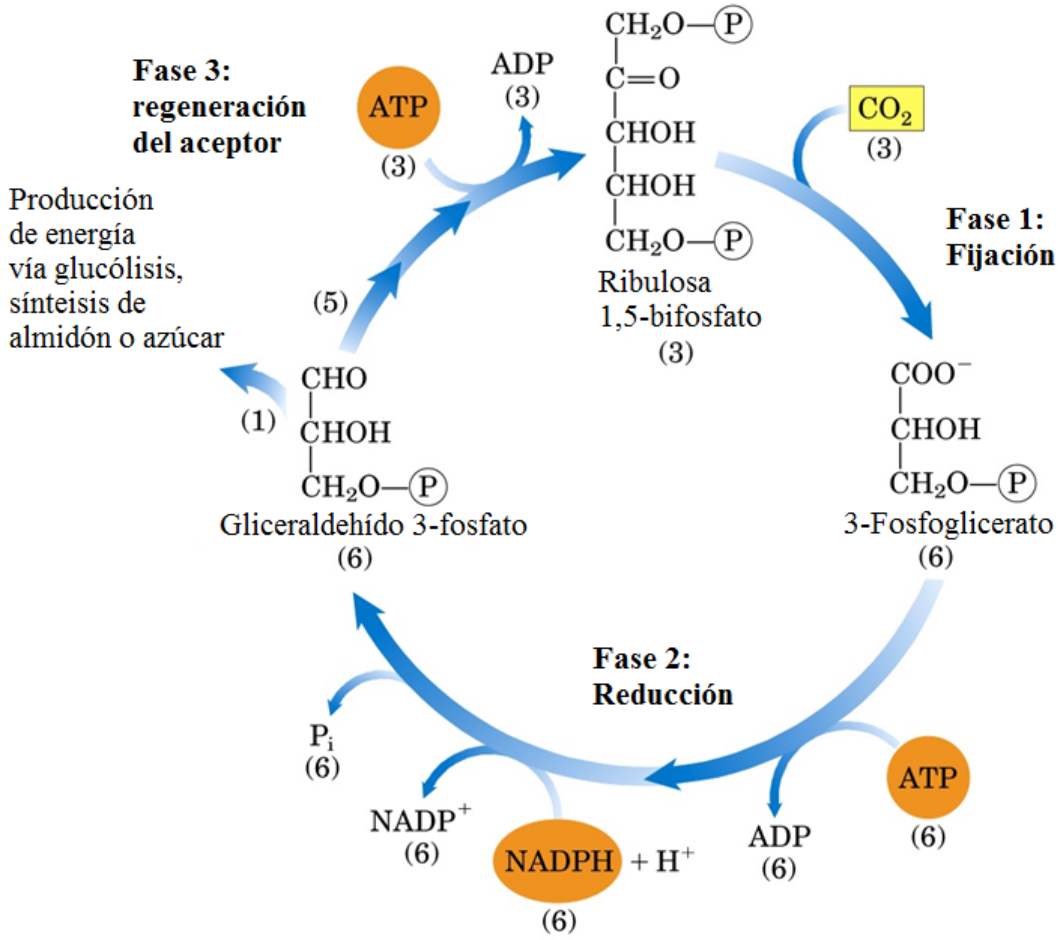
Dibujo esquemático de la disposición de los fotosistemas, algunos de los aceptores de electrones y la enzima ATP sintetasa. Observe que los protones se concentran en el espacio intratilacoideo y sólo atraviesan la membrana por la enzima ATP sintetasa. La energía liberada por el transporte de protones es utilizada para adicionar un grupo fosfato al ADP y producir ATP. Los protones se unen a la coenzima NADP y la reducen a NADPH+H+. Ambos productos, ATP y NADPH+H+ son utilizados en la siguiente etapa de la fotosíntesis. El oxígeno del agua es liberado a la atmósfera.

5.5.1 Etapa fotoindependiente o ciclo de Calvin

El ciclo de Calvin ocurre en el estroma o matriz del cloroplasto. Allí se encuentran las enzimas necesarias que catalizarán la conversión de dióxido de carbono (CO2) en glucosa utilizando los protones aportados por la coenzima NADP más la energía del ATP. El dióxido de carbono ingresa a través de los estomas y llega hasta la molécula aceptora del ciclo, una pentosa llamada ribulosa di fosfato, combinándose con esta mediante la acción de la enzima ribulosa bifosfato carboxilasa oxigenasa o rubisco. El primer producto estable de la fijación de CO2 es el ácido-3-fosfoglicérico (PGA), un compuesto de 3 carbonos. La energía del ATP es utilizada para fosforilar el PGA y formar ácido 1,3 difosfoglicérico, el cual es reducido luego mediante la acción del NADPH+H+ a gliceraldehido-3-fosfato

(PGAL). Una parte del gliceraldehido-3-fosfato es utilizada en el ciclo para sintetizar glucosa, mientras que el resto se utiliza para regenerar la ribulosa, que da comienzo a un nuevo ciclo **(**Cavallaro, 2003).

Figura 7: ciclo de Calvin. (Tomado de Lenhinger, 2003)



En el esquema del ciclo se Calvin se encuentran cuantificadas las moléculas que intervienen. Así, se observa que son necesarias 6 moléculas de CO2, 12 NADH+H+ y 12 ATP para sintetizar una molécula de glucosa.

Una gran parte del PGAL se transforma en almidón (carbohidrato de reserva) en el estroma del cloroplasto. Otra parte del PGAL es exportado al citosol, donde se transforma en intermediario de la glucólisis. También se obtienen intermediarios

de azúcares de gran importancia biológica, como la sacarosa. Este disacárido es la principal forma en que los azucares se transportan a través del floema, desde las hojas hasta los sitios de la planta donde son requeridos **(**Cavallaro, 2003).

5.6 Estado del arte de la enseñanza aprendizaje del concepto de nutrición en plantas.

Charrier Melillán, María, Cañal, Pedro y Rodrigo Vega, Maximiliano (2006), realizaron una revisión bibliográfica sobre los trabajos publicados, en relación a las ideas previas de los conceptos de respiración y fotosíntesis en el contexto de nutrición de las plantas. Sobre las concepciones alternativas del concepto de fotosíntesis encontraron que:

a) Gran parte de los estudiantes, sobre todo los más pequeños, piensan que las plantas obtienen todo su alimento del suelo, por medio de las raíces. Estos resultados han sido encontrados por muchos investigadores en didáctica de las ciencias: Simpson y Arnold, 1982a; Roth, Smith y Anderson, 1983; Wandersee, 1983; Bell y Brook, 1984; Driver et al., 1984; Benlloch, 1984; Rumelhard, 1985; Cañal y Rasilla, 1986; Battinger et al., 1988; Cañal, 1990; Stavy, Eisen y Yaakobi, 1987; Eisen y Stavy, 1993; Songer y Mintzes, 1994; Pedro, 1997; Özay y Öztas, 2003.

b) Las definiciones dadas por los estudiantes en torno al concepto de fotosíntesis guardan escasa relación con el concepto escolar. Por lo general mencionan que las plantas realizan la fotosíntesis para crecer, vivir (Roth, Smith y Anderson, 1983).

c) Desconocen la función de la hoja. Para muchos, éstas sirven para captar el agua de lluvia (Wandersee, 1983) o para recibir los alimentos (Benlloch, 1984).

d) Por lo general no mencionan la clorofila o desconocen su función y los que la nombran le atribuyen una gran variedad de funciones: 1) dar color a las hojas, 2) es la sangre de las plantas, 3) se combina con el dióxido de carbono para formar glucosa, 4) es una sustancia que atrae la luz y sirve de protección, 5) es un alimento, 6) se combina con el yodo para producir una sustancia de color negro, llamada almidón, 7) elabora los alimentos (Simpson y Arnold, 1892a; Soyibo, 1983; Wandersee, 1983; Astudillo y Gené, 1984; Bell y Brook, 1984; Haslam y Treagust, 1987; Barker y Carr, 1989).

e) Hay una fuerte tendencia en confundir el papel del dióxido de carbono y el oxígeno durante el proceso. Para los estudiantes: 1) El oxígeno es fuente de

energía. 2) El dióxido de carbono que eliminamos es el que entró en la inspiración. 3) El oxígeno de la fotosíntesis es utilizado por la respiración durante la noche. 4) El oxígeno siempre entra y el dióxido de carbono siempre sale. 5) En la respiración se quema oxígeno. 6) Las plantas absorben dióxido de carbono y eliminan oxígeno (Soyibo, 1983; Cañal y Rasilla, 1986; Banet y Núñez, 1990; Cañal, 1990; Songer y Mintzes, 1994; Lavoie, 1997; Carignato y Caldeira, 2000). 7) El oxígeno se transforma en gas carbónico y viceversa (sin intervención de más sustancias) (Benlloch, 1984).

f) Los gases necesarios para la fotosíntesis son absorbidos por las raíces y tallos, no por las hojas (Simpson y Arnold, 1982a; Cañal, 1990).

g) Confunden fotosíntesis con respiración (Astudillo y Gené, 1984; Rumelhard, 1985; Stavy, Eisen y Yaakobi, 1987; Eisen y Stavy, 1988; Cañal, 1990; García Zaforas, 1991; Eisen y Stavy, 1993; Carignato y Caldeira, 2000; Charrier y Obenat, 2001).

h) Hay un fuerte arraigo del conocimiento cotidiano: «no se puede dormir con plantas en la habitación porque consumen el oxígeno» (Cañal, 1990; Charrier y Obenat, 2001).

i) Las plantas fotosintetizan de día y respiran de noche (Cañal, 1990; Eisen y Stavy, 1993; Charrier y Obenat, 2001).

j) Por lo general desconocen si las plantas necesitan luz y en los casos en que la mencionan le atribuyen funciones como: vivir, crecer, tener buena salud, dar color a la planta (Roth, Smith y Anderson, 1983).

k) Las transformaciones de energía solar en energía química por lo general no se mencionan, no obstante conocer que las plantas necesitan luz (Simpson y Arnold, 1982b; Wandersee, 1983).

l) Para muchos estudiantes la energía es un medio para producir calor (Rumelhard, 1985).

m) Desconocen dónde queda contenida la energía como resultado de la fotosíntesis (Charrier y Obenat, 2001).

n) Las plantas utilizan la energía solar para mantenerse saludables (Smith y Anderson, 1984; Özay y Öztas, 2003).

o) En pocos casos se menciona la elaboración de hidratos de carbono en el proceso, en particular el almidón (Bell y Brook, 1984; Barker, 1985).

5.7 Modelos explicativos sobre la nutrición en plantas.

Los primeros modelos explicativos de la nutrición en plantas surgen a partir de la analogía planta animal en el siglo IV a.c., en la cual se genera una división de la nutrición en nutrición externa y nutrición interna,(Cañal, 1992, Chávez 2002) que diferencia la transformación de las sustanciasen orgánicas (humus)o inorgánicas (agua y sales minerales). La nutrición externa implica un previo procesamiento de las sustancias, tal hecho ocurre en el suelo, por ello se designa este como el estómago de la planta. Luego al estudiarse la estructura de la planta (ramas, hojas, madera) se encontró que sus componentes difieren de la composición de las sustancias inorgánicas absorbidas por la raíz, lo que conllevó a designar la nutrición interna, a la cual se otorga la capacidad de realizar el procesamiento de sustancias, a la planta. En general la fuente de alimento de la planta es el suelo, este desarrollo sobre la nutrición de las plantas a partir del suelo es considerado **el modelo edáfico**.

A principios del siglo XVII, cuando, comenzó el estudio experimental de la fisiología vegetal, había muy poca evidencia para mostrar como ocurrían las reacciones químicas. Los hombres notaban que algunas sustancias entraban a las reacciones químicas y otras sustancias se producían en ellas. De estas observaciones, se originó **el modelo de la transmutación**. Se creyó que la transmutación era un proceso a través del cual se podía cambiar una sustancia en otra. Jan Baptistá Van Helmont (1577-1644) llevó a cabo un experimento muy significativo con un árbol de sauce (citado en la evolución histórica), en este experimento, el intento descubrir la fuente de alimento para los vegetales. A él le pareció que la materia vegetal, representada por la ganancia en peso, había venido solamente del agua, puesto que no había habido una pérdida de peso apreciable en la tierra, se asume que el agua ha sido transmutada en madera.Se concluye que la alimentación no es exclusivamente edáfica(Chávez, 2002), pues al suelo se une el aire, e incluso el sol, como fuente de alimentos, que se transformarán por transmutación (Hales), por combinaciones entre esas sustancias sencillas (Grew) o, finalmente, por cambios químicos (Lavoisier).

Para él siglo XVII, se sabía muy poco acerca de la naturaleza de los gases,las investigaciones sobre la composición del aire y su importancia para la vida se desarrollaron a partir de experiencias hechas sobre los procesos de combustiónde algunas sustancias. Se creyó que las llamas que brotaban hacia arriba y hacía

fuera del objeto que se quemaba, representaban algo que se escapaba de él. Este algo desconocido fue llamado *«flogisto».* Hoy día se sabe que las sustancias que se queman se unen con el oxígeno. En 1771, Joseph Priestley (1733-1804), realiza una serie de experiencias a través de las cuales observa que las plantas tenían la capacidad de cambiar el aire viciado por la combustión y/o por la respiración animal. Priestley concluye entonces que las plantas tienen un tipo de respiración inversa a la de los animales ya que produce una deflogisticación del aire (Bryan Conant& Nash, 1966; De Wit, 1993, citados por Chávez 2002). Los trabajos de Priestley fueron leídos cuidadosamente por un médico holandés,J. Ingenhousz (1 730-1 799), quien hizo varios cambios a los experimentos de Priestley y explicó que las plantas sólo producen aire deflogisticado en sus partes verdes y en presencia de luz.

A continuación se presenta un cuadro resumen con los modelos explicativos sobre el concepto de nutrición en plantas, sus precursores y las principales características. Las características se tuvieron en cuenta para elaborar el instrumento de exploración de ideas previas y para realizar el análisis de la información.

Tabla 1: Modelos explicativos sobre la nutrición en plantas, precursores y características de cada modelo.

MODELO	SUBMODELO	PRECURSORES	CARACTERÍSTICAS
EDÁFICO	El suelo como órgano digestivo.	Hipócrates, Aristóteles, en el siglo IV antes de Cristo.	Se considera que la planta obtiene su alimento del exterior, y más concretamente del suelo. La raíz hace las veces de boca. El alimento está constituido por restos vegetales orgánicos (humus). El humus sufre una digestión previa antes de ser captado por el vegetal.
	Las plantas capaces de digerir los nutrientes del suelo.	Malpighi (1628-1694)	La planta es capaz de transformar las sustancias. Los procesos de transformación de las sustancias de las plantas tenían lugar en las hojas (estomago de la planta). En las hojas existían pequeños poros (estomas) con una función excretora.
TRANSMUTACIÓN		J.B. Van Helmont (1577-1644).	Se considera el agua como material fundamental para el desarrollo de las plantas.

FLOGISTO		Joseph Priestley (1733-1804). J. Ingenhousz (1 730-1 799).	Las plantas tienen la capacidad de cambiar el aire viciado por la combustión y/o por la respiración animal. Las plantas tienen un tipo de respiración inversa a la de los animales. Las plantas sólo producen aire deflogisticado(O_2) en sus partes verdes y en presencia de luz.
PRECIENTIFICO MOLECULAR			La fotosíntesis ocurre en organelas específicas llamadas cloroplastos ubicadas en la hoja. Implica un sistema de flujo de electrones. Comprende dos etapas: 1. fotodependiente, ocurre sólo en presencia de luz, se da captación de energía lumínica por clorofilas, se da transporte de electrones y se produce ATP (energía química) 2. Etapa bioquímica o ciclo de Calvin, ocurre de manera independiente de la luz, en esta se gasta el ATP producido en la etapa fotodependiente para generar nutrientes.

6. ENFOQUE METODOLÓGICO.

Los propósitos de la investigación fueron: a) Identificar los diferentes modelos que tienen los estudiantes para explicar el concepto de nutrición en plantas, b) Describir comprensivamente los diferentes modelos explicativos que emplean estudiantes acerca de la nutrición de las plantas, e c) identificar los posibles obstáculos epistemológicos para el aprendizaje de la nutrición en plantas. Para lograr los objetivos se realizó un estudio descriptivo cualitativo de los modelos explicativos de estudiantes sobre el concepto nutrición de las plantas. Se diseño y aplicó un instrumento que contenía preguntas tipo Likert y preguntas abiertas. Con las respuestas dadas por los estudiantes se realizaron descripciones comprensivas con apoyo en el software Atlas-Ti.

6.1 Tipo de investigación: cualitativa, descriptiva comprensiva**.**

6.2 Unidad de trabajo: 21 estudiantes de séptimo grado**.**

6.3 Unidad de análisis**:** modelos y obstáculos sobre el concepto de nutrición en plantas verdes.

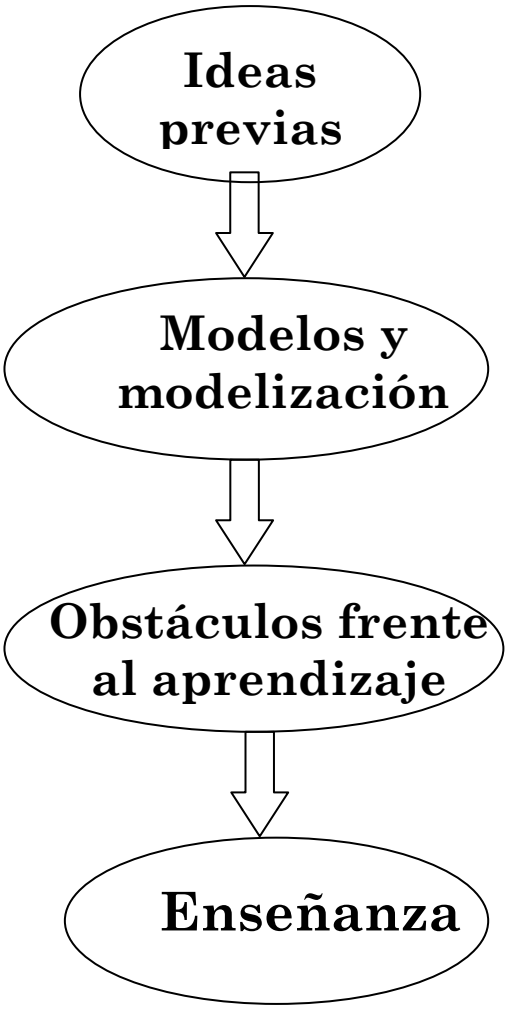
6.4 Criterio de selección de la muestra**:** intencionada.

6.5 Perspectiva general del trabajo

A partir de la exploración de las ideas previas sobre el concepto de nutrición en plantas, se realiza la identificación y caracterización de los modelos explicativos que tienen los estudiantes de séptimo grado acerca de este concepto y a partir de la caracterización de los modelos se identifican los obstáculos epistemológicos. La caracterización de los modelos y la identificación de obstáculos son un punto de partida importante para planear las futuras intervenciones didácticas que

conllevarán a aprendizajes en profundidad. El siguiente esquema muestra la perspectiva general de la investigación.

Figura 8: Perspectiva general de la investigación (Tamayo, 2010).



6.6 Fases de la investigación

6.6.1 Elaboración de instrumento

Para elaborar el instrumento de exploración de las ideas previas, se formularon cuatro categorías: nutrición a partir del suelo, nutrición a partir del agua, nutrición a partir del aire y relación clorofila luz, que obedecen a los modelos encontrados en la evolución histórico epistemológica del concepto de nutrición en plantas.

En cada categoría se plantearon preguntas que permitieran indagar sobre las ideas previas de los estudiantes. Se realizaron dos tipos de preguntas: la tipo Likert que formulan un planteamiento y los estudiantes deben escoger una de las siguientes opciones: estoy completamente de acuerdo, de acuerdo, en desacuerdo o completamente en desacuerdo y deben justificar la opción escogida y preguntas abiertas como segundo tipo.

6.6.1.1 Sentido del instrumento de exploración de ideas previas

El instrumento para la identificación de las ideas previas de los estudiantes sobre la nutrición vegetal es validado por expertos y, tiene como propósito conocer el grado de acuerdo o desacuerdo (preguntas tipo Likert) que tienen los estudiantes frente a los conceptos explorados en la investigación; como se ha explicado, las diferentes preguntas, corresponden a diferentes categorías, que pretenden a partir de las respuestas de los estudiantes poder identificar los modelos que tienen los estudiantes frente al concepto de nutrición en plantas verdes. Además, las preguntas correspondientes a una determinada categoría no se presentaron en orden y, tienen como propósito poder triangular la información.

A continuación se presenta la relación de las categorías establecidas y las preguntas.

Tabla 2. Relación de categorías y preguntas formuladas en cada categoría

CATEGORIAS	PREGUNTAS
Nutrición a partir del suelo	1. ¿De dónde saca una planta de café el alimento que necesita para vivir?
	8. ¿Cómo crees que la planta utiliza la tierra?
	10. ¿De dónde sale el peso (masa) que gana una planta al crecer?
Nutrición a partir del agua	11. Si tienes una planta de café y nunca la riegas, la planta vivirá CA A D CD ¿Por qué?
	6. Como crees que la planta utiliza el agua?

Nutrición a partir del aire	9. Como crees que la planta utiliza el aire?
	14. Las plantas mientras realizan la fotosíntesis, no respiran CA A D CD
	15. Las plantas sólo purifican el aire en presencia de la luz. CA A D CD
	17. las plantas son imprescindibles para la vida en nuestro planeta CA A D CD
	13. Las plantas durante la noche contaminan el aire, y por ello deben eliminarse de los dormitorios. CA A D CD
Relación clorofila luz	5. Qué crees que sucedería cuando se tape una planta con papel aluminio durante 8 días?
	12. Cuándo encerramos una planta en un cuarto oscuro, la planta se muere CA A D CD ¿Por qué?
	3. ¿Qué les pasa a las plantas cuando pierden las hojas?
	14. Las plantas mientras realizan la fotosíntesis, no respiran CA A D CD
	15. Las plantas sólo purifican el aire en presencia de la luz. CA A D CD
	16. La fotosíntesis es en las plantas el proceso equivalente a la respiración en los animales CA A D CD
	7. ¿Cómo crees que la planta utiliza la luz?

6.6.2 Aplicación de instrumento de ideas previas

El instrumento de ideas previas se aplicó al grado séptimo de la Institución Educativa El Trébol, este grupo está conformado por 16 mujeres y 5 hombres entre los 12 y 15 años de edad, que se encuentran en los niveles 1 y 2 del sisben. La Institución Educativa El Trébol pertenece a la entidad territorial del departamento de Caldas en el municipio de Chinchiná, zona rural. Luego de la fusión de ocho sedes, la Institución Educativa El trébol, extiende sus fronteras a las veredas: El Trébol, La Esmeralda, La Cachucha, Guacamayo, Bajo Español, Santa Helena y Buenavista.
Se tienen los niveles de: preescolar, básica primaria, básica secundaria, media

académica con profundización en agro-ambiental es de carácter público y mixto sus actividades son de calendario A en jornada mañana.

6.6.3 Análisis de la información

El análisis de la información obtenida de las respuestas de los estudiantes se realizó con el sotfware Atlas –Ti. Para el análisis con Atlas-Ti se codificó a cada estudiante con un número del 1 al 21 de manera aleatoria, luego se digitaron las respuestas colocando el número de la pregunta y el código correspondiente a cada estudiante, por ejemplo, 1.1 indica pregunta número uno, estudiante número uno, 1.2 indica pregunta uno estudiante dos y así sucesivamente. El análisis permitió caracterizar los conceptos dados por los estudiantes e identificar los modelos más frecuentes sobre el concepto de nutrición en plantas y los posibles obstáculos en el aprendizaje del concepto.

Las preguntas 2 y 4 del instrumento “explorando ideas previas” anexo A, no se consideran en el análisis con el sotfware Atlas-Ti ya que no presentaron correspondencia a la hora de triangular la información de las categorías nutrición a partir del aire (pregunta 2), y nutrición a partir del suelo (pregunta 4).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN: IDENTIFICACIÓN DE LOS MODELOS Y DE LOS OBSTÁCULOS

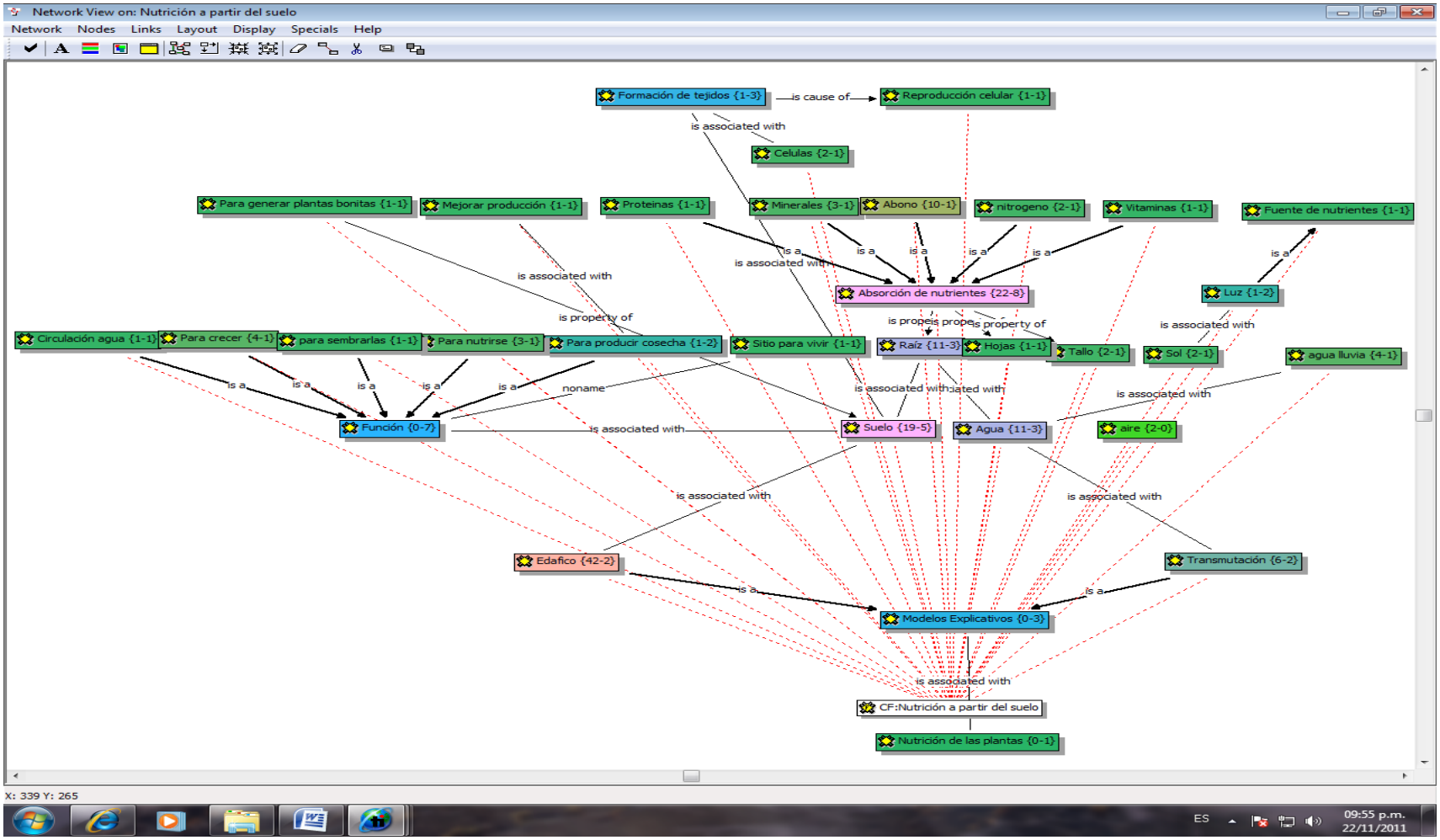
El análisis de la información de las cuatro categorías preestablecidas: Nutrición a partir del suelo, nutrición a partir del agua, nutrición a partir del aire se realizó con apoyo en el software atlas-Ti.

7.1 Nutrición a partir del suelo.

En la categoría nutrición a partir del suelo se encontraron los siguientes modelos explicativos: edáfico, transmutación y flogisto. A continuación se realiza el análisis de esta categoría.

A continuación se muestra la red semántica para la categoría nutrición a partir del suelo, a partir de la cual se realizaron los diferentes análisis para esta categoría.

Figura 9: Red semántica en la que se representan de manera general las principales subcategorías relacionadas con la categoría "Nutrición a partir del suelo"



El análisis de la categoría nutrición a partir del suelo permitió identificar como categoría emergente los modelos explicativos, los modelos encontrados son el edáfico, la transmutación. A continuación se presenta el análisis de cada uno de estos modelos.

7.1.1 Modelo explicativo edáfico

Se considera entre los aspectos característicos de este modelo que la planta obtiene su alimento del exterior y más concretamente del suelo, la raíz hace las veces de boca y el alimento está constituido por restos vegetales orgánicos (humus).El humus sufre una digestión previa antes de ser captado por el vegetal.

En la red se puede observar que los estudiantes asocian la nutrición de las plantas con el suelo, ellos expresan que las plantas se nutren del suelo mediante las raíces, cuando los estudiantes mencionan que las plantas se nutren a partir de los nutrientes del suelo vemos que estas respuestas son características del modelo edáfico, este modelo describe que el suelo cumple la función de transformar las sustancias (hace las veces de estómago).Estos resultados coinciden con los resultados de muchos investigadores, reportados por Melillán y col., 2006,que encontraron que gran parte de los estudiantes, sobre todo los más pequeños, piensan que las plantas obtienen todo su alimento del suelo, por medio de las raíces.

En las respuestas se evidencia que los estudiantes consideran que las sustancias que se absorben a través de la raíz pueden ser proteínas, minerales, nitrógeno y vitaminas; algunos hacen mención que las absorben nutrientes, pero no especifican el tipo de nutriente. Es posible que los estudiantes estén en el modelo edáfico porque las sustancias orgánicas e inorgánicas están dispuestas en el suelo. Además, algunos estudiantes expresan que el abono es fuente de nutrientes

A continuación se relacionan algunas de las respuestas dadas por los estudiantes:

1.1. Del suelo. Todo lo que se halla allí es adsorbido por la planta.
1.2. Del suelo, porque da los nutrientes necesarios como el nitrógeno etc. Y los seres humanos los abonan.
1.4. Tal vez del suelo, porque tiene nutrientes que ayudan para que el café salga bonito.

1.5. Del suelo ya que su raíz absorbe los nutrientes y lo lleva a recorrer sus partes. Y el abono que le echamos para que crezca bien y lo proteja de enfermedades.

1.6. Del suelo por que en el suelo hay nutrientes nitrógeno etc. y el ser humano le quita las malezas y le echa abono.

1.7. De la tierra o el abono que le echa se lo chupa la tierra y se nutre la planta también de los rayos solares.

1.8. De la tierra, donde nosotros le echamos abonos y así ella pude sobrevivir.

1.9. De la tierra y el agua reciben todos los nutrientes que necesita.

1.11. De la tierra por que en la tierra hay muchas vitaminas, nutrientes y con esto podemos sembrar plantas y estas plantas nos pueden dar frutos para podernos alimentarnos.

1.12 Del suelo por que por las raíces recíbelos nutrientes y el agua y del sol.

8.8. La tierra es la fuente mayor de nutrientes. De ella se nutre la raíz y así puede permanecer de la mejor forma posible.

En el modelo edáfico surge una subcategoría que es la función del suelo, los estudiantes destacan funciones del suelo como un sitio para vivir, para producir cosecha, para nutrirse, para sembrar, para crecer y para la circulación del agua como se puede observar en las siguientes respuestas:

8.1 La utiliza para que pueda crecer en un lugar estable para que pueda alimentarse y nutrirse.

8.3 La tierra le sirve a la planta para pasarle agua.

8.6 Para poder que den cosecha.

8.7 La tierra es la que le da la vida a cualquier tipo de planta.

8.10 Es un elemento vital, porque es donde crece la planta.

8.11 Por medio de la tierra absorbe los nutrientes.

8.12 Es por donde ellas más nutrientes reciben.

8.13 Para sacar nutrientes.

8.14 De ahí saca todos los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo.

8.15 Para absorber los nutrientes del suelo para poder sobrevivir y alimentarse.

8.18 De ahí saca los nutrientes, que necesita para su desarrollo y crecimiento y también es el lugar donde vive.

Como se puede observar, casi todos se limitan a mencionar que las plantas se alimentan del suelo o de la tierra para poder desarrollarse y crecer, pero no establecen relaciones con otros órganos de las plantas o con otros procesos metabólicos como la circulación, la respiración, la reproducción o la excreción.

7.1.2 Modelo explicativo de la transmutación.

En este modelo el agua es el compuesto fundamental para la generación de las diferentes estructuras de la planta (J.B. Van Helmont (1577-1644) citado por Chávez, 2002).En la red se puede observar que los estudiantes asocian la nutrición de las plantas con el agua, que es obtenida mediante la lluvia y el riego, para ser absorbida por la raíz; las respuestas responden al modelo de la transmutación porque los estudiantes asumen que el principal alimento de la planta es el agua, además indican que el peso (masa) que gana una planta al crecer resulta del agua absorbida.
Las respuestas de los estudiantes en las que se afirma esto son las siguientes:

1.3 La planta de café saca su alimento del agua.
1.9 De la tierra y el agua reciben todos los nutrientes que necesita.
1.16 De la tierra, el sol, el agua y los minerales de la tierra donde se plante.
1.20 Del agua porque es la que la refresca y ayuda a que no se seque y del sol.
10.7 Sale del agua que se le echa porque la absorbe.
10.8 Yo creo que sale del agua que le echamos.

Como se describe en el marco teórico el modelo de la transmutación surgió en el siglo XVII y Van Helmont trató de explicar cuál era la fuente de alimento para las plantas llegando a concluir después del experimento con el sauce, que el agua era la fuente de nutrientes y asumió que el agua se transmutaba en madera, en aquella época no tuvo la posibilidad de inferir o explicar otros procesos a través de los cuales los vegetales adquieren los insumos necesarios para el proceso de fotosíntesis. Muchos estudiantes en sus respuestas sólo mencionan el agua como nutriente, es posible que las experiencias cotidianas y la instrucción escolar no les haya permitido realizar otro tipo de explicación y al parecer están en un desarrollo conceptual siglo XVII.

En el análisis de esta categoría se presenta a manera de resumen un cuadro que relaciona los modelos encontrados y la frecuencia de respuestas de los estudiantes:

Tabla No.3 Relación Modelos Frecuencia

Modelo	Frecuencia de respuestas
Edáfico	42
Transmutación	6

En la tabla se puede observar que el modelo edáfico alcanzó la mayor frecuencia en las respuestas, lo que indica que la idea de que las plantas se alimentan del suelo es la más aceptada por los estudiantes. En segundo lugar se encuentra el modelo de la transmutación, con una frecuencia de 6, indicando que los estudiantes consideran el agua como la fuente de nutrición de la planta.

Pocos estudiantes mencionan de manera integrada como fuentes de nutrientes para las plantas la tierra, el agua y el sol, pero no dan explicaciones de ningún proceso:

1.16 De la tierra, el sol, el agua y los minerales de la tierra donde se plante.

1.9 De la tierra y el agua reciben todos los nutrientes que necesita.
1.12 Del suelo por que por las raíces recíbelos nutrientes y el agua y del sol.
1.9. De la tierra y el agua reciben todos los nutrientes que necesita.

7.2 Categoría nutrición a partir del agua.

En esta categoría, se considera el agua como nutriente principal de la planta y emerge la subcategoría función del agua, entre las funciones atribuidas al agua se encuentran la de nutrición, evitar deshidratación, producir mejor cosecha, para crecer y refrescar.

Algunos estudiantes consideran el agua como un nutriente. Característica del modelo explicativo de la transmutación. Los estudiantes asocian el agua absorbida por la raíz, como una molécula de fuente de vida esencial para evitar la muerte de la planta, lo que sugiere que estos se encuentran en este modelo. J. Van Helmont (1577-1644) citado por Cañal (1992) llevo a cabo un experimento (descrito en el

marco teórico) para contrastar dicha hipótesis. Algunas respuestas de los estudiantes son:

6.1 La utiliza para tener más vitalidad y también le ayudad para que no se muera o sufra algún problema de resequedad.

6.6 Por las raíces para que no se mueran.

6.11 Como fuente de vida y para nutrirse mejor y dar mejores frutos muy nutritivos.

Algunos estudiantes reconocen en el agua propiedades de producción al afirmar que generan buena cosecha, se refieren a la planta de café, propia de su contexto, y la cual es un referente para indicar los diferentes cuidados que se debe tener con la nutrición de la planta. A continuación, respuestas que lo evidencian:

6.4 Que la producción de café es mucho más agradable y no produce broca.

6.9 La planta va a tener una cosecha muy buena.

Los estudiantes sugieren utilidades de hidratación y como refrescante al agua, como se muestra a continuación:

6.13 Por medio de las raíces se refresca para no sufrir una deshidratación.

6.15 Para nutrirse y refrescarse para poder vivir.

6.20 Es la que le quita la sed y la que la refresca.

Los estudiantes no diferencian elemento de compuesto, expresan que el agua es un elemento como se ve en la siguiente respuesta:

6.10. La utiliza como nosotros, es un elemento vital porque sin el agua no hay vida.

Considerar el agua como un elemento puede obedecer a carencias conceptuales, producto de los diferentes procesos de enseñanza aprendizaje, en el área de ciencias naturales, por los que el estudiante ha realizado su bagaje escolar, tanto en primaria como en secundaria; en los cuales no se ha logrado un aprendizaje en profundidad sobre los conceptos de elemento y compuesto. De igual manera se deben considerar los medios de comunicación que emiten programas de televisión que indican al televidente (estudiantes) sobre la existencia de un número de elementos agua, aire, tierra y fuego, necesarios para el desarrollo de los vegetales contribuyendo así, a la distorsión del concepto de elemento.

Algunos estudiantes no conocen los términos especializados para referirse a algunos procesos como por ejemplo, usan el término secarse para referirse a la deshidratación:

11.9 CD porque se seca.
11.10 CD Porque si no tienen agua no vive y se seca totalmente.

Si bien los estudiantes utilizan una jerga poco técnica, entienden los procesos simples de la naturaleza y se refieren a ellos con espontaneidad.

Algunos estudiantes le dan al agua la función de crecimiento, pero no explican por qué y no tienen en cuenta que para crecer la planta necesita realizar procesos de reproducción celular. Como se muestra en la siguiente respuesta:

6.16 Como un nutriente de gran potencia con el cual la planta crece.

En esta categoría los estudiantes reflejan ausencia del conocimiento de la función del agua en la planta, no mencionan como los minerales de nitratos, fosfatos y potasio, esenciales para el crecimiento de la planta, están disueltos en el agua, y cómo son absorbidos por las células de las raíces, tampoco indican que la raíz absorbe los minerales selectivamente y que el agua entra por osmosis para reducir el gradiente de concentración. Tan sólo se aprecia una cierta proximidad de los estudiantes hacia la idea de la alimentación como proceso simple, que se realiza mediante la captación de sustancias procedentes del suelo, como lo expresan algunos estudiantes y otros ni siquiera mencionan la fuente ni el medio por el cual las plantas adquieren el agua

De la misma manera se nota la falta de una formación adecuada sobre el proceso de la fotosíntesis y su relación con el agua durante la reacción luminosa, en la cual a través de un proceso llamado fotolisis las moléculas de agua se rompen cediendo dos electrones, dos iones de hidrogeno o protones y un átomo de oxígeno que rápidamente se une a un segundo átomo de oxígeno para formar una molécula de oxigeno gaseoso, ese oxigeno se libera hacia la atmosfera. Los protones quedan dentro del tilacoide y los electrones libres, reemplazan a los perdidos durante el choque de los fotones con las moléculas de pigmento verde de clorofila "a".

A continuación se muestra la red semántica para la categoría nutrición a partir del agua, a partir de la cual se realizaron los diferentes análisis.

Figura 10: Red semántica en la que se representan de manera general las principales subcategorías relacionadas con la categoría "Nutrición a partir del agua”.

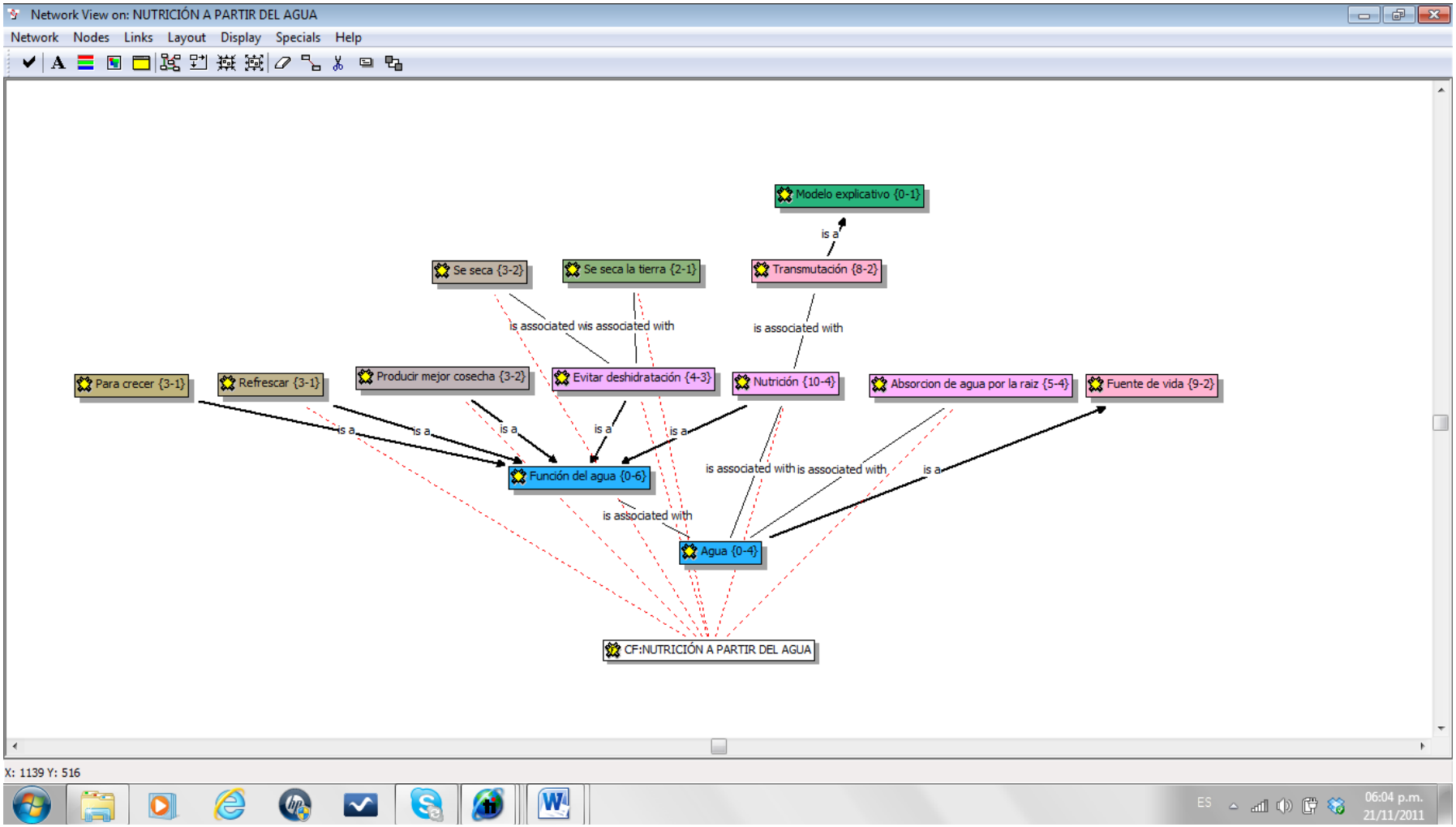
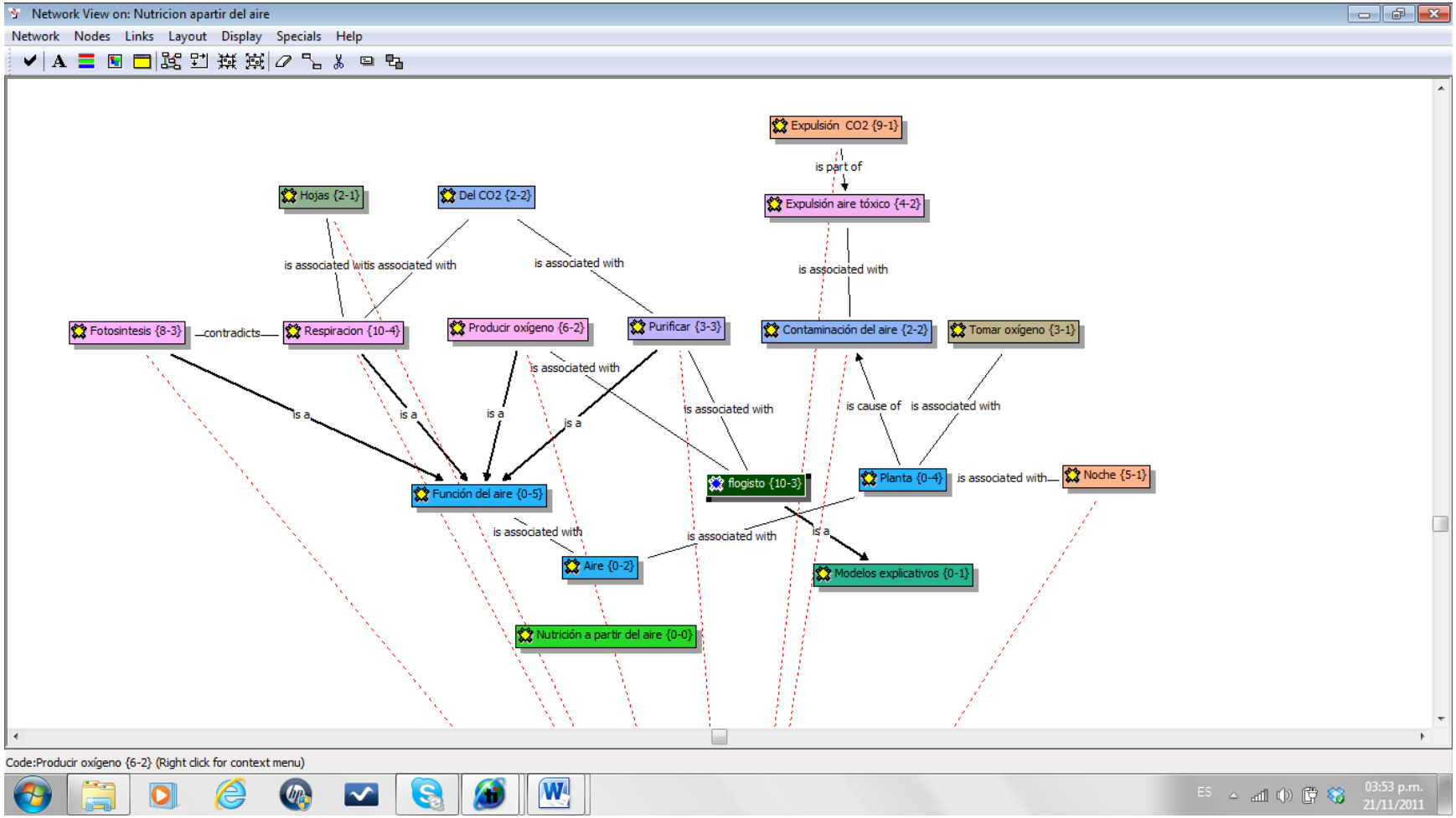


Figura 11: Red Semántica para la Categoría Nutrición a partir del Aire



7.3 Categoría nutrición a partir del aire

En la categoría nutrición a partir del aire emerge la subcategoría función de aire, entre las funciones atribuidas al aire se encuentran la de purificar, respirar, producir oxígeno y realizar fotosíntesis.

Cuando se pregunta a los estudiantes cómo creen que las plantas utilizan el aire, se puede observar en las siguientes respuestas, que ellos expresan que las plantas utilizan el aire **para purificar**, es decir para limpiar el aire del dióxido de carbono, sin embargo no expresan cómo es utilizado este gas por las plantas, dan respuestas muy generales y no establecen relaciones con los demás componentes que utiliza una planta para iniciar los procesos de fotosíntesis:

9.12 Para qué pueda estar más limpia.
9.14 Lo renuevan para tener un aire más puro.
9.13 Para limpiarlo del bióxido de carbono que para ellas es necesario

En la mayoría de respuestas que expresan que el aire cumple funciones purificadoras, que sirve para limpiar del dióxido de carbono, se identifican características del modelo flogisto, que considera a las plantas con capacidad de cambiar el aire viciado por la combustión y/o por la respiración animal.

Algunos estudiantes consideran que las plantas utilizan el aire **para respirar**, como se ve en las siguientes respuestas:

9.1 Lo utiliza para su respiración por que el aire tiene gas carbónico.
9.2 Para respirar y crecer.
9.4 Si las plantas no respiran se mueren.
9.8 Puede que para su respiración.

Creen que el aire es necesario para respirar y le asignan a la respiración una condición necesaria para vivir, expresando que si las plantas no respiran mueren. De este tipo de respuestas se podría inferir que los estudiantes estarían en un modelo vitalista de la respiración, ya que una de las características fundamentales de este modelo es considerar la respiración como una condición de estar vivo, se respira por necesidad.

Llama mucho la atención que en las respuestas los estudiantes no expresan que al respirar las plantas incorporan oxígeno, en cambio en la respuesta 9.1 se puede observar que el estudiante considera que la planta utiliza para la respiración el gas

carbónico, esta postura es muy común en la mayoría de los estudiantes y es la creencia que tiene el común de las personas, a partir de estas creencias se van estableciendo las ideas previas en los estudiantes. Estos planteamientos son también característicos del modelo del flogisto, en el cual se asume que las plantas tienen un tipo de respiración inversa a la de los animales.

El proceso de respiración solo es asociado con las hojas por un estudiante que dice: “14.8 CD respiran porque las hojas hacen su trabajo y deben respirar. Esta idea, aunque refleja la asociación de la respiración con la hoja, no advierte cuál es la función de las hojas en los procesos de fotosíntesis, respiración o transpiración y no hacen referencia a los estomas, estructura importante para la regulación del intercambio de gases entre la hoja y la atmosfera (la entrada del bióxido de carbono y la salida del oxígeno).

Un estudiante menciona que el aire le sirve a la planta para respirar y obtener oxígeno, pero no da ninguna otra explicación; no mencionan cómo es obtenido el oxígeno, ni la función de las hojas, ni la función de los estomas, parece que hay desconocimiento de las partes de una planta y sus funciones o es posible que cuando se enfrentar a responder un planteamiento o un problema no pueden aplicar los conocimientos adquiridos en la escuela:

9.20 Para respirar y obtener oxígeno.

Algunos estudiantes mencionan que las plantas utilizan el aire para producir oxígeno:

9.18 Es lo que respira para sacar más energía para producir oxígeno.
9.21 Así podría liberar el oxígeno que ella produce y que lo regala a los seres humanos.
9.11 Para que ellas puedan darnos su oxígeno a todos los seres vivos.

En estas respuestas simplemente expresan que las plantas **producen oxígeno** para que sea utilizado por los seres vivos pero, igual que en otras respuestas, no relacionan la producción de oxígeno con la fotosíntesis o con otros procesos metabólicos realizados por las plantas. Además, cuando mencionan que las plantas respiran para obtener energía no dan explicaciones de ningún tipo.

Un estudiante afirma que el aire está asociado con el proceso de la fotosíntesis:

9.17 Sirve para el proceso de la fotosíntesis.

Sin embargo, el estudiante no precisa la relación entre el proceso de fotosíntesis y el aire.

En esta categoría se encontró que en la noche o en ausencia de luz, los estudiantes creen que las plantas contaminan el aire porque expulsan un aire tóxico, estas respuestas se muestran a continuación:
15.15 CD En la noche contaminan el aire y en el día nos dan oxígeno.
13.13 CA emite una especie de aire que es toxico.
13.14 CA Porque ellas expulsan una sustancia toxicas para nosotros.
13.15 CA Porque la planta no toma aire y nos quita el de nosotros y moriríamos ahogados.
13.16 CD las plantas eliminan sustancias toxicas.

En estas respuestas los estudiantes únicamente mencionan que las plantas liberan sustancias o aire tóxico, pero no hacen referencia a ninguna sustancia en especial.

Algunos estudiantes son más específicos mencionando que las plantas producen dióxido de carbono, que causa daño.

13.5 CA. Se deben alejar porque botan gas carbónico y si están cerca de nosotros inhalamos el gas y eso nos puede perjudicar.
13.10 CA Claro porque ellas sueltan gas carbónico que es malo por eso hay que sacarlas de ahí.
13.18 Estoy completamente de acuerdo porque ellas en la noche expulsan dióxido de carbono entonces nos haría mucho daño.
13.21 CA. El gas carbónico. Nos hace daño por ello no se puede y es mejor dejarlas a fuera para que esto no nos perjudique.
13.14 CA Porque ellas expulsan una sustancia toxicas para nosotros.
13.20 D Ellas producen unas sustancias que nos afectan llamadas gas carbónico.

Nos podemos dar cuenta que no relacionan el dióxido de carbono con procesos como la fotosíntesis o la respiración, simplemente dicen que en la noche hay que retirar las plantas de los dormitorios porque nos causarían daño por el aire tóxico liberado por ellas. Una vez más nos damos cuenta de la potencia que tienen las creencias populares en los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

Algunos estudiantes dicen que en la noche las plantas toman oxígeno de nosotros, parece que asignaran a los humanos la función de producir oxígeno:

13.6 Porque en la noche ella toma el oxígeno de nosotros y entonces se agotaría en nuestra habitación y podríamos sentirnos un poco mal.
13.4 A porque la noche ellas toman el oxígeno de nosotros.

Cuando se indaga si las plantas cuando realizan fotosíntesis no respiran se encontraron respuestas que afirman que cuando las plantas realizan fotosíntesis no respiran como se puede ver en la siguiente respuesta:

14.20 Las plantas mientras realizan la fotosíntesis, no respiran.

En otras respuestas, expresan que están en desacuerdo que cuando las plantas realizan fotosíntesis no respiran, porque consideran que si las plantas no respiran, se mueren,

14.6 CD porque las plantas respiran o si no se mueren.
14.7 CD porque en todo momento deben estar respirando.
14.8 CD respiran porque las hojas hacen su trabajo y deben respirar.
14.10 CD Entonces si no respiran como van hacer la fotosíntesis.
14.11 D Mientras realizan la fotosíntesis y no respiran se mueren.
14.12 CD porque ellas siempre deben respirar.
14.15 CD morirían sin respirar.

De estas respuestas se puede decir que los estudiantes consideran que los procesos de respiración y fotosíntesis son diferentes, pero solo elaboran expresiones muy simples.

En la siguiente respuesta se puede observar que algunos estudiantes consideran equivalente la fotosíntesis al proceso de respiración:

14.21D Ellas si respiran mediante ese proceso porque la fotosíntesis la realizan en presencia de oxígeno.

Aunque fotosíntesis y respiración aparecen en general como conceptos muy relacionados, se puede deducir que la fotosíntesis se concibe fundamentalmente como una forma de respiración peculiar de las plantas que se realiza durante el día, tomando CO_2 y expulsando O_2, lo contrario que harán durante la noche.

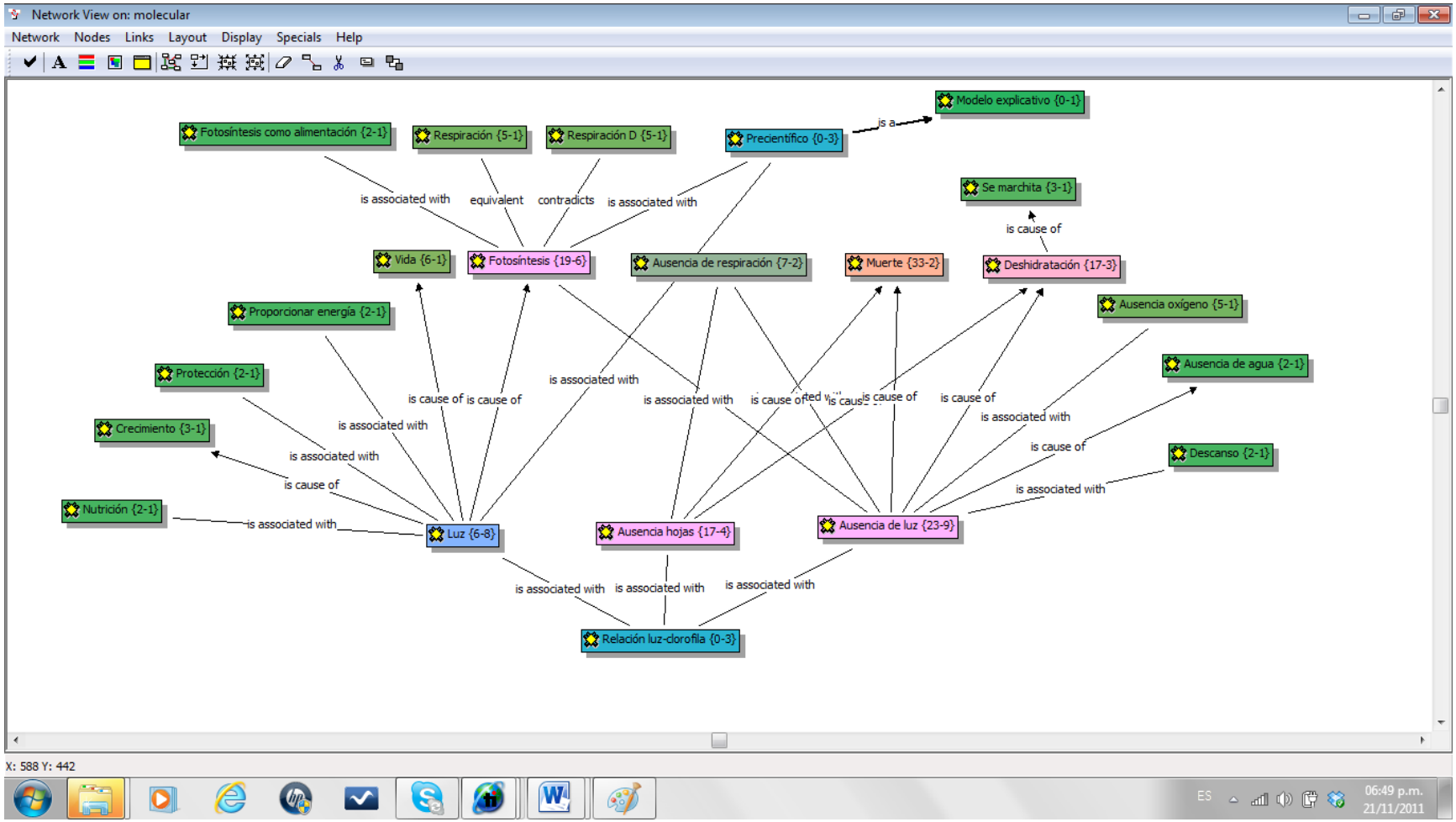
A manera de conclusión en esta categoría, se considera que existe un consenso de los estudiantes en el sentido de que las plantas contaminan el aire durante la noche y lo purifican de día, estos resultados coinciden con los reportados por Melillán y col. (2006) que encontraron que hay un fuerte arraigo del conocimiento

cotidiano: «no se puede dormir con plantas en la habitación porque consumen el oxígeno» (Cañal, 1990; Charrier y Obenat, 2001 citados por Cañal 1992).

Además, muchas respuestas están enmarcadas en los conceptos característicos del modelo denominado flogisto, del cual fueron precursores Joseph Priestley (1733-1804) y J. Ingenhousz (1 730-1 799). En este modelo se postula que las plantas tienen la capacidad de cambiar el aire viciado por la combustión y/o por la respiración animal, las plantas tienen un tipo de respiración inversa a la de los animales y sólo producen aire deflogisticado (O_2) en sus partes verdes y en presencia de luz.

Tener en cuenta que muchas ideas son adquiridas de las creencias populares o conocimientos cotidianos y que los estudiantes consideran procesos equivalentes respiración y fotosíntesis, son puntos de partida importantes para planear una intervención didáctica adecuada y tendiente a lograr aprendizajes en profundidad en los estudiantes.

Red semántica para la categoría relación luz- clorofila.Figura 12: Red semántica en la que se representan las principales subcategorías relacionadas con la categoría "relación luz-clorofila"



7.4 Categoría relación luz- clorofila

En la relación luz-clorofila se puede observar que emergen fundamentalmente tres subcategorías: luz, ausencia de luz y ausencia de hojas. Los estudiantes le asignan a la luz varias funciones:

7.4.1 Proporcionar energía

Algunos manifiestan que la luz proporciona energía a la planta, pero en su discurso no establecen ningún tipo de relación con las formas de energía lumínica; además no pueden explicar el proceso a través del cual la luz (energía lumínica) es captada por la clorofila, tienen un desconocimiento total de la existencia de diferentes tipos de pigmentos fotosintéticos entre los cuales se encuentran la clorofila a y la clorofila b, los carotenos, fucoeritrinas y fucocianinas que captan diferentes longitudes de ondas de la luz. En estas respuestas se encuentra coincidencia con los resultados reportados por investigadores citados por Melillán y col., 2006,que han encontrado que gran parte de los estudiantes, por lo general, no mencionan la clorofila o desconocen su función, y los que la nombran le atribuyen una gran variedad de funciones: como dar color a las hojas, es la sangre de las plantas, se combina con el dióxido de carbono para formar glucosa, es una sustancia que atrae la luz y sirve de protección, es un alimento, se combina con el yodo para producir una sustancia de color negro, llamada almidón, elabora los alimentos.

En este nivel escolar los estudiantes desconocen que la energía se genera por sistemas moleculares que implican reacciones de oxidación-reducción y que la energía se genera en forma de ATP por procesos de fotofosforilación. A continuación se puede evidenciar este tipo de respuestas:

7.9 La utiliza para darle energía
7.20 Con los rayos de la luz la planta adquiere energía.

7.4.2 Generar vida

Algunos estudiantes asignan a la luz la función de generar vida, consideran que la luz es la fuente vital de vida, pero no dan explicaciones que sustenten este punto de vista. A continuación se muestran respuestas de los estudiantes en las cuales manifiestan que la luz es fuente de vida:

7.15 Le sirve como fuente de vida
7.3 La planta si no tiene luz no crecería porque la luz es la fuente de vida de ellas.

7.4.3 Realizar fotosíntesis

Sólo mencionan que la luz le sirve a las plantas para realizar fotosíntesis, en las respuestas los estudiantes muestran total desconocimiento de que la fotosíntesis sucede en los cloroplastos de las plantas y que estos se encuentran ubicados en tallos verdes y en los principales órganos fotosintéticos, las hojas. En este nivel de enseñanza secundaria los alumnos al menos deberían identificar las partes de la planta y las funciones que estas cumplen, por lo tanto hay desconocimiento de los eventos moleculares implicados en el proceso de fotosíntesis, se desconocen la función de la luz, la función del agua, la función del dióxido de carbono y la función de la clorofila. Se desconoce que la finalidad de la fotosíntesis es generar energía en forma de ATP y equivalentes reductores para la síntesis de glucosa y que estos procesos implican una fase foto dependiente y otra fase independiente de luz. Algunas respuestas son:

> 7.14 La planta de café utiliza la luz para poder realizar el proceso de fotosíntesis.
> 7.18 Con ella realiza la fotosíntesis que es un proceso fundamental para la planta.

Podría pensarse que cuando los estudiantes expresan que la luz es importante para realizar el proceso de fotosíntesis, estarían expresando enunciados característicos de la visión moderna de la nutrición en plantas, pero como lo hacen de manera tan simple y general, desconociendo los procesos mencionados anteriormente, podríamos decir que poseen representaciones de un modelo precientifico.

7.4.4 Para la nutrición y crecimiento

Algunos estudiantes consideran que la luz es necesaria para que la planta se nutra y crezca, pero no hacen explicaciones al respecto como aparece en las siguientes respuestas**:**

> 7.17 Necesita los componentes de la luz para su nutrición.
> 7.11 Como un medio para nutrirse
> 7.10 Es un elemento vital porque le ayuda a crecer y a madurar los frutos.
> 7.3 La planta si no tiene luz no crecería

Se evidencia que hay desconocimiento de los procesos generales y moleculares que permiten a una planta generar nutrientes y crecer; en este último caso no se hace referencia a los procesos de reproducción celular.

En la subcategoría ausencia de luz los estudiantes manifiestan que pueden suceder los siguientes eventos:

7.4.5 Ausencia de agua

Esta ausencia la atribuyen como consecuencia de la ausencia de luz. No hacen explicaciones de la función del agua en el proceso de fotosíntesis, por ejemplo algunos estudiantes simplemente escriben:

> 12.3 CA. Porque no le entra agua
> 12.5 A. No recibe oxígeno, ni agua que son muy importantes para su crecimiento

Se mantienen explicaciones generales, es posible que los docentes no hayan incorporado en sus procesos de enseñanza conceptos básicos de química y física, conceptos cómo cambio químico, cambio físico, transformación de la materia y que no hayan realizado experimentos que permitan comprender estos procesos. Se desconoce por ejemplo que el agua se descompone por foto-oxidación en el proceso de fotosíntesis.

7.4.6 Ausencia de oxígeno.

Los estudiantes solo enuncian que cuando falta luz las plantas no pueden obtener oxígeno y en algunos casos manifiestan que la planta se puede morir, pero no establecen relación entre oxígeno y respiración; al parecer desconocen el proceso general de la respiración en plantas y por supuesto los procesos moleculares. Algunas respuestas que hacen referencia a este aspecto son:

> 5.2 Se mueren porque no reciben oxigeno suficiente.
> 5.15 Yo creo que se muere quemada o ahogada sin tener el oxígeno.
> 5.19 Yo creo que se moriría por falta de oxígeno.

12.1 D porque no se muere del todo se debilita por falta de sol y se marchita.

> 12.2 A porque no está recibiendo luz ni aire

En las subcategorías ausencia de hojas y ausencia de luz se encontraron algunas categorías comunes como deshidratación, muerte y ausencia de respiración.

Muchas respuestas coinciden que la ausencia de luz y la ausencia de hojas pueden generar muerte de las plantas como se puede observar a continuación:

> 5.3 Se muere se seca porque si no le cae agua y no recibe luz solar y ni viento no sobrevivirá.
> 3.6 Se mueren y si es una planta de café la tienen que volver a sembrar.

3.11 Se mueren por que el sol entra directamente a la planta y como no tienen hojas se seca el árbol
3.19 Se moriría por que se secaría la planta.

En las respuestas anteriores no se hacen explicaciones de la importancia de la luz o de las hojas para realizar procesos metabólicos. Estos resultados coinciden con los reportados por los investigadores citados por Melillán y col., 2006 que encontraron que gran parte de los estudiantes por lo general desconocen si las plantas necesitan luz y en los casos en que la mencionan le atribuyen funciones como: vivir, crecer, tener buena salud, dar color a la planta.

Algunas respuestas enuncian que cuando no hay presencia de luz o cuando faltan las hojas no se produce la respiración, pero no se establece relación de la respiración con el oxígeno ni con el dióxido de carbono, solo en una respuesta se dice que en las hojas se realiza el intercambio de gases: "3.14 Cuando las plantas pierden las hojas mueren ya que en ellas ocurre el intercambio de gases; entonces mueren". Las respuestas permiten deducir que la mayoría de estudiantes desconocen por ejemplo la presencia de estomas en las hojas y por lo tanto desconocen sus funciones. Algunas respuestas en esta categoría son:

12.10 CA Porque no respira y no tiene luz.
5.9 No podría respirar
12.15 A La planta no tendría luz ni aire para respirar.
5.18 No podría alimentarse, respirar, se secaría y al final moriría.

Estos resultados coinciden con los reportados por los investigadores citados por Melillán y col., 2006, que encontraron que gran parte de los estudiantes confunden el papel del dióxido de carbono y el oxígeno (Wandersee, 1983; Soyibo, 1983; Astudillo y Gené, 1984; Driver y otros, 1984; Rumelhard, 1985; Haslam y Treagust, 1987; Eisen y Stavy, 1988; Lavoie, 1997; Carignato y Caldeira, 2000; Charrier y Obenat, 2001).

En muchas respuestas los estudiantes manifiestan que la falta de luz y de hojas produce deshidratación y esta deshidratación conduce a la muerte como se puede observar a continuación:

3.10 Le pasa que se va secando y se va muriendo la planta al necesitar las hojas porque las hojas son un ingrediente importante.
5.3 Se muere se seca porque si no le cae agua y no recibe luz solar y ni viento no sobrevivirá
5.5 Se puede secar ya que la luz solar no entra directamente.
5.21 Se puede secar y morir.

Es importante resaltar que los estudiantes se refieren a los procesos de deshidratación expresando que las plantas se secan, esto demuestra que los estudiantes no conocen los términos especializados y se refieren a muchos procesos utilizando un lenguaje cotidiano, convirtiéndose el uso de lenguaje cotidiano en uno de los obstáculos más importantes en los procesos de aprendizaje de los contenidos científicos.

En estas dos subcategorías los estudiantes reconocen que cuando falta luz o en ausencia de hojas, las plantas no pueden realizar el proceso de fotosíntesis, pero como se explica en casos anteriores no pueden explicar por qué no pueden realizar fotosíntesis.

> 12.19 De acuerdo porque no le entraría luz y no habría fotosíntesis
> 12.18 Estoy de acuerdo porque ella también necesita la luz solar para realizar la fotosíntesis.
> 3.12 No habría buena producción de fotosíntesis y no funcionaría bien.
> 3.13 Si las hojas se caen no hay producción de fotosíntesis y la planta no funciona como debe ser.

Cuando se pregunta si la fotosíntesis en las plantas es equivalente al proceso de respiración en animales, algunos estudiantes responden que fotosíntesis y respiración son equivalentes, es decir que las plantas respiran a través del proceso de fotosíntesis, por ejemplo un estudiante respondió:

"16.20. Si porque así las plantas como los animales necesitan respirar para poder vivir y fortalecerse", este tipo de respuestas muestran que a pesar de la escolaridad de los estudiantes y de la experiencia cotidiana en el área rural no se tiene claridad conceptual sobre estos procesos.

Algunos estudiantes respondieron que la fotosíntesis y la respiración son procesos diferentes, pero no pueden explicar los procesos metabólicos implicados., no hacen explicito que las plantas además de realizar fotosíntesis, respiran. A continuación se muestran algunos ejemplos:

> 16.12 D porque el proceso de la fotosíntesis es completamente diferente.
> 16.16 CD no porque la fotosíntesis es un proceso muy diferente al de la respiración en animales.

Estos resultados coinciden con los reportados por los investigadores citados por Melillán y col., 2006, que encontraron que gran parte de los estudiantes confunden los procesos fotosíntesis y respiración.

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

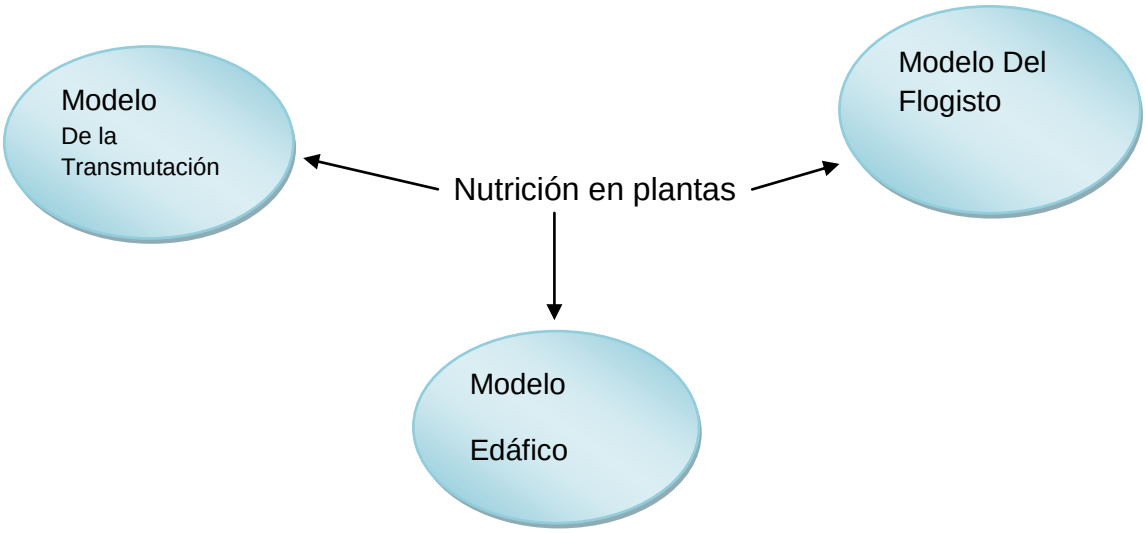
A manera de resumen en esta categoría, es importante resaltar que casi todas las respuestas de los estudiantes son características de un modelo que podemos denominar precientifico, puesto que mencionan términos como fotosíntesis, respiración, producción de energía, deshidratación, entre otros, pero no se logran dar explicaciones a nivel molecular y se observa el uso de lenguaje cotidiano para dar explicaciones simples y generales.

7.5 Interrelación entre los modelos

A partir del análisis general de todas las categorías podemos deducir que en algunos estudiantes coexisten varios modelos sobre el concepto de nutrición en plantas, esta coexistencia está reportada en la literatura científica y responde al planteamiento que los sujetos usan diferentes modelos explicativos para resolver problemas de acuerdo al contexto en el cual se encuentran o de acuerdo a una situación planteada. Los modelos no son estáticos sino dinámicos y el contexto influye en la transformación del modelo (Tamayo, 2009, Giere, 1992, Tamayo y Sanmartí, 2007)

En la figura 12 se muestra una interrelación entre los modelos edáfico, transmutación y flogisto, para dar respuesta al concepto de nutrición en plantas, es posible que los estudiantes realicen explicaciones utilizando estos modelos para dar respuesta a las diferentes preguntas planteadas en el instrumento de exploración de ideas previas. Las explicaciones en las cuales utilizan los distintos modelos pueden deberse a las experiencias adquiridas en su contexto rural, las cuales presentan una serie de vivencias relacionadas con los proyectos productivos agrícolas y hacen referencia a las actividades de riego, fertilización y labores culturales como el aporque, raleo, tutorado y poda, ya que estas contribuyen a que la planta se pueda desarrollar de forma adecuada. En estas descripciones los estudiantes dejan de lado la definición científica y el lenguaje enseñado en la escuela. En términos generales, se puede observar como los estudiantes hacen uso de los saberes de su contexto familiar y social.

Figura 13: Relación de modelos explicativos para explicar la nutrición en plantas.



7.6 OBSTACULOS

Teniendo en cuenta los aportes de Bachelar y Pozo (citados por Mora, A. 2002), a partir del análisis realizado se identificaron los siguientes obstáculos:

- Dar explicaciones de sentido común
- Imposibilidad o dificultad de dar explicaciones a nivel molecular
- Desarticular la nutrición de otros procesos metabólicos de las plantas
- Uso de lenguajes cotidianos para referirse a procesos metabólicos y dificultad en el uso de lenguaje especializado.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- Se determinó que en los estudiantes, de grado séptimo de educación secundaria rural, los modelos más frecuentes, acerca de la nutrición en plantas son el modelo edáfico, el modelo de la transmutación y el modelo del flogisto, estos resultados coinciden con reportes de investigación a nivel internacional.

- Los modelos que tienen los estudiantes sobre la nutrición de las plantas son el resultado de procesos de enseñanza escolar y en su origen también inciden notablemente las experiencias cotidianas de los estudiantes, por ejemplo, las relacionadas con el cultivo de café y la huerta, así como los procesos de transmisión cultural no escolares, como los que se desarrollan en el medio familiar y los originados por los medios de comunicación social.

- A partir de estos resultados, se hace necesario recalcar la importancia de identificar qué sabe el estudiante antes de iniciar un proceso de enseñanza si se quiere el logro de aprendizajes en profundidad.

- El análisis realizado para los diferentes modelos explicativos de la nutrición en plantas permitió identificar los siguientes obstáculos: dar explicaciones de sentido común, imposibilidad o dificultad para dar explicaciones a nivel molecular, desarticular la nutrición de otros procesos metabólicos de las plantas, uso de lenguajes cotidianos y dificultad en el uso de lenguaje especializado.

- La exploración de ideas previas tiene como propósito central orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje a partir de los obstáculos frente al aprendizaje previamente identificados. La identificación de los obstáculos se constituye en el punto de partida para la planeación de las diferentes actividades de enseñanza realizadas por los docentes, las cuales se deben integrar en una unidad didáctica.

8.2 RECOMENDACIONES

- Identificar los modelos explicativos y los obstáculos es el punto de partida para realizar una intervención didáctica que garantice el aprendizaje en profundidad, por lo tanto se recomienda diseñar, aplicar y validar una unidad didáctica sobre nutrición en plantas para estudiantes de grado séptimo de la Institución Educativa El Trébol.

- Emplear las ideas alternativas en la enseñanza de las ciencias para lograr aprendizajes en profundidad.
- Resaltar la importancia de identificar, además de los obstáculos epistemológicos, los obstáculos ontológicos y los obstáculos de origen didáctico.
- Realizar procesos de formación de profesores en el uso adecuado de las ideas alternativas y en los procesos de modelización e identificación de obstáculos, lo cual redundará en el mejoramiento de la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Anexo: A. Explorando ideas previas

Nombre: _____ Grado: _____

Fecha: _____ Edad: _____

A continuación encontrarás una serie de preguntas frente a las cuales debes justificar claramente tu respuesta en las líneas dadas a continuación. Es muy importante que en las respuestas trates de explicar lo que crees que sucede, en tal sentido debes tratar de emplear todo el espacio dado para la respuesta.

1. ¿De dónde saca una planta de café el alimento que necesita para vivir?

2. ¿Cómo crees que se relacionan la respiración y la nutrición en las plantas?

3. ¿Qué les pasa a las plantas cuando pierden las hojas?

Qué crees que sucedería:

4. Cuando se le eche tierra abonada a la planta de café

5. Cuando se le tape con papel aluminio durante 8 días

Como crees que la planta utiliza:

6. Agua

7. Luz

8. Tierra

9. Aire

10. ¿De dónde sale el peso (masa) que gana una planta al crecer?
¿Por qué?

A continuación te presentamos una serie de afirmaciones. Debes seleccionar:

CA si estás completamente de acuerdo

A si estás de acuerdo

D si estás en desacuerdo

CD si estás completamente en desacuerdo

Y además debes justificar claramente tu respuesta en las líneas dadas a continuación. Es muy importante que en las respuestas trates de explicar lo que crees que sucede, en tal sentido debes tratar de emplear todo el espacio dado para la respuesta.

11. Si tienes una planta de café y nunca la riegas con agua, la planta vivirá
CA A D CD
¿Por qué?

12. Cuándo encerramos una planta en un cuarto oscuro, la planta se muere
CA A D CD
¿Por qué?

13. Las plantas durante la noche contaminan el aire, y por ello deben eliminarse
de los dormitorios
CA A D CD
¿Por qué?

14. Las plantas mientras realizan la fotosíntesis, no respiran
CA A D CD
¿Por qué?

15. Las plantas sólo purifican el aire en presencia de la luz.
CA A D CD
¿Por qué?

16. La fotosíntesis es en las plantas el proceso equivalente a la respiración
los animales
CA A D CD
¿Por qué?

17. las plantas son imprescindibles para la vida en nuestro planeta
CA A D CD
¿Por qué?

Bibliografía

Campanario, Juan miguel y Otero, José C. (2000) Enseñanza de las ciencias, 18 (2), 155-169.

Cañal, P. (1992) ¿Cómo mejorar la enseñanza sobre la nutrición de las plantas verdes? Sevilla: Junta de Andalucía. 136-146

Castro, Nivia Marina Cedeño Miryam Guerrero Juan de Jesus. (2006) Universidad de La Salle (Bogotá, Colombia) IIEC,(1), no. 2, 20 06: 29-32.

Cavallaro, Sandra. (2003). Fotosíntesis. Ecogénesis, Ambiente y Desarrollo Cultural. Disponible en http://www.ecogenesis.com.ar.

Chávez Tortolero, Milagros. (2002)Estudio analítico no lineal de los modelos explicativos de la nutrición vegetal y su valor para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad Pedagógica Nacional. 11: 3-14.

Curtis, H, y col. (2003) Biología. Editorial médica panamericana. 6ª ed.

Driver, R. (1973).*Children's ideas in science*. : Milton Keines. Open University Press.

Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Melillán Charrier, María, Cañal, Pedro y Rodrigo Vega Maximiliano. (2006) Enseñanza de las ciencias, 24(3), 401–410.

Mora, Arabela. (2002) Obstáculos epistemológicos que afectan el proceso de construcción de conceptos del área de ciencias en niños de edad escolar. Informe de investigación. San Ramón: Coordinación de Investigación, Sede de Occidente, UCR.

Lenhinger Nelson, D., Cox, M. (2001) Principios de bioquímica. Ediciones omega, 3ª ed, Barcelona.

Tamayo,Alzate Oscar Eugenio. (2002) "De las concepciones alternativas al cambio conceptual", Plumilla Educativa, 2, 57 – 65.

Tamayo, O. (2009) Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Centro Editorial Universidad de Caldas. Libros de investigación: 402 págs.

Tamayo, O. y Sanmartí, N. (2007) High-School Students' Conceptual Evolution of the Respiration Concept from the Perspective of Giere's Cognitive Science Model. *International Journal of Science Education*, 29 (2): 215

Tamayo, O.E. (2010). Modelos explicativos de estudiantes acerca del concepto de respiración. VI Congreso Internacional Didácticas de las Ciencias. Ponencia oral. Cuba

Villamil Mendoza Luis Eduardo. (2008) Espéculo. Revista de estudios literarios. Universidad Complutense de Madrid. http://www.ucm.es/info/especulo/numero38/obstepis.html.

Viennot, L. (1979). Le raisonnementspontané en dynaamiqueèlementaire. París: Hermann Cop.