



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Propuesta didáctica para la enseñanza de la fotosíntesis dirigida a estudiantes del ciclo V del Colegio Rural Pasquilla I. E. D.

Germán Arturo Gómez Niño

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá D.C., Colombia

2014

Propuesta didáctica para la enseñanza de la fotosíntesis dirigida a estudiantes del ciclo V del Colegio Rural Pasquilla I. E. D.

Germán Arturo Gómez Niño

Código: 2806926

**Trabajo Final presentado como requisito parcial para optar el título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director:

PhD. Xavier Marquínez Casas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá D.C., Colombia

2014

Dedicatoria

A mi hija Samantha y mi nieta Juliana, por ser los motores que impulsan mi vida.

A mi padre Alfonso, que desde el cielo me protege en todo momento.

A mi madre Laura, que con sus consejos y compañía guía mis acciones.

A todos aquellos que comparten conmigo sus vidas y me llenan de amor.

Agradecimientos

Al profesor PhD. Xavier Marquínez Casas, por el tiempo y dedicación en la dirección de este trabajo, por sus valiosos consejos y orientaciones que guiaron el desarrollo de la propuesta didáctica.

A la profesora Martha Cecilia Orozco de Amézquita, por su orientación en la elaboración de la propuesta de trabajo final.

A todos los profesores de la Maestría en la enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, por su compromiso y dedicación en nuestra formación profesional.

A los estudiantes del ciclo V del Colegio Rural Pasquilla I.E.D. por participar activamente en las fases del diagnóstico y en la Prueba Piloto del Juego.

Resumen

La didáctica de las Ciencias Naturales es una de las principales preocupaciones a nivel pedagógico, especialmente en temas como el estudio y comprensión del proceso de la fotosíntesis, pues permite entender el origen y mantenimiento de la vida sobre la tierra, además de todas las interacciones que se establecen entre los organismos en un ecosistema. Este trabajo, desarrolla una estrategia metodológica basada en un juego de mesa "Viaje al reino de la fotosíntesis", que permite al estudiante interactuar con el conocimiento de una forma distinta a la tradicional, en la que el maestro desempeña su rol como guiador de la construcción de los conocimientos por parte de sus educandos. En primera instancia se realizó una investigación de los referentes epistemológico, disciplinares y pedagógicos que guiaron el desarrollo del trabajo y el diseño del juego de mesa. Es de anotar, que el objetivo fundamental de este trabajo de grado es el diseño y ejecución de la propuesta didáctica y su evaluación a nivel operativo, siendo la evaluación del impacto pedagógico del mismo tema de futuros trabajos.

Palabras clave: didáctica, fotosíntesis, juego.

Abstract

The teaching of natural sciences is a major concern to educational level, especially on issues such as the study and understanding of the process of photosynthesis, allowing understanding the origin and maintenance of life on earth, and all interactions established between organisms in an ecosystem. This paper develops a methodology based on a strategy board game " Journey to the Kingdom of photosynthesis " , which allows the student to interact with the knowledge of a traditional differently, in which the teacher plays his role as the guiding construction of knowledge by their students. An investigation of the epistemological, disciplinary and pedagogical references that guided the development of work and designed the board game was made in the first instance. Should be noted that the main objective of this work is the design level and implementation of the teaching proposal and evaluation at the operational level, being the evaluation of educational impact of the same subject for future work.

Key words: teaching, photosynthesis, game.

Contenido	Pág.
Resumen	V
Lista de figuras	VIII
Lista de tablas	IX
Introducción	1
1. Objetivos	4
1.1. Objetivo General	4
1.2. Objetivos Específicos.....	4
2. El contexto educativo	5
3. Antecedentes.....	7
4. Referentes conceptuales.....	9
4.1. Referentes pedagógicos.....	9
4.1.1. El Juego como actividad lúdica.....	9
4.1.2. Contribuciones del Juego al desarrollo integral	10
4.1.3. Los juegos de mesa o de tablero.....	10
4.1.4. El constructivismo y sus aportes en el terreno didáctico.....	11
4.1.5. Desarrollo cognitivo en la adolescencia.....	12
4.1.6. Estándares básicos de competencias en ciencias naturales	13
4.2. Referentes epistemológicos relacionados con el proceso de la fotosíntesis..	14
4.3. Referentes disciplinares.....	18
4.3.1. La luz tiene características de partícula y de onda.....	18
4.3.2. La fotosíntesis.....	19
4.3.3. Reacciones de transformación de energía.	21
4.3.4. Reacciones de fijación del carbono: El Ciclo de Calvin	25
5. Metodología	28
5.1. Evaluación diagnóstica.....	28
5.2. Determinación de los elementos conceptuales disciplinares.....	28

5.3. Diseño del juego de mesa	28
5.4. Prueba Piloto	29
6. Resultados	31
6.1. Evaluación Diagnóstica	31
6.1.1. Análisis de resultados instrumento diagnóstico	36
6.1.2. Conclusiones de resultados instrumento diagnóstico	37
6.2. Diseño y elaboración del juego de mesa “Viaje al reino de la fotosíntesis”	38
6.2.1. Tópicos generativos y metas de comprensión de los conceptos desarrollados en el juego	39
6.2.2. Diseño del tablero	40
6.2.3. Diseño del tablero de navegación	42
6.2.4. Instrucciones del juego	42
6.2.5. Punto de partida: El sol	43
6.2.6. Misión 1: El espectro electromagnético	45
6.2.7. Misión 2: Composición de la atmósfera terrestre	45
6.2.8. Misión 3: El reino de la fotosíntesis	46
6.2.9. Misión 4: La ecuación general de la fotosíntesis	50
6.3. Prueba piloto	51
7. Conclusiones y recomendaciones	56
Bibliografía	57
Anexo A: Instrumento Diagnóstico	60
Anexo B: Encuesta percepción prueba piloto	62

Lista de figuras

Figura 4. 1. Línea del tiempo de la fotosíntesis.....	17
Figura 4. 2: La luz es una onda electromagnética transversa.	18
Figura 4. 3: Espectro electromagnético.....	19
Figura 4. 4: Micrografía electrónica de transmisión de un cloroplasto de guisante.	20
Figura 4. 5: estructura de varios pigmentos fotosintéticos.	22
Figura 4. 6: Espectro de absorción de algunos pigmentos fotosintéticos.	22
Figura 4. 7: Concepto básico de transferencia de energía durante la fotosíntesis.	23
Figura 4. 8: Esquema en Z de la fotosíntesis.	24
Figura 4. 9: Transferencia de electrones y protones en la membrana del tilacoide.....	25
Figura 4. 10: Ciclo de Calvin.....	27
Figura 6. 1. Tablero juego fotosíntesis	41
Figura 6. 2. Tablero de Navegación.....	42
Figura 6. 3. Instrucciones del juego.....	43
Figura 6. 4. Punto de partida del juego.	44
Figura 6. 5. Cartas de penitencias espectro electromagnético.	44
Figura 6. 6. Misión 1: El espectro electromagnético.....	45
Figura 6. 7. Misión 2: Composición atmósfera terrestre.	46
Figura 6. 8. Misión 3: El reino de la fotosíntesis.	47
Figura 6. 9. Estación 2: El cloroplasto.	47
Figura 6. 10. Estación 3: Fotosistema II.....	48
Figura 6. 11. Estación 4: Fotosistema I.....	49
Figura 6. 12. Estación 5: ATP sintetasa.....	49
Figura 6. 13. Estación 6: Ciclo de Calvin.	50
Figura 6. 14. Misión 4: La ecuación general de la fotosíntesis.	51

Lista de tablas

Tabla 6. 1: Tabulación respuestas preguntas 1, 2, 3 y 4 del instrumento diagnóstico.	31
Tabla 6. 2: Tabulación respuestas a las preguntas 5, 6 y 7 del instrumento diagnóstico. ...	33
Tabla 6. 3: Tabulación respuestas a la pregunta 8 del instrumento diagnóstico.....	34
Tabla 6. 4: Tabulación de respuesta a la pregunta 9 del instrumento diagnóstico.	35
Tabla 6. 5: Tópicos generativos y metas de comprensión de las misiones.	39
Tabla 6. 6. Evidencias fotográficas aplicación juego.....	52

Introducción

El juego es un componente muy importante e indispensable en la vida diaria de todos los seres humanos y especialmente en los contextos educativos, pues permite al educando interactuar de forma distinta con el objeto de conocimiento y aprender de una forma amena y divertida. La función del juego en el proceso de enseñanza aprendizaje es de gran importancia, pues involucra por un lado la interacción con nuestros semejantes, enmarcada en un ambiente de retos y diversión, que promueve la amistad, el compañerismo y sobre todo la interacción social, tan olvidada en estos tiempos propios de las tecnologías de la información y la comunicación, en los que nuestros estudiantes se encuentran sumergidos en una cultura que promueve el individualismo y el aislamiento social y los individuos pierden ese contacto vital con sus semejantes, que es lo que nos caracteriza como especie sociable.

Esta propuesta didáctica basada en un juego de mesa tipo oca, desarrolla los conceptos de la fotosíntesis, la naturaleza de la luz y la composición de la atmósfera terrestre. Fue aplicada y evaluada a nivel operativo con un grupo de cinco estudiantes del ciclo V del colegio Rural Pasquilla ubicado en la localidad 19 (Ciudad Bolívar). Durante el juego, el estudiante realiza un recorrido desde el sol hasta llegar al planeta tierra e ingresar a la atmósfera terrestre de la cual obtiene moléculas de gas carbónico. Al ingresar a la hoja, traen consigo fotones que los utilizan junto con el agua para realizar un recorrido por los fotosistemas y así obtener moléculas ricas en energía. Finalmente ingresan al ciclo de Calvin en donde utilizan el gas carbónico junto con las moléculas energéticas para sintetizar moléculas de glucosa. Durante el recorrido, el jugador encuentra varias pistas que le proporcionan las ideas y conceptos necesarios para el desarrollo del juego.

El Proyecto Educativo Institucional (PEI) del colegio Rural Pasquilla, tiene como objetivo fundamental ser una alternativa para el desarrollo del sector Rural de Ciudad Bolívar. La institución cuenta con una finca en la que el estudiante realiza sus prácticas agropecuarias y aplica los conocimientos adquiridos en el aula y comparte con sus compañeros en un

ambiente distinto al aula de clase. Sin embargo, en la institución las prácticas educativas que dominan el quehacer docente, mantienen definitivamente un enfoque muy arraigado en el modelo pedagógico tradicional, en la que el docente es el dueño y transmisor del conocimiento y el papel del estudiante es de simple receptor de dicha información y el libro es el material didáctico por excelencia.

La institución educativa atiende a un sector marginal de la población con grandes necesidades sociales y económicas. Aproximadamente el 85% habita en la zona urbana y el 15% restante en la zona rural. Los educandos provienen de familias con bajo nivel de escolaridad, algunas desplazadas por la violencia con algún grado de disfuncionalidad, situaciones que promueven problemáticas dentro del ciclo como las peleas por factores emocionales, discriminación por diferencias sociales y de edades, así como el consumo de sustancias psicoactivas. Los estudiantes que hacen parte del ciclo V están incluidos en un rango de edad entre los 14 y 16 años y pertenecen a estratos 0, 1 y 2 con un alto grado de vulnerabilidad social.

Dentro de sus procesos de aprendizaje no tienen hábitos de estudio, sus intereses académicos son dispersos y requieren de un gran esfuerzo para asimilar conceptos, lo cual se refleja en un bajo rendimiento académico. Sin embargo, también se presentan grandes potencialidades del ciclo pues se presentan valores como la creatividad, la imaginación y curiosidad hacia el mundo, su sentido de camaradería y gusto por estar en el colegio desde el imaginario de un espacio propio, en el que pueden desde su saber, realizar sus sueños, sus gustos y sentires.

Por lo tanto, es imprescindible que los estudiantes desarrollen habilidades y se apropien de conocimientos relacionados con el sector rural. La fotosíntesis, es uno de los pilares en los que descansan todos los procesos biológicos y de las ciencias agropecuarias, que le permite al educando elaborar una visión holística de los procesos que mantienen la vida en la tierra y entender la fisiología de las plantas, así como de los procesos agrícolas y ecológicos. Así mismo, le proporciona las herramientas conceptuales necesarias para interactuar con su entorno de tal forma que le lleve a tomar acciones directas en beneficio de su calidad de vida y del entorno al cual pertenece, promoviendo un cambio en sus relaciones con el ambiente y más específicamente con el manejo de los recursos naturales.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Diseñar una estrategia lúdica basada en un juego de mesa, para la enseñanza del proceso de la fotosíntesis, dirigida a los estudiantes del ciclo V del Colegio Rural Pasquilla I. E. D.

1.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico de los preconceptos que poseen los estudiantes del ciclo V acerca de la fotosíntesis.
- Determinar los conceptos disciplinares básicos sobre la fotosíntesis, así como de su desarrollo histórico-epistemológico que servirán como insumo para el diseño del juego.
- Establecer la estructura y forma final del juego teniendo en cuenta los preconceptos de los estudiantes, los conceptos disciplinares básicos y la evolución del concepto fotosíntesis.
- Realizar una prueba piloto, que permita revisar la parte operativa del juego.

Nota: La prueba piloto pretendió revisar la parte operativa del juego, pero no es una aplicación formal de la propuesta didáctica. Esta evaluación formal será tema de posteriores investigaciones.

2. El contexto educativo

El Colegio Rural Pasquilla I. E. D., está ubicado en la zona rural de Ciudad Bolívar (localidad 19) en el km 5 vía Olarte, en la unidad de planeamiento zonal (UPZ) el Mochuelo. Se llega a la institución por la vía a Pasquilla, después de un recorrido de 40 minutos desde el perímetro urbano, pasando por los barrios San Joaquín, Mochuelo Bajo y Mochuelo Alto, pertenecientes a estratos 0, 1 y 2, con altos índices de delincuencia y problemáticas sociales. Además, se transita por el sector de las ladrilleras y el botadero de Doña Juana, que generan una alta contaminación ambiental por material particulado y del manejo de los residuos sólidos en el botadero.

La zona rural en la que se encuentra ubicada la institución, es dominada por la actividad agropecuaria con cultivos de papa principalmente (80%) y arveja, zanahoria, habas y fresas en menor proporción (20%), lo que ha causado una deforestación de los bosques nativos, quedando algunos relictos de bosques que pueden representar un 15% del territorio total. Además, la ganadería es otra actividad económica muy importante.

El colegio posee cuatro sedes (sede A, sede B, Pasquillita y Santa Bárbara) y además cuenta con la finca “El Rubi” en la cual los estudiantes realizan sus prácticas agropecuarias. Los egresados obtienen el título de Técnico en producción agropecuaria, pues se cuenta con la modalidad de media fortalecida con el SENA. En la sede A de la jornada de la mañana se atiende a un total de 596 estudiantes desde preescolar hasta grado once.

Desde su Proyecto Educativo Institucional (P.E.I.) “Una alternativa para el desarrollo del sector Rural de Ciudad Bolívar”, la institución educativa atiende a un sector marginal de la población con grandes necesidades sociales y económicas que pertenecen a estratos 0, 1 y 2, habitantes de ciudad bolívar. A pesar de estar ubicado en zona rural, la población estudiantil proviene de la zona urbana (aproximadamente el 85%) y la población rural es minoría, con un 15% aproximadamente.

Los educandos provienen de familias con bajo nivel de escolaridad (30% con bachillerato completo y 70% con primaria completa). Según la estructura de la familia, el 60% son dirigidas por madres cabeza de familia (60%), el 30% son familias reconstituidas (viven con padrastro o madrastra) y el 10% son familias nucleares en las cuales suelen vivir además con abuelos y/o tíos. Los padres se desempeñan laboralmente como empleados en oficios varios (conductores y operarios) o como independientes en economía informal (ventas ambulantes entre otras).

Por lo general, en contra-jornada los estudiantes están solos la mayor parte del tiempo; algunos almuerzan en comedores comunitarios, otros en sus casas cuando sus padres dejan el almuerzo preparado y otros no almuerzan, situaciones que devienen en un bajo nivel nutricional con sus correspondientes efectos académicos.

3. Antecedentes

Desde el punto de vista pedagógico, diversos autores han elaborado propuestas para la enseñanza de la fotosíntesis que proponen diferentes didácticas que a continuación relaciono:

Paula Domínguez - Grilo (2004), estudia la evolución de las ideas alternativas de un grupo de alumnos portugueses de secundaria sobre fotosíntesis y respiración celular. En este artículo se detectan algunas ideas alternativas y se analiza su evolución a lo largo de la enseñanza. Dichas ideas constituyen un aspecto importante que condiciona todo el aprendizaje. Su detección y análisis pueden contribuir decisivamente a una reestructuración cognitiva que conduzca a un aprendizaje significativo.

Marcela Daniele y colaboradores (2005), presentan una propuesta para el desarrollo de un software educativo como herramienta de enseñanza de la fotosíntesis, para facilitar la enseñanza y comprensión de temas básicos relevantes de las ciencias biológicas, que por su alto nivel de abstracción resultan de difícil comprensión para el alumnado.

María Charrier y colaboradores (2006), realizan una revisión bibliográfica de los trabajos publicados desde los años ochenta en relación con las concepciones alternativas de dos conceptos: fotosíntesis y respiración. También analizan los orígenes de estas concepciones, así como nuevas propuestas metodológicas para la enseñanza de ambos procesos tendientes a prevenir la aparición de nuevos errores conceptuales.

Jorge Sáenz (2012), escribe su trabajo final para obtener el título de Magister en la Enseñanza de la Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá), en el que pretende reconocer las ideas previas, preconceptos o representaciones que tienen de ella quienes cursan los ciclos III (grado 7°) y IV (grado 9°) de educación Básica y una vez establecidas y analizadas las ideas o representaciones y estudiada su relación con el proceso histórico de construcción de este concepto, procede a formular una unidad didáctica utilizando las analogías como recurso principal.

En otras disciplinas como la química, se han elaborado propuestas que emplean el juego como herramienta principal de enseñanza. Es el caso de Marisela Díaz (2009) en su trabajo de grado para Magister “La estrategia Lúdica para la enseñanza de la química” de la Universidad de Zulia (Venezuela), y la “Propuesta metodológica para la enseñanza – aprendizaje de la nomenclatura inorgánica en el grado décimo empleando la lúdica” escrita por Sandra Liliana Cardona (2012), para obtener el título de Magister en la Enseñanza de la Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (sede Manizales).

4. Referentes conceptuales

4.1. Referentes pedagógicos

4.1.1. El Juego como actividad lúdica

El juego es una de las actividades más importantes para los seres humanos en su vida cotidiana, pues es empleado desde la infancia y es aplicado a varios contextos para aprender, divertirse, entretenerse y adquirir o desarrollar destrezas entre otros. Se debe entender el juego como actividad lúdica, fuente de placer, diversión y alegría, que por lo general es exaltada por quien la realiza (Palacino, 2007). El juego para Cardona (2012) toma un carácter especial en el desarrollo de los niños y niñas, pues a través de él se adquieren nuevos conocimientos y se refuerzan los ya existentes, para después ser empleados en diferentes situaciones de la vida.

Sin embargo, para Palacios (2005), el juego es en realidad un asunto serio en la educación para la ciencia. Lleva al desarrollo de habilidades para la observación, la experimentación y la comprobación de ideas. Así mismo, Palacino (2007) afirma que el juego es un medio para la creación de hábitos que den a los estudiantes las herramientas para vivir en una comunidad científica y tecnológica en la cual se siguen reglas, normas, libertad, autonomía y responsabilidad en los espacios de convivencia que se crean con los demás.

En este sentido, Díaz (2009), afirma que en la enseñanza se intenta sacar el máximo provecho a los elementos lúdicos para favorecer un mejor aprendizaje. Es decir, que desde el punto de vista de la didáctica, el juego tiene una finalidad: busca el aprendizaje. Para que un juego cumpla con el objetivo de enseñar, debe estar estructurado y planificado, tener propósitos que sirvan para adquirir conceptos y desarrollar procedimientos, además de establecer los mecanismos de evaluación pertinentes, tanto para el proceso de enseñanza como para el de aprendizaje

4.1.2. Contribuciones del Juego al desarrollo integral

Además de divertir y contribuir a la construcción de conocimiento, el juego según Garaigordobil (1995), contribuye de forma relevante al desarrollo integral del niño y se ha comprobado que desempeña un papel importante en el desarrollo intelectual, ya que a través de las variadas actividades lúdicas que realiza el niño a lo largo de su infancia, crea y desarrolla estructuras mentales, que posibilitan una vía de desarrollo del pensamiento abstracto, siendo un estímulo para la atención y la memoria.

Así mismo, afirma la autora que en lo referente al desarrollo social, también es un hecho confirmado que las actividades lúdicas son un instrumento relevante de comunicación y socialización. Además, en el juego las personas interactúan con otros compañeros, lo que les permite ampliar sus formas de comunicación, desarrollar su capacidad de cooperación y sus habilidades sociales.

De otro lado, el juego promueve el equilibrio psíquico y la salud mental, pues es una fuente de placer que estimula la alegría de vivir, además de una vía de liberación de la ansiedad que se deriva de fuentes externas e internas (Garaigordobil, 1995).

Los niños interactuando en un ambiente lúdico, mantienen comunicaciones más eficaces, verbalizan más ideas, aceptan más las ideas de los otros, mostrando más coordinación, esfuerzo y productividad cuando realizan una tarea y favorece el establecimiento de relaciones más positivas entre los compañeros. Además, un ambiente lúdico mejora el clima del aula y las relaciones interpersonales en el seno del grupo, posibilitando el marco más idóneo para el desarrollo de unas adecuadas habilidades sociales (Garaigordobil, 1995).

4.1.3. Los juegos de mesa o de tablero

En el juego se simboliza la realidad, se le simplifica y se le maneja. La mayoría de los juegos de tablero son de origen antiguo, y de ahí parte la columna vertebral de los que conocemos actualmente, como el juego de la oca, el parques, tío rico, ajedrez, etc. (García & Torrijos, 2002)

Según este mismo autor, existen muchos criterios de clasificación considerando el material con el que se juega como el tablero, las fichas, las piezas, los dados, las tarjetas, las barajas, incluso la naturaleza del juego:

- Juegos de estrategia: la palabra estrategia se define como el arte de dirigir las operaciones militares o el arte para conducir un asunto o cualquier acción planificada previamente y llevada a cabo con el fin de conseguir objetivos, como ejemplo el ajedrez.
- Juegos de intercambio: las fichas parten de posiciones enfrentadas y cada jugador lleva sus fichas al lado opuesto y las coloca en los lugares donde ocupaba los lugares el adversario (damas chinas).
- Juegos de fichas: se han encontrado en china –que datan de 1120 d.C.- se tallaban en hueso o marfil y se decoraban con ébano, como en el caso del dominó chino.
- Juegos de posición: se caracterizan por tener como objetivo llegar a una determinada posición de las piezas.
- Juegos de captura: son los que tienen como objetivo capturar las fichas del jugador contrario.
- Juegos de rol: se toman obras literarias o películas como eje principal de la aventura. Se juega entre cinco o seis personas, uno de ellas es el director de juego, que se encarga de proponer una historia y una misión a los demás jugadores.
- Juegos tipo oca: el juego de la oca nació en Florencia hacia finales del siglo XVI. Modelo de todos los juegos de recorrido, ha dado lugar, como la loto, a múltiples variaciones temáticas y ha inspirado numerosos juegos de marca. Por turnos los jugadores lanzan los dados y avanzan su ficha un número de casillas igual a la cifra obtenida.

4.1.4. El constructivismo y sus aportes en el terreno didáctico.

Esta propuesta didáctica está orientada pedagógicamente desde el constructivismo, representado principalmente por Jean Piaget, Lev Vygotsky y David Ausubel. Cada uno desde su punto de vista afirma que el desarrollo de la inteligencia se construye a partir de los conocimientos previos y la relación que tienen estos con el medio que lo rodea, manifiestan la importancia que tiene el estudiante en la construcción de su propio conocimiento, de manera que a través de la manipulación y de las relaciones que tiene con su entorno sea él mismo quien facilite el proceso de aprendizaje, con el acompañamiento continuo del docente como mediador. Así, la teoría sobre aprendizaje significativo se describe como el proceso a través del cual un nuevo conocimiento se relaciona con la

estructura cognitiva de la persona que aprende; posteriormente estos son asimilados, y son modificados o reforzados los conocimientos previos que tiene esta persona (Cardona, 2012).

De otro lado, De Zubiría (2001) afirma que el principal problema de la escuela tradicional está centrado en el papel pasivo que le asigna la escuela al alumno. Lo didáctico adquiere así una enorme predominancia en la reflexión pedagógica constructivista actual, tratándose en esencia de modificar la didáctica de manera que el profesor adopte procedimientos pedagógicos que lleven al niño a descubrir o inventar por sí mismo el conocimiento.

De esta forma el estudiante está en capacidad de integrar los nuevos conceptos o ideas en la estructura cognitiva y, a través de la interacción con los conceptos ya existentes en ella, adquieren significado y son asimilados. Vásquez (2012) afirma que el aprendizaje significativo se caracteriza por la interacción entre el nuevo conocimiento y el conocimiento previo. En este proceso que es no literal y no arbitrario, el nuevo conocimiento adquiere significados para el aprendiz y el conocimiento previo queda más rico, más diferenciado, más elaborado en relación con los significados ya presentes y, sobre todo, más estable.

4.1.5. Desarrollo cognitivo en la adolescencia

Los adolescentes no solo se ven diferentes de los niños menores; también piensan y hablan en forma diferente. Su velocidad de procesamiento de información continúa en aumento, aunque no de manera tan espectacular como en la tercera infancia. Aunque es posible que su pensamiento siga siendo inmaduro en algunos sentidos, muchos adolescentes tienen la capacidad de razonamiento abstracto y de sofisticados juicios morales. (Papalia, Wendkos, & Duskin, 2009)

Los adolescentes entran en lo que Piaget consideraba como el más alto nivel del desarrollo cognitivo (las operaciones formales) cuando desarrollan la capacidad de pensamiento abstracto. Este desarrollo, que en general ocurre aproximadamente a los 11 años de edad, proporciona una manera nueva y más flexible de manipular la información. Al no estar limitados al aquí y ahora, los jóvenes pueden comprender el tiempo histórico y el espacio extraterreno. Pueden imaginar posibilidades y someter a prueba las hipótesis. (Papalia, Wendkos, & Duskin, 2009)

En esta etapa los adolescentes “pueden desarrollar una hipótesis y diseñar un experimento para someterla a prueba. Considera todas las hipótesis que puede imaginar y las examina

de una en una para eliminar aquellas que son falsas y llegar a la verdadera. Este tipo de razonamiento le da una herramienta para resolver problemas”. (Papalia, Wendkos, & Duskin, 2009).

Los cambios en la manera en que los adolescentes procesan la información reflejan la maduración de los lóbulos frontales del cerebro y pueden explicar los avances cognitivos que describió Piaget. Los investigadores han identificado dos categorías:

- Cambio estructural: pueden incluir aumento en la capacidad de procesamiento de información e incremento en la cantidad de conocimiento almacenado en la memoria a largo plazo. La expansión de la memoria de trabajo permite que los adolescentes mayores lidien con problemas o decisiones complejas.
- Cambio funcional: Los procesos para obtener, manejar y retener información son aspectos funcionales de la cognición. Entre los más importantes están en el incremento continuo en velocidad de procesamiento y un desarrollo adicional de la función ejecutiva, que incluye habilidades tales como la atención selectiva, toma de decisiones, control inhibitorio de las respuestas impulsivas y manejo de la memoria de trabajo. (Papalia, Wendkos, & Duskin, 2009)

4.1.6. Estándares básicos de competencias en ciencias naturales

Los estándares en ciencias buscan que los estudiantes desarrollen las habilidades científicas y las actitudes requeridas para explorar fenómenos y para resolver problemas (M.E.N., 2004). Allí, se establecen criterios claros y públicos que permiten conocer lo que deben aprender nuestros niños, niñas y jóvenes, y establecen el punto de referencia de lo que están en capacidad de *saber* y *saber hacer*, en cada una de las áreas y niveles (M.E.N., 2004). Así, se establece que al finalizar el grado décimo y undécimo los estudiantes estarán en la capacidad de explicar la diversidad biológica como consecuencia de cambios ambientales, genéticos y de relaciones dinámicas dentro de los ecosistemas (M.E.N., 2004).

Frente al manejo de conocimientos del entorno vivo (procesos biológicos) se pretende que:

- Explique las relaciones entre materia y energía en las cadenas alimentarias.

- Argumente la importancia de la fotosíntesis como un proceso de conversión de energía necesaria para organismos aerobios.

4.2. Referentes epistemológicos relacionados con el proceso de la fotosíntesis.

Son diversos los eventos históricos que han permitido la evolución y el conocimiento actual sobre la fotosíntesis, que se describen a continuación.

Antes de la época de Aristóteles, Teophrasto (372-287 A de C), efectuó ensayos en nutrición vegetal y Dioscórides llevo a cabo investigaciones en botánica en el siglo I A. C. (Quintanilla, Daza, & Merino, 2010). Hipócrates y Aristóteles, desarrollan la teoría del humus para explicar la nutrición vegetal. Estableciendo una analogía entre la alimentación animal y las plantas, asumiendo que las raíces serían las bocas por donde ingresan los alimentos que proceden del suelo y que esos alimentos serían los humus o restos orgánicos que se acumulan en la superficie (Quintanilla, Daza, & Merino, 2010) Aristóteles reconoce la posibilidad de que la luz intervenga en el desarrollo del color verde de las plantas (Orozco de Amézquita, 2014).

En la edad moderna a mediados del siglo XVII, los trabajos desarrollados por Van Helmont concluyen que las plantas solo se sostienen con agua, sin necesitar otros elementos del suelo. Cultivó una planta en un recipiente y comprobó que la tierra perdía mucho menos peso que lo que se incorporaba en la planta. Pensó que el aumento de peso se debía al agua que había que añadirle a la tierra durante todo el crecimiento de la planta y dedujo, por lo tanto, que la masa de la planta procedía solamente del agua. (Universidad de Salamanca, España, 2014)

En 1727, Stephen Hales, propone que parte del nutrimento de las planta proviene de la atmósfera y que la luz participa de alguna manera en el proceso. (Salisbury & Ross, 1994) Reconoció que una parte del aire contribuía a alimentar a la planta diciendo que el Creador

había puesto al aire para que respiraran los animales así como también las plantas. Se rompía así con la tesis de Aristóteles que proponía que las plantas se alimentaban exclusivamente del humus que contiene la tierra. (Universidad de Salamanca, España, 2014)

El químico inglés Joseph Priestly sugiere la participación del oxígeno en el proceso, quien demostrará que en el aire había un elemento, que llamaría aire deflogisticado y posteriormente Lavoisier oxígeno. Priestley pudo demostrar que una planta restauraba el aire empobrecido por arder una vela en él. De acuerdo con sus observaciones dijo que ello hace que cualquier planta, por minúscula y olvidada que se encuentre en un rincón de nuestro planeta contribuye a limpiar y purificar nuestra atmósfera. (Universidad de Salamanca, España, 2014)

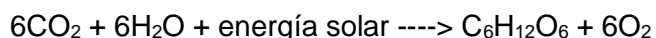
Un médico de la corte de la emperatriz de Austria María Teresa, el holandés Jan Higenhousz, en unas vacaciones en Inglaterra repite los experimentos de Priestley y con otros ensayos que realiza, concluye que las plantas "vician" el aire (producción de CO_2) tanto en la luz como en la oscuridad, al igual que los animales. Reconoce que al iluminar las plantas con la luz del sol, la liberación del aire "deflogisticado" excede al que se consume. Demuestra que para el desprendimiento fotosintético de O_2 se necesita luz solar y que este fenómeno sólo ocurre en las partes verdes de las plantas. De manera sorprendente para nosotros recomendó sacar las plantas de las casas durante la noche para evitar que sus ocupantes se intoxicaran (Orozco de Amézquita, 2014).

Por ese mismo tiempo el pastor suizo Jean Senebier publicó en Ginebra un tratado sobre la influencia de la luz solar para modificar los seres de tres reinos, sobre todo del vegetal. Hizo esencialmente la misma observación que Hignehousz, pero añadió que la actividad de restauración del aire por las plantas dependía de la presencia de "aire fijado" que es como se denominaba entonces al dióxido de carbono. (Universidad de Salamanca, España, 2014)

En la edad contemporánea, Nicholas Theodore de Saussure publicó al iniciarse el siglo XIX que el peso de la materia orgánica y el oxígeno producido por las plantas era mayor que el del aire "fijado" (consumo de CO_2). Como a las plantas se incorporaba aire y agua, concluyó que este último era el reactivo que hacía falta. Establece que para la producción de azúcar en las plantas se necesita agua. También se dio cuenta que durante la fotosíntesis se intercambiaban volúmenes más o menos iguales de CO_2 y O_2 (Orozco de Amézquita, 2014).

El del médico alemán Julius Robert Mayer, demostró en 1842 la función de la fotosíntesis en la cadena de las transformaciones energéticas que ocurren en la tierra refiriéndose por primera vez a la importancia de las plantas verdes en el ciclo completo de la materia y energía.

En 1865 Julius Von Sachs, demostró que en el proceso de fotosíntesis se formaban compuestos de carbono (hidratos de carbono). Para ello cubrió la mitad de una hoja y la otra la dejó expuesta a la luz. Luego de algunas horas expuso a vapores de yodo toda la hoja y observó que la mitad iluminada se tornaba de color violeta oscuro, lo que se sabía, se debía a la presencia de almidón y a su reacción con el yodo. A este autor le debemos la ecuación clásica de la fotosíntesis:



En 1904 Blackman, confirmó que la fotosíntesis tiene un paso dependiente de la luz e independiente de la temperatura y un paso independiente de la luz y dependiente de la temperatura. Lo que permitió reconocer una fase de la fotosíntesis denominada lumínica y otra oscura o enzimática (Orozco de Amézquita, 2014).

Un paso trascendental en el desarrollo de la fotosíntesis fue la formulación que hizo van Niel en 1929 que consideraba que se trataba de un proceso redox en el que se produce la reducción de CO_2 y la oxidación de H_2O . Esta propuesta permite escribir la ecuación de la fotosíntesis en los términos reales, tal como se acepta hoy día. (Universidad de Salamanca, España, 2014)

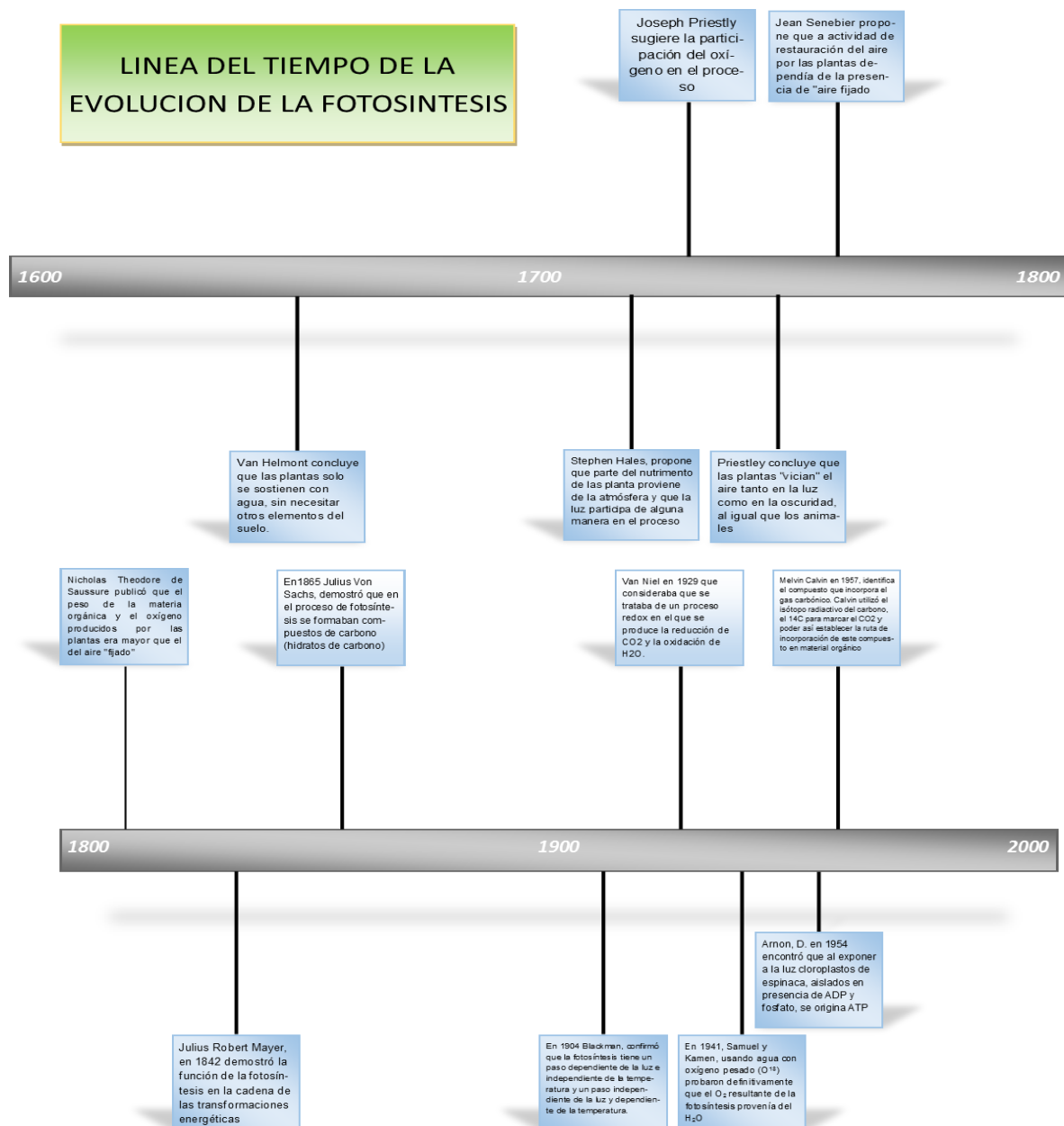
En 1941, Samuel y Kamen, usando agua con oxígeno pesado (O^{18}) probaron definitivamente que el O_2 resultante de la fotosíntesis provenía del H_2O .

Melvin Calvin en 1957, identifica el compuesto que incorpora el gas carbónico. (Curtis y Barnes, 2001). Calvin utilizó el isótopo radiactivo del carbono, el ^{14}C para marcar el CO_2 y poder así establecer la ruta de incorporación de este compuesto en material orgánico. (Universidad de Salamanca, España, 2014)

Arnon, D. (1954) encontró que al exponer a la luz cloroplastos de espinaca, aislados en presencia de ADP y fosfato, se origina ATP. A partir de sus experimentos se concluye que la formación de ATP es el mecanismo principal a través del cual la energía lumínica es absorbida por la clorofila y los pigmentos auxiliares. Se conserva la energía lumínica como energía química en los enlaces de alta energía del ATP. Este evento recibió el nombre de fotofosforilación fotosintética.

Arnon, D., y sus colaboradores (1957) aislaron una proteína de cloroplastos de espinacas que al añadirse a bajas concentraciones de granas, cataliza la fotoreducción de NADP^+ , y reduce menos el NAD^+ , también evidenciaron experimentalmente el acoplamiento entre fotofosforilación y fotoreducción del NADP^+ . En este caso y a diferencia de la fotofosforilación cíclica la formación de ATP está acoplada a la transferencia de electrones inducida por la luz desde el agua al NADP^+ y a una liberación de oxígeno (Orozco de Amézquita, 2014).

Figura 4. 1. Línea del tiempo de la fotosíntesis.



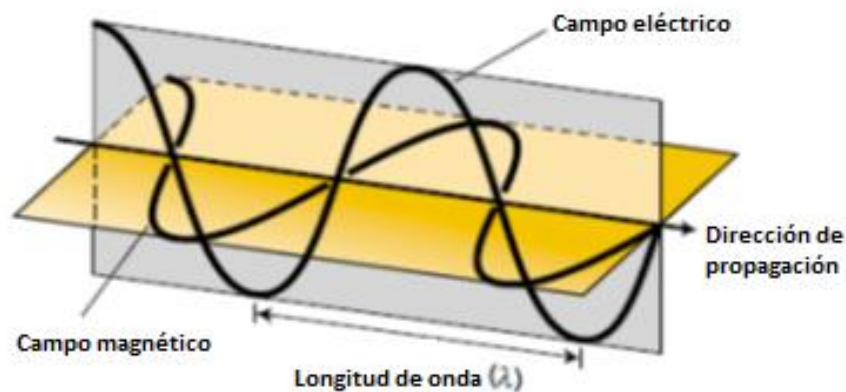
4.3. Referentes disciplinares

4.3.1. La luz tiene características de partícula y de onda.

La luz puede ser concebida como onda o como partícula (naturaleza dual). Como partícula, podemos concebirla como una lluvia de fotones de frecuencias diferentes. Un fotón contiene cierta cantidad de energía que se conocemos como quantum. La energía (E) de un fotón depende de la frecuencia de la onda electromagnética.

Como onda, la luz cumple con la fórmula $c = \lambda \nu$, donde c es la velocidad de la luz (3.0×10^8 m s⁻¹), λ es la longitud de onda que es la distancia entre las crestas y ν la frecuencia, que son el número de crestas que pasan frente a un observador en un tiempo dado. (Figura 4.2).

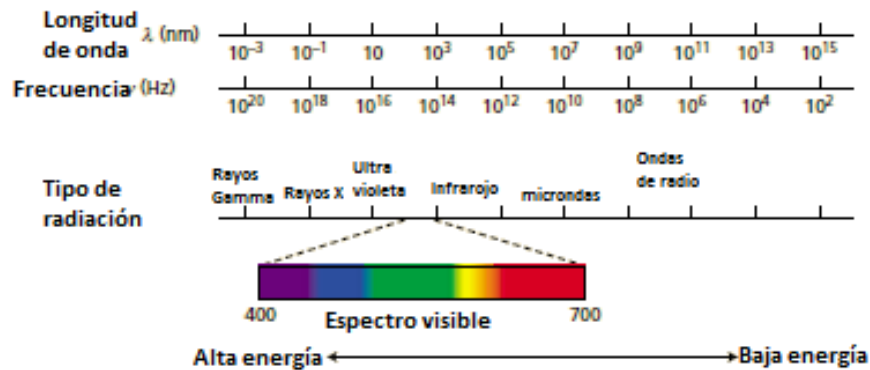
Figura 4. 2: La luz es una onda electromagnética transversa.



(Tomada de: Plant Physiology, Taiz & Zeiger, 2006)

Nuestros ojos son sensibles a sólo un rango estrecho de longitudes de onda de radiación, la región visible que se extiende de aproximadamente 400 nm (la violeta) a aproximadamente 700 nm (rojo). (Figura 4.3).

Figura 4. 3: Espectro electromagnético.



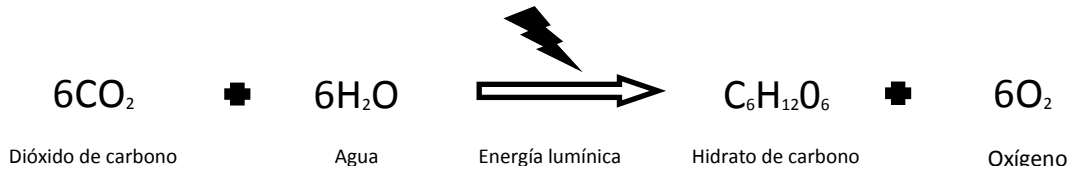
(Tomada de: Plant Physiology, Taiz & Zeiger, 2006)

La luz de frecuencia ligeramente superior (o las longitudes de onda más cortas) está en la región ultravioleta del espectro, y luz de frecuencias ligeramente más bajas (o las longitudes de onda más largas) está en la región infrarroja (Taiz & Zeiger, 2006).

La longitud de onda y la frecuencia están inversamente relacionadas. La longitud de onda corta (de alta frecuencia) tiene una energía alta y la longitud de onda larga (de baja frecuencia) tiene una baja energía.

4.3.2. La fotosíntesis.

La vida en la tierra depende en última instancia de la energía derivada del sol, siendo la fotosíntesis el único proceso que puede cosechar esta energía. El término fotosíntesis significa literalmente "síntesis que usa luz." Los organismos fotosintéticos usan la energía solar para sintetizar compuestos de carbono, más específicamente, la utilizan para la síntesis de hidratos de carbono a partir de dióxido de carbono y agua, con la generación adicional de oxígeno:

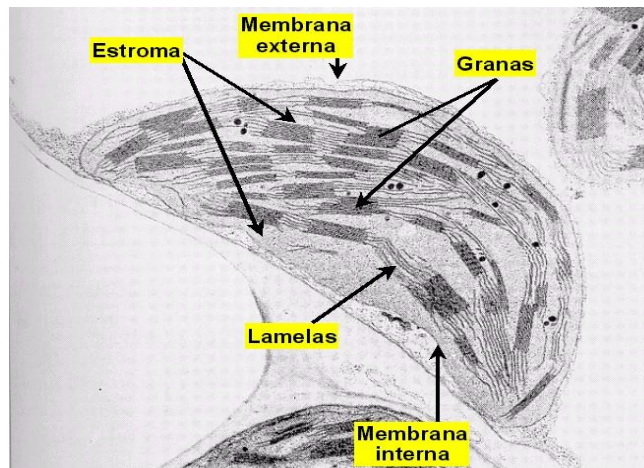


La energía guardada en estas moléculas se usa después para impulsar procesos energéticos en las células de la planta. Además, es la fuente de materia y energía para casi todas las formas de vida sobre la tierra, puesto que las plantas son la base de la inmensa mayoría de las cadenas alimenticias (Taiz & Zeiger, 2006).

El tejido fotosintético más activo en las plantas superiores es el mesófilo de hojas. Las células de mesófilo tienen muchos cloroplastos que contienen los pigmentos verdes especializados en absorber la luz (clorofilas a y b), además de carotenos. Las clorofilas a y b son abundantes en las plantas verdes, y las clorofilas c y d son encontradas en algunos protistas y cianobacterias. Los diferentes tipos de carotenoides encontrados en organismos fotosintéticos son todas moléculas lineales con dobles enlaces múltiples conjugados. En la fotosíntesis, la planta usa la energía solar para oxidar el agua, liberando oxígeno, y para reducir el dióxido de carbono, formando compuestos de carbono, principalmente azúcares. (Taiz & Zeiger, 2006).

En los eucariotas fotosintéticos, la fotosíntesis toma lugar en el organelo subcelular conocido como cloroplasto. La fig. 4.4 muestra una micrografía electrónica de transmisión una delgada sección de un cloroplasto de guisante.

Figura 4. 4: Micrografía electrónica de transmisión de un cloroplasto de guisante.



(Tomada de: Plant Physiology, Taiz & Zeiger, 2006)

Externamente el cloroplasto está rodeado por una doble membrana que lo separa del citoplasma. Internamente presenta un sistema de membranas conocidas como tilacoides.

Las reacciones de reducción del carbono, las cuales son catalizadas por enzimas solubles en agua, toman lugar en el estroma, la región del cloroplasto fuera de los tilacoides. Muchos de los tilacoides parecen estar muy estrechamente asociados con los demás. Estas membranas apiladas son conocidas como grana.

La fotosíntesis ocurre globalmente en dos etapas:

- Reacciones de transformación de energía
- Reacciones de fijación del carbono: El Ciclo de Calvin

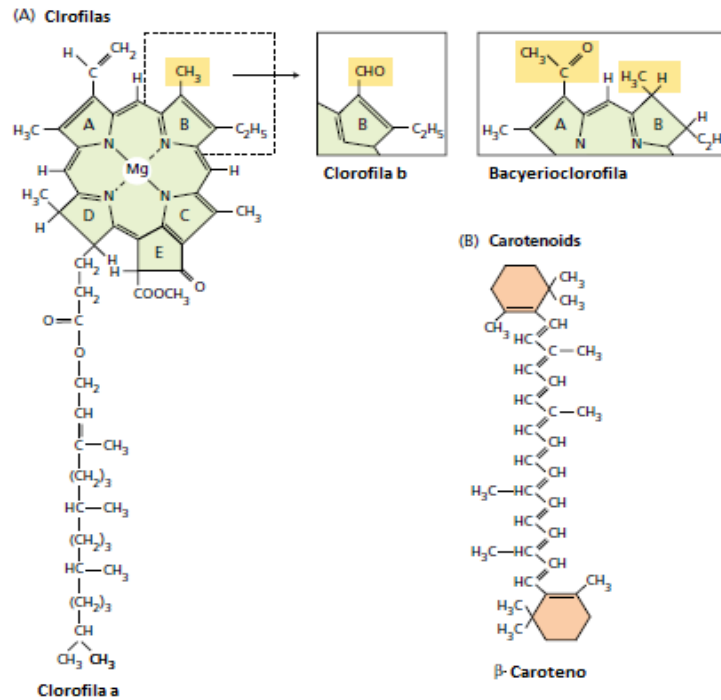
4.3.3. Reacciones de transformación de energía.

La energía de la luz del sol es absorbida por los pigmentos fotosintéticos de la planta que se encuentran en los cloroplastos, y cuyas estructuras y espectros de absorción se muestran en las Figuras 4.5 y 4.6 respectivamente. Las clorofilas son los pigmentos típicos de los organismos fotosintéticos, pero adicionalmente los organismos contienen pigmentos accesorios adicionales que complementan el espectro de absorción.

Las clorofilas son moléculas complejas conformadas por una "cabeza" hidrofílica y por una "cola" hidrocarbonada e hidrofóbica que ayuda a anclar al pigmento a la porción hidrófoba de su entorno.

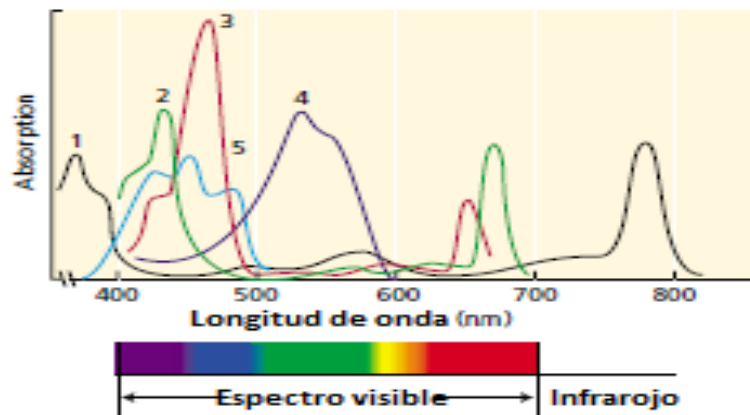
Los diferentes tipos de carotenoides encontrados en los organismos fotosintéticos son moléculas lineales con múltiples enlaces conjugados dobles, que absorben la luz en la región de 400 a 500 nm; la luz que reflejan les da un color anaranjado característico (por ejemplo, el color de las zanahorias es debido al β caroteno). Se encuentran carotenoides en todos los organismos fotosintéticos. (Taiz & Zeiger, 2006). La luz absorbida por el carotenoides se transfiere a la clorofila para la fotosíntesis; debido a este papel son llamados pigmentos accesorios.

Figura 4. 5: estructura de varios pigmentos fotosintéticos.



(Tomada de: Plant Physiology, Taiz & Zeiger, 2006)

Figura 4. 6: Espectro de absorción de algunos pigmentos fotosintéticos.



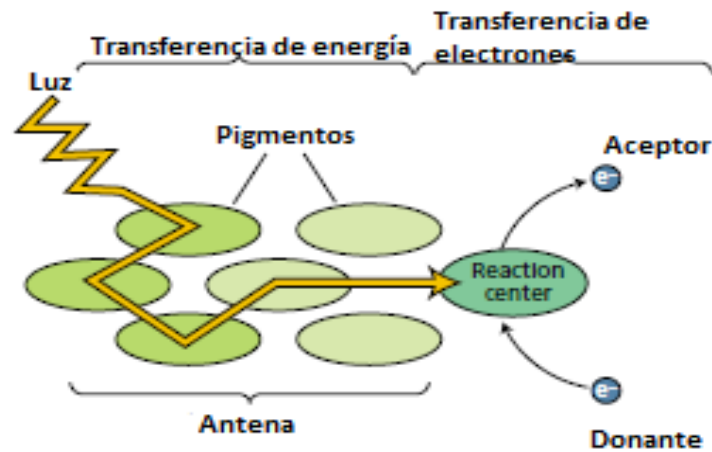
Curva 1, bacterioclorigofila a; curva 2, clorigofila a; curva 3, clorigofila b; curva 4, ficoerytrotilin; curva 5, β caroteno.

(Tomada de: Plant Physiology, Taiz & Zeiger, 2006)

La energía lumínica absorbida por las clorofilas y los carotenoides, debe almacenarse como energía química mediante la formación de enlaces de alta energía. Esta conversión de una forma a otra de energía, lumínica a química, es un proceso complejo que depende de la cooperación entre muchos pigmentos y un grupo de proteínas transportadoras de electrones.

Los sistemas de antena funcionan para entregar energía de manera eficiente a los centros de reacción con las que están asociados. La mayoría de los pigmentos sirven como una antena que colecta la luz y la transfiriere hacia el centro de reacción, donde las reacciones de oxidación y reducción conducen al almacenamiento de la energía. (Figura 4.7).

Figura 4. 7: Concepto básico de transferencia de energía durante la fotosíntesis.



(Tomada de: Plant Physiology, Taiz & Zeiger, 2006)

El mecanismo físico por el cual la energía de excitación se transporta desde la clorofila que absorbe la luz para el centro de reacción se piensa que es la transferencia de resonancia. Por este mecanismo, la energía de excitación es transferida desde una molécula a otra por un proceso no radiante. La transferencia de energía en los complejos de la antena es muy eficiente: aproximadamente 95 a 99% de los fotones absorbidos por los pigmentos de antena transfieren su energía al centro de reacción.

Casi todos los procesos químicos que componen las reacciones de transformación de energía de la fotosíntesis son realizadas por cuatro grandes complejos de proteínas: fotosistema II, el complejo citocromo b_6f , el fotosistema I, y la ATP sintetasa.

Inicialmente, los fotones excitan la clorofila especializada de los centros de reacción (P680 para PSII, y P700 para PSI), y un electrón con alta energía es expulsado. El electrón a continuación, pasa a través de una serie de transportadores de electrones y eventualmente reduce P700 (para los electrones de PSII) o NADP^+ (para los electrones de PSI) (Taiz & Zeiger, 2006).

El primer donador de electrones de esta cadena es el H_2O que se oxida en el lumen, y el último aceptor es el NAD^+ que se reduce en el estroma cercano al tilacoide. De este modo, esta cadena da lugar a un flujo electrónico lineal desde H_2O a NADP^+ , hasta transformarlas en O_2 y NADPH (Figura 4.8). Estequiométricamente la reacción se puede escribir como:

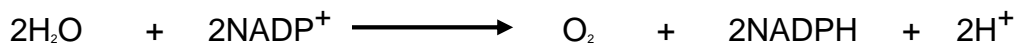
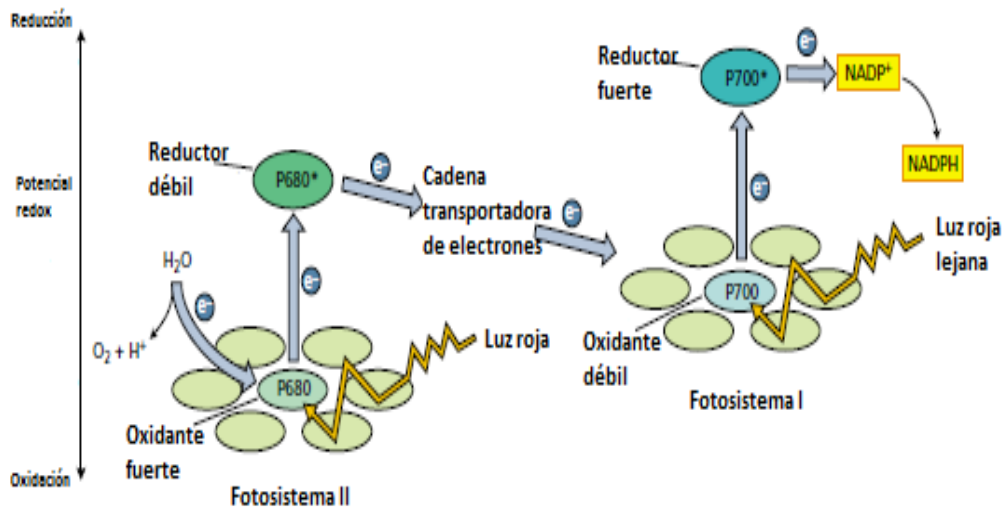


Figura 4. 8: Esquema en Z de la fotosíntesis.

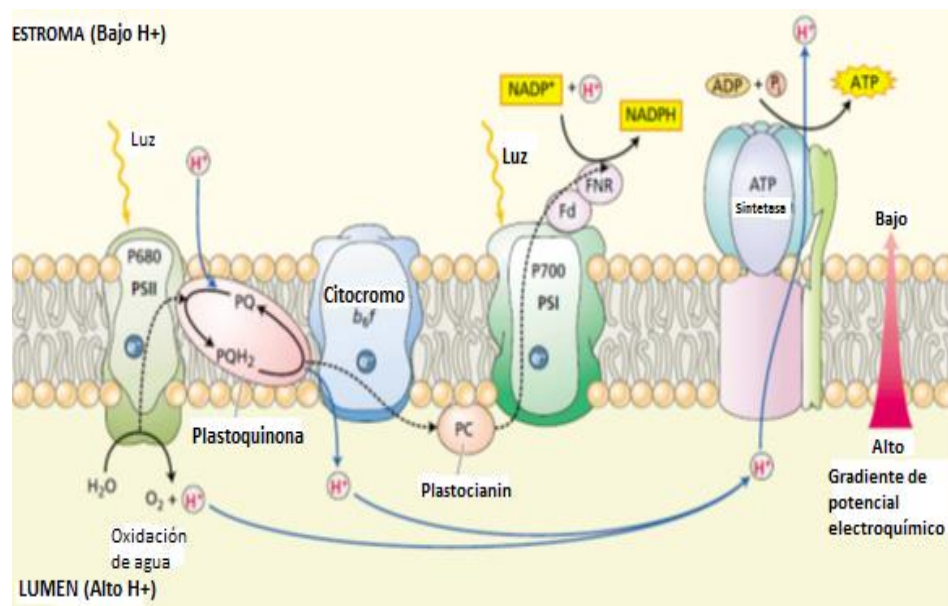


(Tomada de: Plant Physiology, Taiz & Zeiger, 2006)

Estos cuatro complejos integrales de la membrana se orientan vectorialmente en la membrana tilacoide para funcionar de la siguiente manera (Figura 4.9):

- El fotosistema II oxida agua hasta O_2 en el lumen de los tilacoides y en el proceso libera protones en el lumen.
- El citocromo b_6/f recibe los electrones del PSII y los entrega a la PSI. Acoplado a este flujo electrónico, también transporta protones adicionales desde el estroma hacia el lumen tilacoidal.
- Fotosistema I reduce el $NADP^+$ a $NADPH$ en el estroma por la acción de la ferredoxina (Fd) y la flavoproteína ferredoxina - NADP reductasa (FNR).
- La ATP sintetasa aprovecha el gradiente de potencial electroquímico entre el lumen tilacoidal y el estroma para acoplar la salida de protones hacia el estroma con la fosforilación de ADP para sintetizar ATP (Taiz & Zeiger, 2006).

Figura 4. 9: Transferencia de electrones y protones en la membrana del tilacoide.



(Tomada de: Plant Physiology, Taiz & Zeiger, 2006)

4.3.4. Reacciones de fijación del carbono: El Ciclo de Calvin

Todos los eucariontes fotosintéticos, desde el alga más primitivo hasta las angiospermas más avanzadas, reducen el CO_2 a carbohidratos a través del mismo mecanismo básico denominado ciclo de Calvin, cuya finalidad es la fijación del gas carbónico a la materia orgánica. Este ciclo bioquímico fue descubierto, como resultado de una serie de

experimentos realizados por Melvin Calvin y sus colaboradores en la década de 1950, por la que le fue otorgado el Premio Nobel en el año 1961 (Taiz & Zeiger, 2006).

El ciclo de Calvin procede en tres etapas:

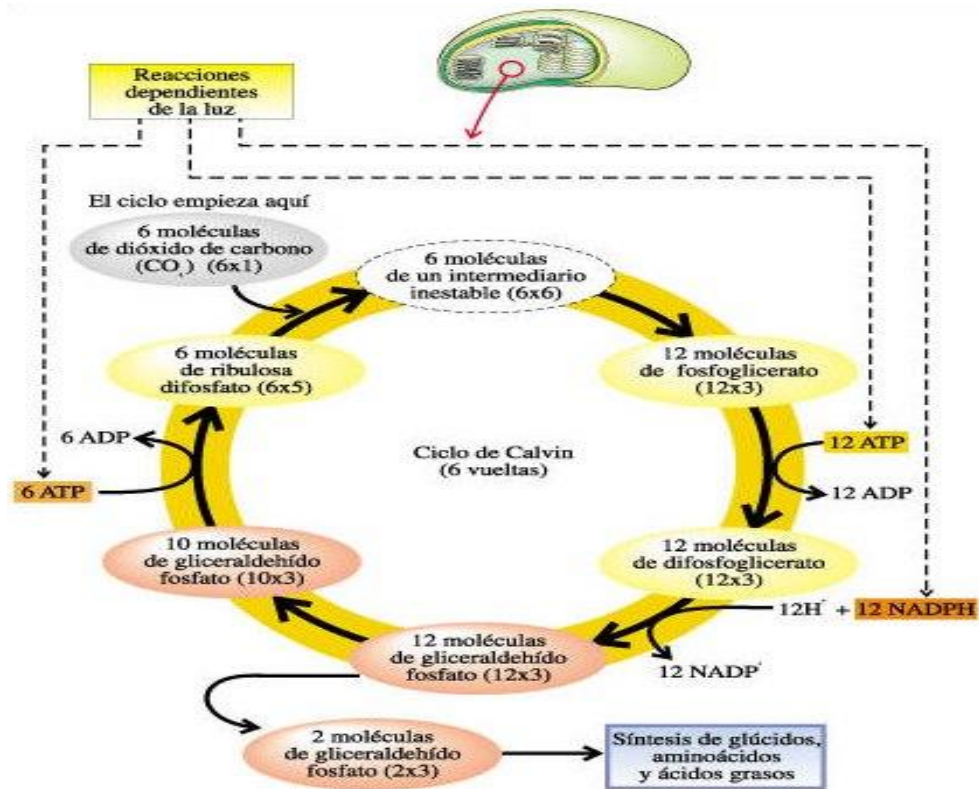
1. La carboxilación del aceptor de CO_2 ribulosa-1,5-bisfosfato, formando dos moléculas de 3-fosfoglicerato, el primer intermediario estable del ciclo de Calvin.
2. Reducción de la 3-fosfoglicerato, formando gliceraldehído-3-fosfato, un hidrato de carbono.
3. La regeneración del aceptor de CO_2 (ribulosa-1,5-bisfosfato) desde gliceraldehído-3-fosfato.

En las reacciones de fijación del carbono que ocurren en el estroma, el NADPH y el ATP, producidos en las reacciones de captura de energía, se usan para reducir un compuesto de tres carbonos, el gliceraldehído fosfato. En cada ciclo completo, ingresa una molécula de dióxido de carbono. Se requieren de seis vueltas para elaborar dos moléculas de gliceraldehído-fosfato. (Figura 4.10).

El ciclo necesita para su funcionamiento del aporte de seis moléculas de CO_2 y 6 moléculas de H_2O que se combinan enzimáticamente con 6 moléculas de ribulosa 1-5 bi-fosfato, por la acción de la enzima Rubisco (una de las enzimas más abundantes del planeta), formando así seis moléculas inestable de seis carbonos, las cuales se escinden en doce moléculas de 3-fosfoglicerato (moléculas de tres carbonos y por ello se llama ciclo C3). Por medios enzimáticos se utilizan 12 moléculas de ATP para formar 12 moléculas de 1-3 bifosfoglicerato, las cuales se reducen enzimáticamente utilizando 12 moléculas de NADPH y así formar 12 moléculas de gliceraldehído 3-fosfato. Dos de estas 12 moléculas son utilizadas para sintetizar glúcidos, aminoácidos y ácidos grasos. Las otras 10 moléculas son utilizadas para regenerar moléculas de ribulosa 1-5 bifosfato, y de esta forma iniciar nuevamente el ciclo. (Curtis & Barnes, 2001).

Es de aclarar que los primeros productos de la asimilación del CO_2 son triosas-fosfato que, posteriormente, pasan a ser moléculas de azúcares sencillos (glucosa, fructuosa) o más complejos (sacarosa y almidón) (Azcón-Bieto & Talón, 2000). Posteriormente son utilizadas por la célula en vías metabólicas para la producción de energía y la síntesis de una gran variedad de moléculas orgánicas como proteínas, carbohidratos y ácidos grasos.

Figura 4. 10: Ciclo de Calvin.



Tomada de: Curtis, H. y S. Barnes, Sexta edición, Editorial Médica Panamericana. {En línea}.

{20 Febrero de 2014} disponible en: (www.cobachelr.com/academias/.../biología/biología/curtis/inicio.htm)

5. Metodología

Con el fin de diseñar la estrategia lúdica basada en un juego de mesa para la enseñanza de la fotosíntesis en los estudiantes del ciclo V del Colegio Rural Pasquilla I. E. D., se realizaron las siguientes actividades.

5.1. Evaluación diagnóstica

Se diseñó y aplicó una evaluación diagnóstica constituida por nueve (9) preguntas de tipo abierto (ver anexo 1), cuyo objetivo fue determinar los preconceptos que los estudiantes poseen acerca de la naturaleza de la luz solar, la composición de la atmósfera terrestre y de la fotosíntesis. Así mismo, se revisó en la literatura estudios referentes a los preconceptos y las estrategias utilizadas en la enseñanza acerca del tema, que sirvieron como insumo para realizar los análisis de los resultados obtenidos.

5.2. Determinación de los elementos conceptuales disciplinares.

Con los resultados que arrojó el instrumento diagnóstico y el análisis de los mismos, junto con la revisión bibliográfica sobre las características y propiedades de la energía solar, la composición de la luz visible y de las fases de la fotosíntesis (Ver referentes disciplinares del presente trabajo), se determinaron los elementos conceptuales disciplinares básicos que se utilizaron para el diseño del juego: naturaleza dual de la energía solar, composición de la atmósfera terrestre, las fases de la fotosíntesis (transformación de la energía solar y fijación del gas carbónico). Además, fueron el insumo para establecer los Tópicos Generativos y las Metas de Comprensión.

5.3. Diseño del juego de mesa

En esta etapa, teniendo en cuenta los elementos conceptuales básicos, se estableció la estructura y forma final del juego, así como las reglas que dirigen el desarrollo del mismo. Se diseñó un camino tipo oca que se inicia en el sol, pasa por los primeros dos planetas del sistema solar e ingresa a la atmósfera terrestre y finalmente llega e ingresar al interior de la hoja.

El juego consta de 4 misiones:

- El espectro electromagnético.
- Composición de la atmósfera terrestre
- El reino de la fotosíntesis.
- La ecuación general de la fotosíntesis.

En la primera misión, el estudiante puede construir conceptos relacionados con el espectro electromagnético de la luz visible. En la segunda misión, tendrá la oportunidad de realizar una caracterización de los principales gases de la atmósfera. En la tercera misión, ingresa a la hoja para realizar un recorrido por el cloroplasto, especialmente los fotosistemas y el ciclo de Calvin, en los cuales se intercambiarán los materiales que se necesiten para las reacciones que ocurren en ellos, para finalmente construir la ecuación general de la fotosíntesis, que constituye la última misión.

El estudiante avanza con una ficha por dicho camino utilizando dados que lanza y el número obtenido es la cantidad de espacios que podrá avanzar. Cada cierto número de espacios recorridos, encontrará retos, pistas y obstáculos que le guiarán en el desarrollo del juego.

En la estructura general, se tuvo en cuenta la edad, así como el desarrollo cognitivo, afectivo y social que corresponde a un estudiante del ciclo V.

5.4. Prueba Piloto.

Se realizó una prueba piloto, cuyo objetivo fue determinar la operatividad del juego y la detección de posibles errores en el diseño del mismo. No es objetivo del trabajo realizar una aplicación del mismo en aula y evaluar su aporte pedagógico, pues esto podrá ser tema de posteriores trabajos de grado.

Se escogieron 5 estudiantes de ciclo V, los cuales interactuaron con el juego de forma espontánea sin la participación externa del docente. Se realizó un registro fílmico del comportamiento y actitudes de los estudiantes durante el desarrollo del juego que fueron uno de los insumos para su evaluación. Además, se elaboró y aplicó una encuesta constituida por 5 preguntas, que tenían como objetivo determinar el grado de comprensión del juego a nivel operativo y de las respuestas emocionales generadas por el juego. (ver anexo 2).

6. Resultados.

6.1. Evaluación Diagnóstica

Se diseñó y aplicó el instrumento diagnóstico a 20 estudiantes del ciclo V, el cual consta de 9 preguntas de tipo abierto (Ver anexo A). Las respuestas que se obtuvieron de cada una de las preguntas están consignadas en las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4:

Tabla 6. 1: Tabulación respuestas preguntas 1, 2, 3 y 4 del instrumento diagnóstico.

ESTUDIANTE	1. ¿Cuál es la naturaleza de la energía solar?	2. ¿Qué relación existe entre la energía solar y la energía que aportan los alimentos?	3. ¿Cuál es la razón por la que una planta muere si es colocada en oscuridad permanentemente?	4. ¿Qué relación existe entre el CO ₂ (gas carbónico) de la atmosfera terrestre y las biomoléculas (proteínas, lípidos y carbohidratos) que constituyen a los seres vivos?
1	Brindar calor y energía a todos los seres vivos.	Que ambas aportan para mantenernos vivos.	Que no recibe suficiente energía para su funcionamiento.	No contesta.
2	No se	Pues que la planta necesita del sol para realizar el proceso de la fotosíntesis.	Porque ella necesita del sol para realizar el proceso de fotosíntesis.	No sé.
3	No responde	Que es la misma que dan las plantas.	Que no puede realizar el proceso de fotosíntesis (alimentarse) y para ello necesita al sol.	Que nosotros expulsamos CO ₂ y el ambiente nos da oxígeno.
4	No lo sé	Que la planta y el sol es que necesita de ella para obtener alimento.	Se muere porque necesita del sol para realizar el proceso de fotosíntesis.	Las plantas necesitan el CO ₂ para transformarlo en O ₂
5	No lo sé	Que con la energía solar podemos hacer que las plantas den frutos.	Porque la planta no tiene energía solar y pues no puede hacer su desarrollo totalmente.	No responde.
6	Es producto de reacciones nucleares, es gracias al Helio y al hidrógeno (gases).	Es similar ya que con estas son con las que sobrevivimos.	Porque ésta necesita obligatoriamente la luz del sol ya que con ella hace su fotosíntesis.	Estos se complementan para mantener las células animales y vegetales.
7	El hidrógeno	Son necesarias para el diario vivir de los seres vivos.	Porque no es capaz de realizar la fotosíntesis.	No sé.
8	Alimentar a las plantas por medio de la energía que emite el sol.	Que ambas energías ayudan a los organismos vivos.	Porque no recibe los beneficios de la energía solar.	Que ambas son importantes para mantenernos vivos.
9	No sé.	Las dos son vitales para los seres vivos.	Necesita hacer el proceso de fotosíntesis y sin energía solar no puede.	No sé.

10	El hidrógeno, ya que el centro del sol está compuesto de él.	Que ambas permiten realizar procesos en los organismos.	No puede hacer el proceso de fotosíntesis al no tener energía solar.	Que las biomoléculas están compuestas de carbono.
11	El sol	La energía de alimentos y energía solar son especiales para la actividad vital de seres vivos.	Porque no hay energía solar.	La relación que existe es que ayudan a los alimentos.
12	No sé.	Pues que ambas son indispensables para los seres vivos.	No recibe la suficiente cantidad de sol necesario que se necesita.	El CO ₂ destruye la atmósfera.
13	Hidrógeno helio.	Que la energía del sol se va acabando para mantener los seres vivos con vida y los alimentos mantienen vivo al que lo consume.	La fotosíntesis es un proceso vital para la planta por el cual hace su propio alimento y el sol es uno de los factores influyentes para que la planta haga este proceso.	Las biomoléculas mantiene con vida a los animales y el gas carbónico mantiene con vida a las plantas.
14	No tengo claro.	Básicamente el sol emite dos clases de energía las cuales son lumínica y calórica por lo cual los alimentos no poseen porque los alimentos son materia.	Pues una no recibe ninguna de las dos energías necesarias y fundamentales para cumplir procesos naturales.	Básicamente las plantas respiran CO ₂ y los animales lo expulsan.
15	El sol, que consume helio en el espacio.	Que la energía solar sirve para las máquinas y los alimentos para nosotros, ellos en las plantas consumen esa energía solar y la transforman.	Porque es una planta que necesita energía solar.	Que las biomoléculas se gastan con el movimiento y la respiración y forman el CO ₂ .
16	Es darnos energía ayuda a la fotosíntesis de las plantas y luz para poder hacer nuestras actividades diarias.	Que los alimentos nos dan vitaminas, minerales, grasas que convierten en energía y suplementos que necesitan nuestro cuerpo, en cambio el sol le da energía a las plantas para que hagan su fotosíntesis para nuestro alimento.	Porque no tendría su ciclo vital, ni energía para producir su propio alimento y moriría.	No sé.
17	La naturaleza del sol es dar energía a los planetas a su alrededor.	Ambas nos aportan energía.	Que no recibe la luz del sol que es indispensable para esta para la fotosíntesis.	La relación es que ambas a veces pueden ser perjudiciales.
18	El sol	Que nos aportan.... (No continúa respondiendo).	Porque no le llega energía solar y sin esta no puede sobrevivir.	No responde.
19	La energía solar se produce en el sol por medio de explosiones que producen expansiones de rayos UV y energía.	La energía solar aporta nutrientes al cuerpo al igual que los alimentos.	Las plantas utilizan la energía solar y sus rayos como fuente energética, si falta el sol, la planta no tiene vitalidad.	No sé.
20	No responde	No responde	No responde	No responde

Tabla 6. 2: Tabulación respuestas preguntas 5, 6 y 7 del instrumento diagnóstico.

ESTUDIANTE	5. ¿Para qué las plantas necesitan del gas carbónico?	6. ¿De dónde proviene el oxígeno que las plantas liberan hacia la atmósfera terrestre?	7. ¿Qué es la fotosíntesis? Realiza un dibujo (al respaldo de la hoja) que explique el proceso.
1	Para producir oxígeno	De la fotosíntesis al absorber el CO ₂ .	Es el proceso por el cual se produce el oxígeno.
2	Para transformarlo en oxígeno.	De la transformación de CO ₂ .	No sé.
3	Para transformarlo en oxígeno.	No responde.	No sé.
4	Lo necesitan para transformarse en oxígeno.	Proviene de la transformación del CO ₂ .	Es el proceso por el cual las plantas toman el sol y crecen por medio de la energía.
5	Porque las plantas absorben el gas carbónico para convertirlo en aire.	Del CO ₂ que nosotros expulsamos al respirar.	Es la formación paso a paso de una planta.
6	El CO ₂ es un complemento para realizar la fotosíntesis.	Las células vegetales realizan fotosíntesis y esta crea el oxígeno del ambiente.	Esta necesita el CO ₂ , el sol, el agua para realizarlo. De esto también se alimentan ellas mismas.
7	Es lo que ellas consumen y producen oxígeno.	Del CO ₂ de la atmósfera y la planta lo transforma en Oxígeno.	El CO ₂ es recogido por la clorofila de ahí se va y se transforma en CO ₂ .
8	Para producir energía.	Por la fotosíntesis.	Es el proceso por el cual las plantas fabrican su propio alimento.
9	Es lo que ellas consumen y luego lo convierten en oxígeno.	Del CO ₂ (gas carbónico).	Es el proceso mediante el cual las plantas.....
10	Para alimentarse.	Del proceso de fotosíntesis.	Es el proceso mediante el cual las plantas se alimentan y producen oxígeno.
11	Para transformarlo en energía.	De los gases que generamos.	La fotosíntesis es aquella que le da alimento o energía a las plantas.
12	Para crear su proceso de fotosíntesis.	Producto de la fotosíntesis.	Es un proceso que hacen las plantas para tener oxígeno y su propio alimento.
13	Para producir oxígeno.	Del gas carbónico que expulsan los seres vivos (animales) y las plantas lo absorben para crear oxígeno.	Es el proceso mediante el cual la planta por medio de energía lumínica, gas carbónico y agua produce oxígeno y glucosa.
14	Para realizar la fotosíntesis las plantas reciben el gas carbónico y lo liberan en oxígeno.	De un proceso el cual se convierte el CO ₂ a Oxígeno.	Un proceso vital para las plantas con el fin de alimentarse y sobrevivir.
15	Para transformarlo en oxígeno, por un proceso el cual lo hacen de noche y liberan oxígeno de día y para su fotosíntesis.	La transformación del CO ₂ que ellos mismos hacen en la transformación.	Es el proceso mediante el cual la planta absorbe el CO ₂ y la transforma en Oxígeno para su transformación y alimentación.
16	Para poder hacer su fotosíntesis y producir oxígeno.	Del monóxido de carbono.	Es un proceso por el cual la planta produce el oxígeno y su propio alimento.
17	Para absorberlo como fuente de alimento en la atmósfera.	Proviene del aire contaminado y luego lo expulsa limpio oxígeno.	Es el medio de transformación y desarrollo de una planta.
18	Para poder crear oxígeno.	Proviene del método de respiración de las plantas.	Es la conversión de materia inorgánica en materia orgánica gracias a la energía solar.
19	Para cumplir funciones dentro del sistema de la planta, como la fotosíntesis.	Del proceso humano de respiración, ya que al respirar se inhala oxígeno y se exhala CO ₂ el cual las plantas convierten en oxígeno nuevamente.	Proceso por el cual se transforma el CO ₂ en oxígeno.
20	No contesta	No contesta	No contesta

Tabla 6. 3: Tabulación respuestas pregunta 8 del instrumento diagnóstico.

Ordene la fórmula general de la fotosíntesis con los siguientes términos: Agua (H_2O), Glucosa ($C_6H_{12}O_6$), gas carbónico (CO_2), oxígeno (O_2) y energía lumínica. Se resaltan con gris los estudiantes que ordenaron correctamente la fórmula.

ESTUDIANTE 1	$C_6H_{12}O_6$	+	CO_2	→	H_2O	+	O_2
ESTUDIANTE 2	H_2O	+	CO_2	→ GLUCOSA	O_2	+	ENERGÍA LUMINICA
ESTUDIANTE 3	H_2O	+	CO_2	→ GLUCOSA	O_2	+	ENERGÍA LUMINICA
ESTUDIANTE 4	O_2 Y ENERGÍA LUMINICA	+	H_2O	→	CO_2	+	$C_6H_{12}O_6$
ESTUDIANTE 5	ENERGÍA LUMINICA	+	H_2O	→	O_2	+	$C_6H_{12}O_6$
ESTUDIANTE 6	H_2O	+	CO_2	→	$C_6H_{12}O_6$	+	O_2 Y ENERGÍA LUMINICA
ESTUDIANTE 7	CO_2	+	$C_6H_{12}O_6$	→ ENERGÍA LUMINICA	H_2O	+	O_2
ESTUDIANTE 8	ENERGÍA LUMINICA	+	H_2O	→	$C_6H_{12}O_6$	+	CO_2
ESTUDIANTE 9	CO_2	+	H_2O	→ ENERGÍA LUMINICA	$C_6H_{12}O_6$	+	O_2
ESTUDIANTE 10	H_2O	+	ENERGÍA LUMINICA	→	O_2	+	$C_6H_{12}O_6$
ESTUDIANTE 11	O_2	+	ENERGÍA LUMINICA	→ AGUA	$C_6H_{12}O_6$	+	CO_2
ESTUDIANTE 12	H_2O	+	CO_2	→ ENERGÍA LUMINICA	$C_6H_{12}O_6$	+	O_2
ESTUDIANTE 13	H_2O	+	CO_2	→ ENERGÍA LUMINICA	$C_6H_{12}O_6$	+	O_2
ESTUDIANTE 14	H_2O	+	CO_2	→ ENERGÍA LUMINICA	$C_6H_{12}O_6$	+	O_2
ESTUDIANTE 15	H_2O	+	CO_2	→ ENERGÍA LUMINICA	$C_6H_{12}O_6$	+	O_2
ESTUDIANTE 16	H_2O	+	CO_2	→	$C_6H_{12}O_6$	+	O_2 Y ENERGÍA LUMINICA
ESTUDIANTE 17	CO_2	+	GLUCOSA, CO_2	→	O_2	+	ENERGÍA LUMINICA
ESTUDIANTE 18	CO_2	+	$C_6H_{12}O_6$	→ ENERGÍA LUMINICA	H_2O	+	O_2
ESTUDIANTE 19	H_2O	+	$C_6H_{12}O_6$	→ CO_2	ENERGÍA LUMINICA	+	O_2

Tabla 6. 4: Tabulación de respuesta pregunta 9 del instrumento diagnóstico.

“Van Helmont cultivó un árbol (un Sauce Ilorón de 2,5 Kg) con una cantidad medida de tierra (100 Kg), específicamente, y adicionando únicamente agua durante un período de cinco años, el árbol aumentó su masa en 73,85 kilogramos, mientras que la tierra disminuyó la suya en tan sólo 500 gramos. Supuso, que el árbol había ganado masa sólo por el agua que había tomado, sobre todo de las lluvias. Es decir, que la planta requería principalmente del agua y algunos componente del suelo.”

Explica con tus palabras cual fue el error cometido por Van Helmont en el análisis de su experimento. (Se resaltan las respuestas que se relacionan con la nutrición de las plantas).

ESTUDIANTE	RESPUESTA
1	Que creyó que solo con agua podía sobrevivir un árbol pero se alimentaba de los nutrientes que tiene la tierra , aunque solo haya disminuido 500 gramos.
2	Pues se equivocó en lo que supuso porque el árbol creció gracias a los nutrientes de la tierra
3	Se equivocó porque simplemente la planta creció porque usó los nutrientes de la tierra y la energía solar
4	El error que cometió es que sólo le proporcionó agua y no la expuso al sol para que absorbiera los nutrientes necesarios
5	Que las plantas no solo necesitan agua ni luz solar también necesitan los componentes que tiene la tierra para que ellas cojan esos componentes o nutrientes y crezcan bien
6	El error es plantar un árbol solo con agua ya que no son los componentes necesarios para que esta se alimente o pueda reproducirse
7	La base de la planta es el nitrógeno y el agua es el transporta
8	Que solo la alimentó con agua y no le suministró los nutrientes y energía que necesita.
9	Que la planta toma los nutrientes del suelo y el agua solo los transporta.
10	Que él no miró que nutrientes había en esa cantidad de tierra y las plantas sólo absorben nutrientes .
11	Que el árbol también gana peso por la tierra , por eso disminuyó 500 gramos.
12	Fue creer que las plantas solo necesitan agua para vivir , pero lo cierto es que las plantas también necesitan luz solar y CO₂ para poder sobrevivir ya que estos elementos le sirven a la planta para poder crear su propio alimento
13	El error que cometió fue que cuando el árbol absorba el agua, el agua se llevaba con ella los nutrientes de los 100 Kg de tierra
14	Lo que cometió fue que los 500 gramos que disminuyeron de suelo son de nutrientes y minerales importantes para el crecimiento de la planta
15	Que él pensó que la planta solo consume agua, pero el agua de las lluvias al caer moja el suelo y la tierra se humedece y sus componentes son absorbidos por las raíces del árbol, por eso un árbol no necesita solo agua, necesita también de los macro y micronutrientes para sobrevivir
16	Que lo dejó en la intemperie y la tierra tiene abonos, ácidos , etc., e hizo su fotosíntesis correctamente
17	Las plantas aparte del agua también necesitan de nutrientes que hay en el suelo como F, K, Z, C, P , etc., para desarrollarse
18	La planta necesita agua pero para su desarrollo es muy necesaria la energía lumínica la cual hace que la planta cumpla sus funciones
19	No analizó que otra cosa pudo haber interferido en el crecimiento del árbol, como por ejemplo los nutrientes de la tierra

6.1.1. Análisis de resultados instrumento diagnóstico.

Algunos estudiantes del ciclo V, intuyen que la energía solar proviene de las reacciones nucleares del hidrógeno en el sol, pero no tienen claro la naturaleza dual de esta energía, conformada por partículas (fotones) u ondas electromagnéticas. Solamente uno de ellos nombra los rayos ultravioletas y la energía producida por las “explosiones” que en el sol se llevan a cabo.

En cuanto a la relación entre energía solar y la energía de los alimentos, asocian a la energía solar con el proceso de la fotosíntesis y necesarias para los procesos vitales de los seres vivos, pero ninguno relaciona la energía de los alimentos como resultado de la conversión de la energía lumínica en energía química.

Argumentan que una planta muere si es colocada en oscuridad permanentemente porque no recibe la energía necesaria para realizar el proceso de la fotosíntesis y así elaborar su propio alimento.

No encuentran relación entre el gas carbónico atmosférico y los átomos de carbono constituyentes de las biomoléculas. Solo uno de ellos dice que las biomoléculas están constituidas por átomos de carbono, pero no lo relaciona directamente con el carbono del CO_2 . Así mismo, otro estudiante argumenta equivocadamente que las biomoléculas por el proceso de la respiración “forman” el CO_2 .

Es de gran importancia que el 58% de los estudiantes argumentan que las plantas necesitan el gas carbónico para producir o transformarlo en oxígeno. Además, el restante 42% dicen que las plantas los utilizan para el proceso de la fotosíntesis y producir energía, entre otros.

De la misma forma, el 52% de los estudiantes reafirman que el Oxígeno producido por la planta proviene de la transformación del CO_2 durante el proceso de la fotosíntesis, el cual es un producto de la respiración de los seres vivos. Un estudiante lo relacionan con el proceso de la “respiración” de las plantas.

En cuanto a la definición del proceso de la fotosíntesis, prácticamente cada estudiante define el proceso de forma distinta. El 36% de los estudiantes, argumentan que la fotosíntesis es el proceso mediante el cual la planta elabora su propio alimento y producen oxígeno. Únicamente dos estudiantes definen el término de fotosíntesis correctamente (estudiante 13 y 18, ver tabla 1).

En el ejercicio de ordenar correctamente la ecuación general de la fotosíntesis, cinco estudiantes (26%) lograron ordenar correctamente la ecuación (ver tabla 2). Sin embargo, solamente el estudiante 13 correlaciona su definición de fotosíntesis con el ordenamiento correcto de la ecuación general de la fotosíntesis.

Al analizar el experimento realizado por Van Helmont, el cual se describe en el instrumento diagnóstico, un 68% de los estudiantes argumentan que el error cometido por Van Helmont fue no haber tenido en cuenta que las plantas necesitan de los nutrientes del suelo para vivir y que por lo tanto no necesitan únicamente agua. Solamente un estudiante menciona el CO_2 y la energía solar como elementos indispensables para que la planta pueda “crear su propio alimento”. Además, el estudiante 17 considera erradamente que la planta toma el C (carbono) del suelo.

6.1.2. Conclusiones de resultados instrumento diagnóstico.

En términos generales, se evidencia que los estudiantes no tienen claridad acerca del proceso fotosintético y sobre la naturaleza de la luz solar. Comprenden que las plantas por medio de la fotosíntesis fabrican su propio alimento utilizando energía solar y liberan oxígeno que se origina de la conversión del CO_2 , es decir, “confunden el papel de dióxido de carbono y del oxígeno” (Charrier & Cañal, 2006), y “lo interpretan como un intercambio de gases entre la planta y el medio externo, sin valorar cual va a ser su utilización en el vegetal” tal como lo afirma González y colaboradores, en su artículo sobre las concepciones de los alumnos de bachillerato acerca de la función de los gases en el proceso de fotosíntesis. Así mismo, Sáenz (2012) afirma que “con relación al objetivo principal de la fotosíntesis, se encuentra arraigada en ambos ciclos, que este corresponde a la producción de oxígeno.”

No comprenden que la energía solar es convertida a energía química, confirmando las concepciones en relación con la fotosíntesis que relaciona Charrier y colaboradores en la revisión que realizan sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas: “Las transformaciones de energía solar en energía química por lo general no se mencionan, no obstante conocer que las plantas necesitan luz” y “Desconocen dónde queda contenida la energía como resultado de la fotosíntesis.” (Charrier & Cañal, 2006).

Definitivamente no comprenden el papel de CO₂ en el proceso fotosintético y además, argumentan que las plantas obtienen su alimento principalmente de los nutrientes del suelo, lo que concuerda con las concepciones 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” (Charrier & Cañal, 2006). Así mismo, Giordan y Vecchi (1988) señalan, que incluso en aquellos alumnos de bachillerato que aparentemente parecen dominar el programa educativo sobre el fenómeno de fotosíntesis, distinguiendo incluso la "fase luminosa" y la "fase oscura" y sus reacciones químicas, si se profundiza en sus conocimientos, salen a la luz concepciones previas, como son que: *"la planta se alimenta de la tierra, de la cual absorbe su materia orgánica"*, por lo tanto consideran que la fotosíntesis sólo interviene de forma indirecta en la nutrición de las plantas.

Por lo tanto, todo lo anterior justifica el diseño, elaboración y aplicación de una estrategia pedagógica encaminada dar solución a esta problemática encontrada. Es necesario por lo tanto, buscar estrategias de enseñanza que puedan ayudar al aprendizaje significativo de las teorías científicas mediante la oportuna interacción educativa (Furió, 1996) y nuevos métodos que facilitan el paso de las concepciones alternativas a concepciones científicas, es decir "el cambio conceptual", ya que todo parece indicar que "memorizar" nuevos conceptos no es suficiente, sino que estos tienen que imponerse a los conceptos anteriores y desplazarlos, de tal forma que el "cambio", no puede reducirse al aprendizaje del nivel conceptual, sino también tiene que ser a nivel metodológico, como ya señalaba Gil (1986).

6.2. Diseño y elaboración del juego de mesa “Viaje al reino de la fotosíntesis”.

Para el diseño y elaboración del juego, se llevaron se desarrollaron las siguientes actividades:

- Determinación de los tópicos generativos y metas de comprensión.
- Diseño del tablero y de las respectivas misiones.
- Diseño del tablero de navegación.
- Determinación de las reglas de juego.
- Diseño de las fichas de cada misión con sus respectivas cajas.

6.2.1. Tópicos generativos y metas de comprensión de los conceptos desarrollados en el juego.

Cada misión está orientada por un tópico generativo y una meta de comprensión, que se explican en la siguiente tabla:

Tabla 6. 5: Tópicos generativos y metas de comprensión de las misiones.

Misión		Tópico Generativo	Meta de comprensión
1 El espectro electromagnético		¿Cuál es la naturaleza de la energía solar?	Los estudiantes comprenderán que la energía solar tiene características de partícula y de onda
		¿Cómo está constituido el espectro electromagnético visible?	Los estudiantes comprenderán que la luz visible está constituida por un conjunto de ondas electromagnéticas que poseen color y longitudes de onda que van desde los 400 hasta los 700 nm.
2 La composición de la atmósfera terrestre		¿Cómo está constituida la atmósfera terrestre?	Los estudiantes comprenderán que la atmósfera terrestre está constituida por una mezcla de gases que tienen diferentes concentraciones.
3 El reino de la fotosíntesis	Estación 1: El estoma	¿Cómo capturan las plantas el CO ₂ atmosférico?	Los estudiantes comprenderán que los estomas son las estructuras por las que el CO ₂ entra a las hojas de las plantas.

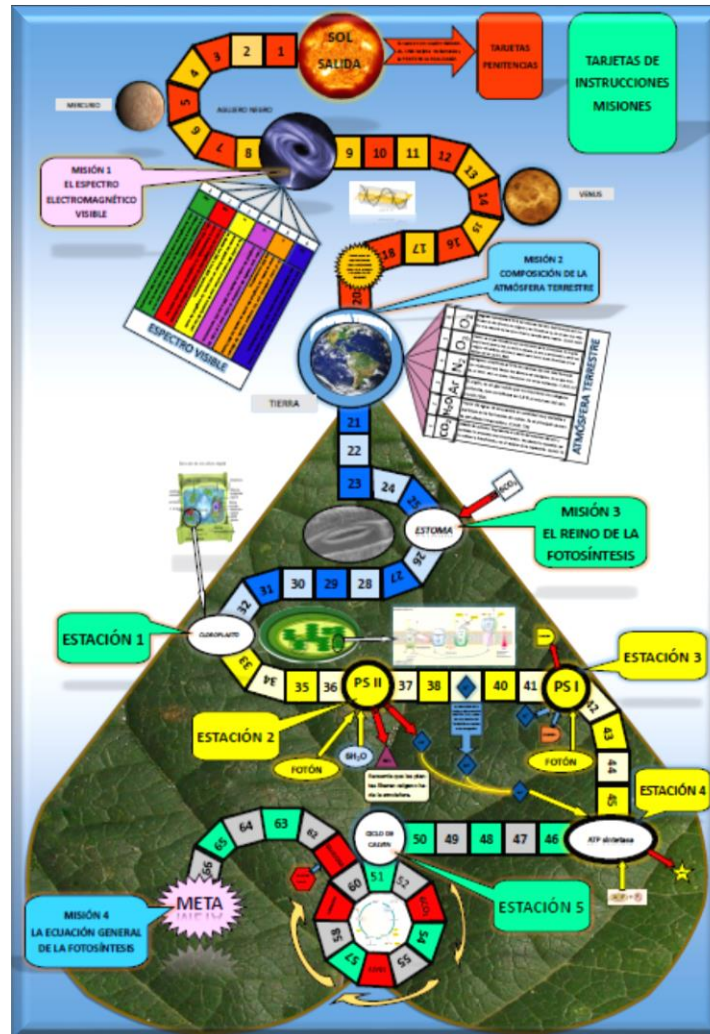
	Estación 2: El Cloroplasto	¿Es importante la molécula de H ₂ O en la fotosíntesis?	Los estudiantes comprenderán que los cloroplastos necesitan del H ₂ O para realizar el proceso fotosintético.
	Estación 3: PSII	¿Cuál es la función del PSII?	Los estudiantes comprenderán que el fotosistema II rompe las moléculas de H ₂ O utilizando los fotones de la energía solar, liberando oxígeno y protones en el interior del tilacoide.
	Estación 4: PSI	¿Cuál es la función del PSI?	Los estudiantes comprenderán que el fotosistema I sintetiza NADPH utilizando los fotones de la energía solar y protones del estroma.
	Estación 5: ATP sintetasa	¿Cuál es la función de la ATP sintetasa?	Los estudiantes comprenderán que la ATP sintetasa utiliza protones procedentes del rompimiento de la molécula de H ₂ O y los protones asociados al flujo de electrones en el fotosistema II, para sintetizar ATP.
	Estación 6: Ciclo de Calvin	¿Qué se sintetiza en el Ciclo de Calvin?	Los estudiantes comprenderán que en el ciclo de Calvin se utiliza el CO ₂ , el ATP y el NADPH para sintetizar carbohidratos.
4 La ecuación general de la fotosíntesis		¿Cuál es el significado de ecuación general de la fotosíntesis?	Los estudiantes comprenderán que la fotosíntesis puede ser resumida por una ecuación general, que indica los requerimientos y los productos del proceso.

6.2.2. Diseño del tablero.

Para la elaboración del tablero se utilizó el programa Publisher 2013. El tablero tiene una dimensión de 66 cm x 96 cm., en el que se diseñó un camino tipo oca sobre un fondo azul

degradado (Fig. 6.1), por el cual el estudiante avanza de acuerdo al puntaje obtenido al lanzar un dado.

Figura 6. 1. Tablero juego fotosíntesis



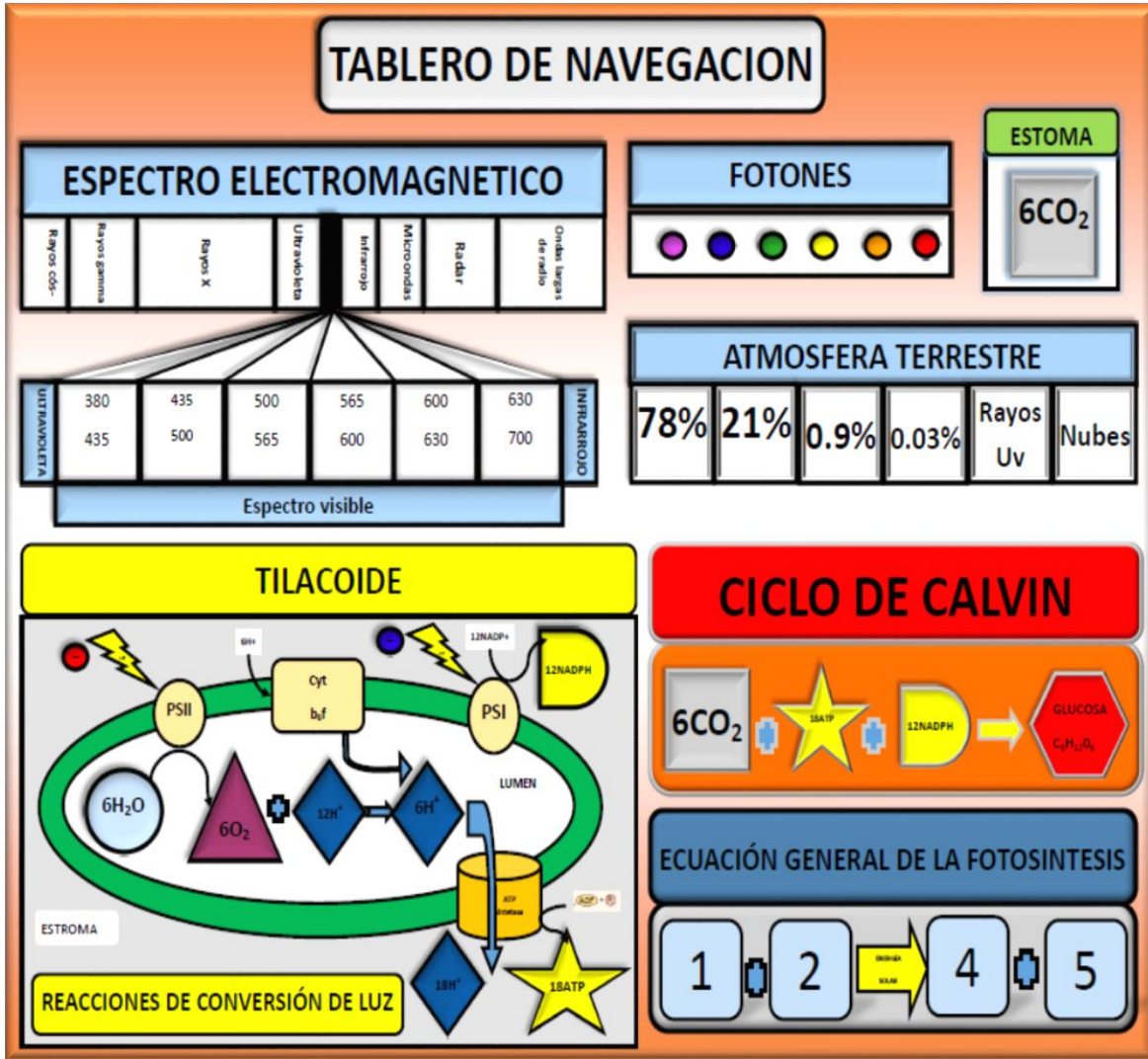
El punto de partida es el sol y durante el recorrido se pueden encontrar cuatro (4) misiones que son paradas obligadas para cada jugador:

- El espectro electromagnético.
- Composición de la atmósfera terrestre
- El reino de la fotosíntesis.
- La ecuación general de la fotosíntesis.

6.2.3. Diseño del tablero de navegación.

Cada jugador tendrá en su poder un tablero de navegación. El tablero está diseñado para completar las misiones que se encuentran en el recorrido del camino. (Figura 6.2)

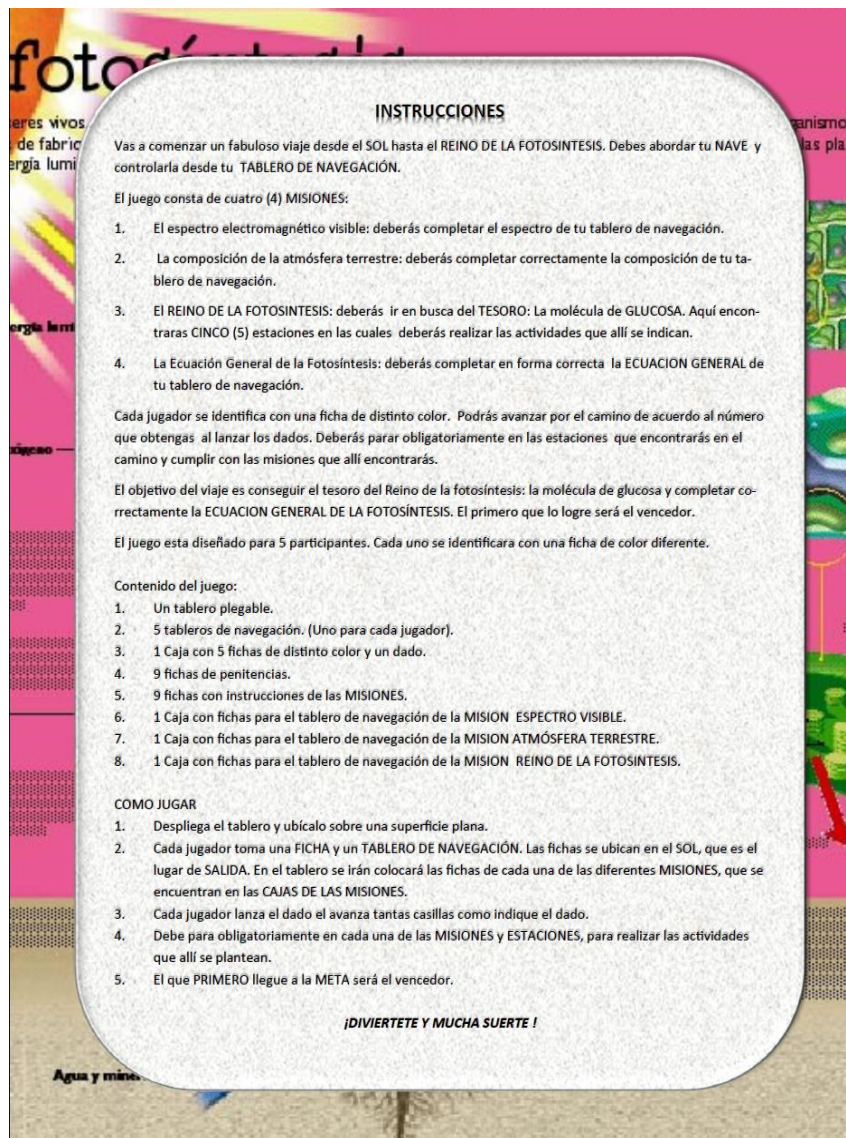
Figura 6. 2. Tablero de Navegación.



6.2.4. Instrucciones del juego

Los jugadores encuentran en esta carta las principales orientaciones que permiten un desarrollo adecuado del juego. (Figura 6.3)

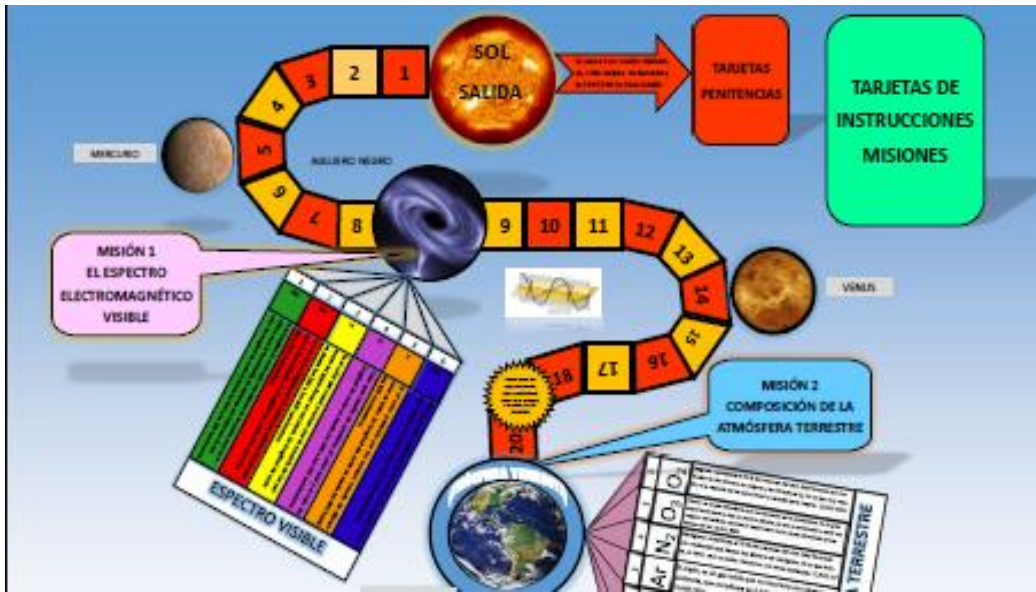
Figura 6. 3. Instrucciones del juego.



6.2.5. Punto de partida: El sol

Los jugadores colocan sus fichas en el sol, que es el punto de salida del juego. Al lanzar el dado, los jugadores avanzan por el camino tipo oca, hasta alcanzar el agujero negro. Allí, es el sitio de la primera misión. (Figura 6.4).

Figura 6. 4. Punto de partida del juego.



Desde la casilla número 1 hasta la casilla 20, el estudiante encontrará “tarjetas de penitencias” en las casillas de color naranja. Teniendo en cuentas el número de casilla, es jugador reclama la tarjeta correspondiente, en la que encontrará información sobre las características de las energía solar. Además, en cada tarjeta se propone una penitencia que el estudiante deberá cumplir para poder continuar. (Figura 6.5). Así mismo, en cada penitencia podrá reclamar o perder un fotón, los cuales ubicará en el tablero, para ser utilizados en la tercera misión.

Figura 6. 5. Cartas de penitencias espectro electromagnético.

<p>1. El sol es una fuente de energía, generada a través de fusiones nucleares de átomos de hidrógeno. Parte de esa energía llega a la tierra como ondas electromagnéticas.</p> <p>PENITENCIA: Genera con tus MANOS una onda sonora.</p> <p>Reclama 1 fotón VERDE, ubícalo en el TABLERO DE NAVEGACION.</p>	<p>3. El espectro electromagnético, está constituido por el conjunto de ondas electromagnéticas, que se diferencian unas de otras por su frecuencia y amplitud.</p> <p>PENITENCIA: Emite un grito de alta frecuencia.</p> <p>Reclama 1 fotón ROJO, ubícalo en el TABLERO DE NAVEGACION.</p>	<p>5. Has llegado a Mercurio. Es el planeta del sistema solar más próximo al sol. Se caracteriza por sus elevadas temperaturas y por no poseer una atmósfera que permita la vida.</p> <p>PENITENCIA: Debes quitarte la chaqueta o el saco que llevas puesto.</p> <p>Pierdes un fotón.</p>
--	--	--

6.2.6. Misión 1: El espectro electromagnético

Durante esta misión el estudiante deberá completar el espectro electromagnético de su tablero de navegación. Estando en el agujero negro, deberá reclamar la tarjeta correspondiente a la misión y leer la información que le guiará para resolver la misión, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 6. 6. Misión 1: El espectro electromagnético.

TU PRIMERA MISIÓN

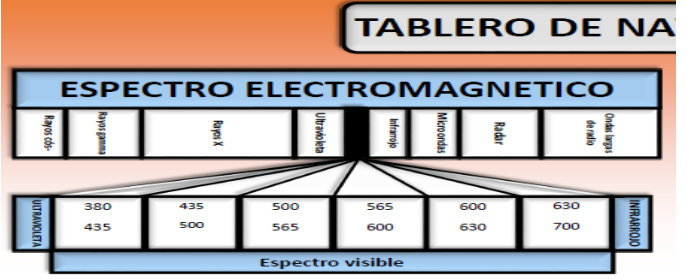
Desde el SOL partirás y si al REINO DE LA FOTOSINTESIS quieres llegar, del AGUJERO NEGRO deberás escapar.

La fuerza gravitacional del agujero no te deja continuar y para salir el ESPECTRO deberás completar.

Lanza el dado y de acuerdo al número que obtengas reclama una tarjeta de un color del ESPECTRO VISIBLE y así podrás completar el ESPECTRO VISIBLE de tu TABLERO DE NAVEGACION. Si repites número al lanzar, tarjeta no puedes reclamar.

Cuando completes el espectro visible, podrás reiniciar tu viaje hacia el planeta tierra, si LEES a todos la frase que con el ESPECTRO formarás.

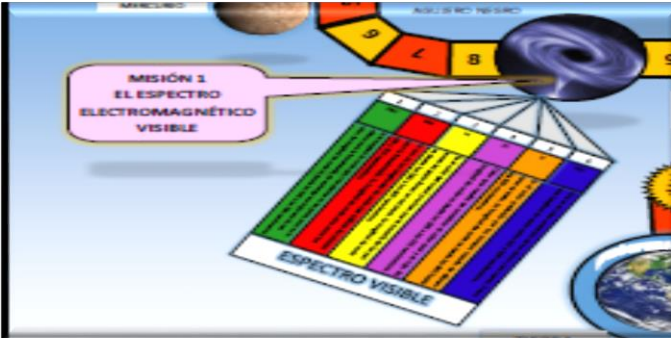
Tablero de navegación



ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

Radio ondas	Microondas	Infrarrojo	Espectro visible	Ultravioleta	Rayos X	Rayos gamma				
			380 - 435	435 - 500	500 - 565	565 - 600	600 - 630	630 - 700		

Tablero de juego



El jugador deberá lanzar el dado y de acuerdo al número que obtenga, reclamará una tarjeta con una longitud de onda de la caja respectiva, que le servirá para completar el espectro electromagnético de su tablero de navegación, teniendo en cuenta la información que se encuentra en cada longitud de onda.

Al completar su espectro electromagnético, el estudiante podrá seguir su camino hacia la segunda misión.

6.2.7. Misión 2: Composición de la atmósfera terrestre.

El objetivo de esta misión es completar la composición de la atmósfera terrestre en el tablero de navegación. El estudiante reclama la tarjeta correspondiente a la misión (Figura 6.7) y

lanza el dado para reclama una ficha de acuerdo al número obtenido de la caja respectiva, la cual utilizará para completar la composición de la atmósfera en su tablero de navegación. Una vez completa la misión, podrá avanzar por el camino hacia la tercera misión.

Figura 6. 7. Misión 2: Composición atmósfera terrestre.

TU SEGUNDA MISIÓN

Si al planeta tierra deseas ingresar, la composición de la **ATMÓSFERA TERRESTRE** deberás completar.

Lanza el dado y según el número que obtengas atrapa una molécula del gas y teniendo en cuenta las características, ubícala correctamente en el tablero de navegación.

Para continuar tu viaje, deberás leer la frase que allí formarás, con las claves que en la información encontrarás.

Tablero de Navegación

ATMOSFERA TERRESTRE					
78%	21%	0.9%	0.03%	Rayos Uv	Nubes

Tablero de juego

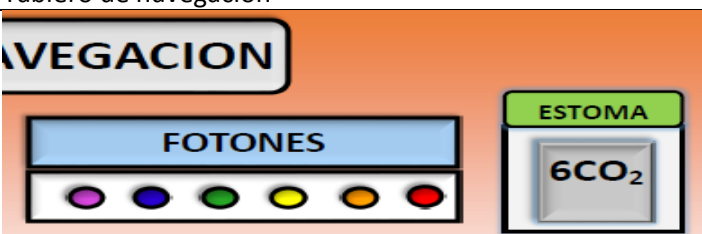
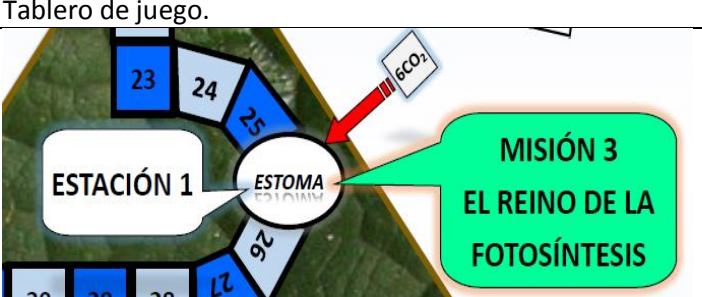
6.2.8. Misión 3: El reino de la fotosíntesis.

El objetivo de ésta misión es producir la molécula de glucosa. El jugador ubicado en el cloroplasto, debe reclamar la tarjeta correspondiente a la misión y realizar las actividades que allí se determinan.

Está misión está constituida por 6 estaciones:

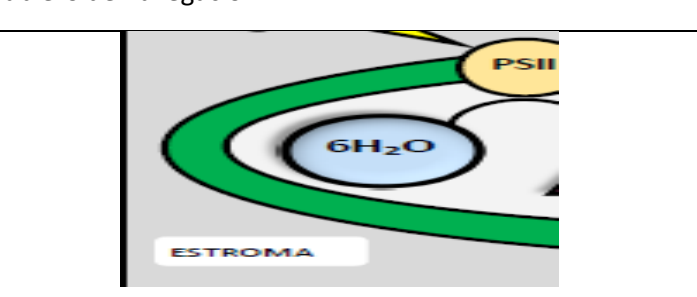
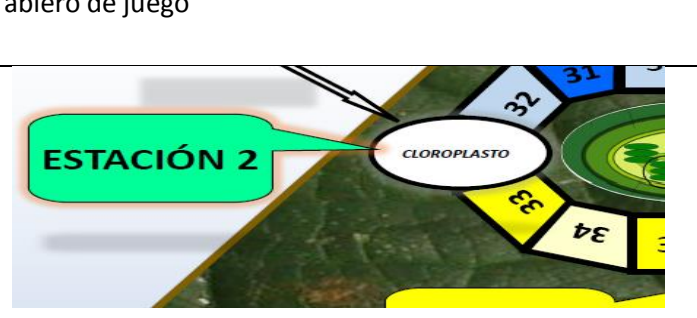
- Estación 1 El estoma: debe capturar 6 moléculas de CO₂ y ubicarlas en el tablero de navegación. (Figura 6.8)

Figura 6. 8. Misión 3: El reino de la fotosíntesis.

<p>TU TERCERA MISIÓN</p> <p>Estás en la PUERTA DE ENTRADA al REINO de la fotosíntesis y el comienzo de tu TERCERA MISIÓN: Ingresar al reino y PRODUCIR la molécula de GLUCOSA.</p> <p>ESTACION 1: LOS ESTOMAS</p> <p>Son los orificios o poros de las plantas, localizados en el envés de sus hojas.</p> <p>A través de estomas transcurre el intercambio gaseoso, es decir que por ellos sale el oxígeno y entra dióxido de carbono. Además, regulan la pérdida de agua de las plantas.</p> <p>Para continuar tu camino, captura seis moléculas de GAS CARBÓNICO y ubícalas en tu tablero de navegación en el cuadro ESTOMA.</p>	<p>Tablero de navegación</p>  <p>Tablero de juego.</p> 
---	---

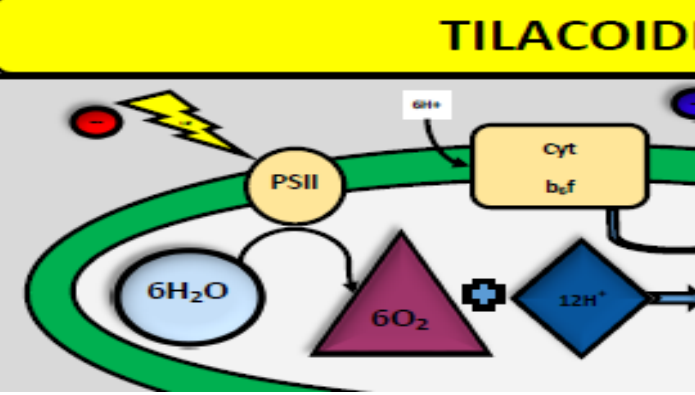
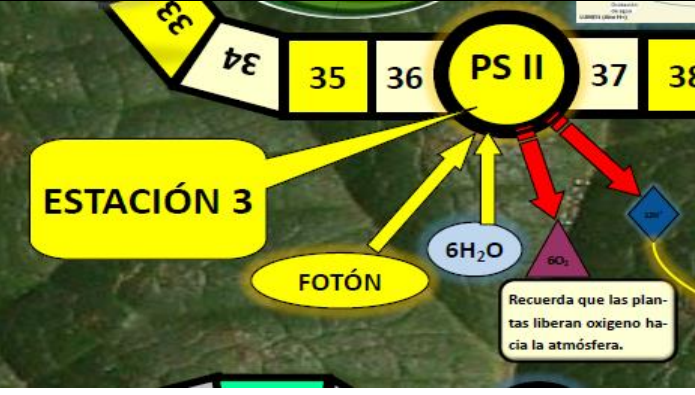
- Estación 2 El cloroplasto: debe capturar 6 moléculas de H_2O y ubicarlas en el tilacoide del tablero de navegación. (Figura 6.9)

Figura 6. 9. Estación 2: El cloroplasto.

<p>ESTACIÓN 2: EL CLOROPLASTO</p> <p>Has llegado hasta la célula vegetal y debes ingresar al organelo donde se lleva a cabo el proceso de la FOTOSÍNTESIS, el CLOROPLASTO.</p> <p>La planta obtiene el agua del suelo y la lleva a las hojas desde las raíces por medio del tejido xilema.</p> <p>Debes ingresar al interior del cloroplasto, para lo cual captura seis moléculas de H_2O. Ubícalas en tu tablero de navegación al interior del TILACOIDE.</p>	<p>Tablero de navegación.</p>  <p>Tablero de juego.</p> 
---	--

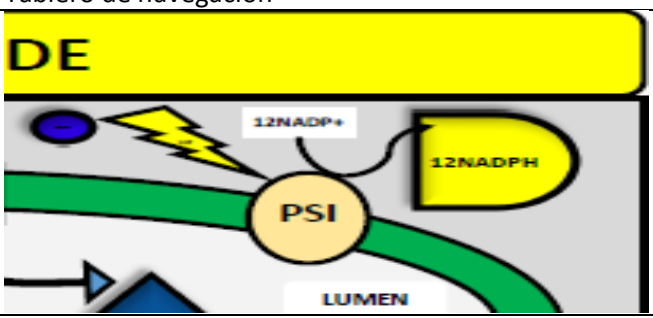

- Estación 3 PSII: debe utilizar un fotón ROJO (longitud de onda de 630 a 700 nm) y las seis moléculas de agua. Así mismo, reclamar seis moléculas de Oxígeno (O_2) y doce protones (H^+) y ubicarlos al interior del tilacoide en el lugar que se indica para ello en el tablero de navegación. (Figura 6.10)

Figura 6. 10. Estación 3: Fotosistema II.

<p>ESTACIÓN 3: FOTOSISTEMA II (PSII)</p> <p>Estás en el interior del cloroplasto, en unas estructuras en forma de sacos aplanados llamados tilacoides. Contienen una serie de estructuras proteínicas llamadas fotosistemas, constituidos principalmente por pigmentos fotosintéticos como la CLOROFILA, que absorben la luz solar y la convierten en energía química.</p> <p>El fotosistema II (PSII) rompe la molécula de agua, produciendo OXIGENO (O_2) y PROTONES (H^+).</p> <p>Por lo tanto, debes utilizar un fotón ROJO (longitud de onda de 630 a 700 nm) y las seis moléculas de agua. Ubica el fotón en el estroma cerca al PSII .</p> <p>Reclama seis moléculas de Oxígeno (O_2) y doce protones (H^+). Ubícalos al interior del tilacoide en el lugar que se indica para ello.</p>	<p>Tablero de Navegación</p>  <p>Tablero de juego</p>  <p>Recuerda que las plantas liberan oxígeno hacia la atmósfera.</p>
--	--

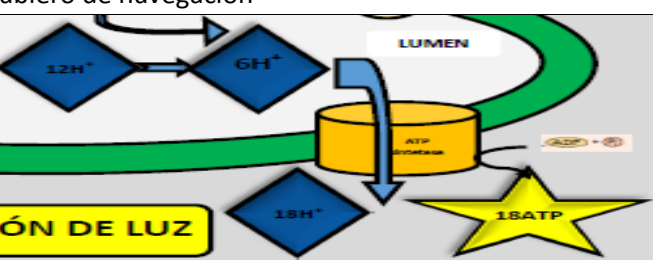

- Estación 4 PSI: debe utilizar un fotón AZUL (longitud de onda de 435 a 500 nm.) y ubicarlo en el lugar que se indica cerca al PSI. Reclama una molécula de NADPH y ubícala en el lugar que se indica en el EXTERIOR del tilacoide, cerca al PSI. (Figura 6.11)

Figura 6. 11. Estación 4: Fotosistema I.

<p>ESTACIÓN 4: FOTOSISTEMA I (PSI)</p> <p>El PSI reduce NADP^+ a NADPH, para lo cual utiliza energía solar y protones (H^+) del ESTROMA.</p> <p>Por lo tanto, debes utilizar un fotón AZUL (longitud de onda de 435 a 500 nm.) y ubicarlo en el lugar que se indica cerca al PSI.</p> <p>Reclama 12 moléculas de NADPH y ubícalas en el lugar que se indica en el EXTERIOR del tilacoide, cerca al PSI.</p>	<p>Tablero de navegación</p>  <p>Tablero de juego</p> 
--	--

- Estación 5 ATP sintetasa: 1. Debe tomar los 18 PROTONES (H^+) que se encuentran en el interior del tilacoide y ubícalos en el estroma. Reclama 18 moléculas de ATP y ubícalos en el estroma. (Figura 6.12)

Figura 6. 12. Estación 5: ATP sintetasa.

<p>ESTACIÓN 5: ATP SINTETASA</p> <p>La ATP sintetasa utiliza los protones (H^+) procedentes del rompimiento de la molécula de agua por el fotosistema II (PSII) y de los introducidos al LUMEN desde el ESTROMA por el complejo $\text{Cyt } b_6f$, para producir ATP a partir de ADP y P_i.</p> <p>Los H^+ fluyen a través de la ATP sintetasa y salen del tilacoide, desde el lumen hacia el ESTROMA, en favor de un gradiente de concentración, generando de esta forma el ATP.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Toma los 18 PROTONES (H^+) que se encuentran en el interior del tilacoide y ubícalos en el ESTROMA. 2. Reclama 18 moléculas de ATP y ubícalas fuera del tilacoide, en el estroma, en el lugar indicado. 	<p>Tablero de navegación</p>  <p>Tablero de juego</p> 
--	--

- Estación 6 Ciclo de Calvin: lanzando el dado, debe recorrer las casillas del ciclo y a medida que cae en las casillas del CO₂, NADPH y ATP, debe depositar las moléculas en el tablero de navegación, para reclamar la molécula de glucosa. (Figura 6.13)


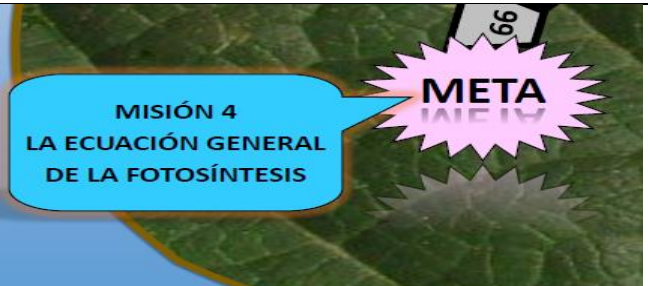
Figura 6. 13. Estación 6: Ciclo de Calvin.

<p style="text-align: center;">ESTACIÓN 6: CICLO DE CALVIN</p> <p>Fabuloso viaje. Esta es la última etapa, vas a ingresar al CICLO DE CALVIN, en el cual el CO₂ es incorporado a la materia orgánica, específicamente en la molécula de glucosa, a partir de una molécula de 5 carbonos, la ribulosa 1,5-bifosfato, para lo cual se utiliza ATP y NADPH.</p> <p>Lanza el dado y de acuerdo al número obtenido avanza por las diferentes casillas. Cuando caigas en las casillas de color rojo realiza lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Casilla de CO₂: traslada las seis moléculas de gas carbónico del cuadro ESTOMA a la primera casilla del CICLO DE CALVIN del tablero de navegación. 2. Casilla de ATP: traslada las 18 moléculas de ATP que obtuviste en la ATP sintetasa del tilacoide a la segunda casilla del CICLO DE CALVIN. 3. Casillas de NADPH: traslada las 12 moléculas de NADPH que obtuviste en el fotosistema I (PSI) a la tercera casilla del CICLO DE CALVIN. <p>Solo podrás salir del ciclo cuando TRASLADES las moléculas al CICLO DE CALVIN del tablero de navegación.</p> <p>Al salir reclama una molécula de GLUCOSA y ubícala en la cuarta casilla del CICLO DE CALVIN.</p>	<p style="text-align: center;">Tablero de navegación</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Tablero de juego</p> <div style="text-align: center;">  </div>
---	---

6.2.9. Misión 4: La ecuación general de la fotosíntesis.

En esta misión los jugadores deberán completar y organizar correctamente la ecuación, para lo cual siguen las instrucciones que se encuentran en la tarjeta de esta misión. (Figura 6.14).

Figura 6. 14. Misión 4: La ecuación general de la fotosíntesis.

<p style="text-align: center;">MISIÓN 4</p> <p style="text-align: center;">ECUACIÓN GENERAL DE LA FOTOSÍNTESIS</p> <p>Aquí debes armar correctamente la ecuación de tu TABLERO DE NAVEGACIÓN. Sigue los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Las seis moléculas de CO_2 ubícalas en el cuadro 1. 2. Las seis moléculas de H_2O ubícalas en el cuadro 2. 3. Los fotones ROJO y AZUL, ubícalos sobre la FLECHA. 4. La molécula de GLUCOSA ubícala en el cuadro 4. 5. Las seis moléculas de O_2 ubícalas en el cuadro 5. <p>Al finalizar, debes gritar FOTOSÍNTESIS y leer a tus compañeros la ecuación general de la fotosíntesis.</p>	<p>Tablero de navegación</p> 
<p>Tablero de juego.</p> 	

En este punto, el jugador que primero llegue debe gritar la palabra fotosíntesis y leer la ecuación general que se encuentra en el tablero de navegación, después del recorrido por las misiones que conforman el juego.

6.3. Prueba piloto

Cinco estudiantes del ciclo V interactuaron con el juego “Viaje al reino de la fotosíntesis”. Durante el ejercicio que busca encontrar aspectos a mejorar a nivel operativo, se realizó un registro fílmico que describiera los principales eventos que se presentaron durante el desarrollo del juego.

El juego se desarrolló en un tiempo de 1 hora y 20 minutos (desde las 10:50 hasta las 12:20), al final del cual se aplicó una encuesta que buscaba detectar las percepciones de los estudiantes acerca del juego. (Ver anexo B).

Los estudiantes comenzaron por leer las instrucciones y enseguida ubicaron las fichas en el lugar de salida, después de lo cual se preguntaron cuál de ellos iniciaba (pues en las instrucciones no se estipula) y decidieron que lanzaban el dado y el que obtuviera el mayor puntaje comenzaba. Así mismo, designaron a un compañero para que fuese el “banco”, es

decir, la persona encargada de administrar las fichas de las cajas de cada una de las misiones y entregarlas a los demás jugadores cuando estos los requieran.

Así, el juego se desarrolló y los estudiantes cumplieron con las 4 misiones. Se presentaron inconvenientes en la primera misión (espectro electromagnético) pues no tuvieron en cuenta que existían en el camino unos cuadros color naranja que coincidían con las tarjetas color naranja en las cuales se estipulaban unas actividades encaminadas a obtener los fotones. Al darse cuenta del error, cada uno de ellos tomo un par de fotones, pues ya se encontraban en la misión 2 (atmósfera terrestre). A pesar de este inconveniente, el juego se logró terminar.

En la siguiente tabla, se registran las evidencias fotográficas de la aplicación y desarrollo del juego.

Tabla 6. 6. Evidencias fotográficas aplicación juego.

<p>Inicio del juego 10:50 a.m.</p>	
--	---

Misión espectro
electromagnético

11:11 a.m.



Misión Atmósfera
terrestre

11:30



Misión Reino de la fotosíntesis: estación ATP sintetasa.

11:56



Misión Reino de la fotosíntesis: Ciclo de Calvin.

12:08 p.m.



Una vez terminado el juego, los cinco (5) estudiantes que interactuaron con el juego respondieron una encuesta (ver anexo B), la cual tiene como objetivo determinar la operatividad del juego y el gusto despertado por este. La tabulación de los resultados se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. 7. Tabulación encuesta prueba piloto.

Estudiante	1	2	3	4	5
1. ¿Qué tan claras fueron las reglas del juego?	Muy claras	Un poco claras	Muy claras	Un poco claras	Muy claras
2. ¿Qué tan divertido te pareció el juego?	Muy divertido	Extremadamente divertido	Extremadamente divertido	Muy divertido	Muy divertido
3. ¿Qué tan fácil fue seguir las reglas del juego?	Un poco fácil	Extremadamente fácil	Muy fácil	Muy fácil	Muy fácil
4. ¿Qué tan interesante fue la presentación del juego?	Muy interesante	Muy interesante	Extremadamente interesante	Muy interesante	Muy interesante
5. ¿Qué tan claras fueron las explicaciones de cada una de las misiones del juego?	Muy claras.	Extremadamente claras	Muy claras	Muy claras	Muy claras

Se detectan algunas dificultades en la claridad de las reglas del juego porque según el concepto de dos (2) de los estudiantes son un poco claras. Sin embargo, tres (3) de ellos opinan que fue muy fácil seguir las reglas del juego. Por estas razones, se modificaron en la hoja de instrucciones los siguientes aspectos:

- Inicia el juego el que obtenga el número mayor al lanzar los dados.
- Se resalta la importancia de comenzar en el sol y de tener en cuenta las casillas naranjas en las que tienen que llevar a cabo unas penitencias para adquirir fotones que se necesitarán en la misión del reino de la fotosíntesis.
- Nombrar a uno de los jugadores para que administre las cajas con las fichas de las misiones.

Tres (3) estudiantes opinan que el juego les pareció muy divertido y dos (2) extremadamente divertido. La presentación del juego les pareció muy interesante y muy claras las explicaciones de cada una de las misiones.

7. Conclusiones y recomendaciones

- El juego es una estrategia didáctica muy importante para el aprendizaje, pues permite que el estudiante interactúe de forma distinta con el objeto de conocimiento. Sin embargo, no es una estrategia que posea un lugar especial en las prácticas educativas actuales y es reemplazado en la mayoría de las ocasiones por herramientas didácticas que no implican la interacción activa con semejantes, dominadas según Lomas (1999) por “los medios de comunicación de masas de la era electrónica, al servicio de la incomunicación humana.”
- En el juego los estudiantes tienen la posibilidad de interactuar con sus semejantes, intercambiando ideas, emociones y conocimientos. Por medio del juego, se puede recobrar y afianzar las relaciones humanas tan indispensables para el desarrollo social, psicológico y emocional de nuestros estudiantes.
- El diseño de instrumentos didácticos basados en la lúdica y el juego, es una estrategia poderosa que puede fomentar el gusto por aprender, pues en un ambiente lúdico el estudiante tiene una actitud positiva frente al conocimiento.
- La construcción y comprensión del concepto fotosíntesis presenta muchas dificultades en los estudiantes de secundaria, pues es un proceso que demanda por parte del estudiante un nivel elevado de abstracción y de manejo de los conceptos. Por lo tanto, esta propuesta didáctica es una alternativa que permite al estudiante acceder a los conceptos propios de la fotosíntesis de una forma sencilla y divertida.
- Se debe promover el diseño e implementación de este tipo de estrategias didácticas basadas en el juego, para recuperar el gusto por el aprendizaje basado en la diversión y de las interacciones humanas que desafortunadamente se están perdiendo en la actual era de las tecnologías de la información y la comunicación.
- Esta propuesta didáctica es susceptible de ser aplicada a estudiantes universitarios de los primeros semestres de licenciaturas en biología o carreras afines.

Bibliografía

- Arts, N. (2002). *Enciclopedia de los juegos de mesa*. Bogotá D.C.: Robinbooks.
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2000). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Barcelona: McGraw-Hill Interamericana/Edicions Universitat.
- Cardona, S. (2012). *Propuesta metodológica para la enseñanza – aprendizaje de la nomenclatura inorgánica en el grado décimo empleando la lúdica. Proyecto de grado para optar al Título de Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Facultad de Ciencias*. Manizales: Universidad Nacional.
- Charrier, M., & Cañal, P. y. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las Ciencias*, 401 - 410.
- Colombia. (s.f.). *Proyecto Educativo Institucional*.
- Curtis, H., & Barnes, S. (2001). *Biología*. Editoria Médica Panamericana.
- De Zubiría, J. (2001). *De la escuela nueva al constructivismo*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Díaz, M. d. (2009). *La estrategia lúdica para la enseñanza de la química. Proyecto de grado para optar al Título de Magíster en Educación*. Maracaibo, Venezuela: Facultad de Humanidades y educación. Universidad de Zulia.
- Garaigordobil, M. (1995). Una metodología para la utilización didáctica del juego en contextos educativos. *Educación, Lenguaje y Educación.*, 91 - 105.
- García, G., & Torrijos, E. (2002). *Juegos de mesa. Los más populares. Historia y reglas*. México, D.F.: Editorial Lectorum, S.A.

- Jiménez, C. A. (2000). *Cerebro creativo y lúdico: hacia la construcción de una nueva didáctica para el siglo XXI*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Lomas, C. (1999). Textos y contextos de la persuasión. Los medios de comunicación de masas y la construcción social del conocimiento. Recuperado el 02 de 2014, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1559/6/05CAPI04.pdf>
- M.E.N. (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales*. Bogotá: M.E.N.
- Orozco de Amézquita, M. (11 de 04 de 2014). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de Curso virtual de Fisiología Vegetal: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000051/lecciones/cap02/02_02_01.htm
- Palacino, F. (2007). Competencias comunicativas, aprendizaje y enseñanza de las Ciencias Naturales: un enfoque lúdico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.*, 6(2), 275 - 298.
- Palacios, N. (2005). La ciencia al alcance de todos: educación científica a través del juego y la diversión. *Revista Magisterio: Educación y Pedagogía.*, 74 - 77.
- Papalia, D., Wendkos, S., & Duskin, R. (2009). *Psicología del desarrollo. De la infancia a la adolescencia*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Quintanilla, M., Daza, S., & Merino, C. (2010). *Unidades didácticas en biología y educación ambiental. Su contribución a la promoción de competencias de pensamiento científico*. (Vol. 4). Fondecyt.
- Saenz, J. (2012). *La fotosíntesis, concepciones, ideas alternativas y analogías. Unidad didáctica dirigida a estudiantes de los ciclos 3 y 4 de educación básica del colegio José María Carbonell*. Bogotá.: Proyecto de grado para optar al Título de Magister en Enseñanza de las Ciencias exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- Salisbury, F., & Ross, C. (1994). *Fisiología Vegetal*. México: Editora Iberoamérica.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology*. Castelló de la Plana: Universitat Jaume I.
- Universidad de Salamanca, España. (19 de Febrero de 2014). *Universidad de Salamanca*. Obtenido de <http://web.usal.es/~jmcsil/biblioteca/biofisica/unizar/Fotosintesis.pdf>

Vásquez, C. (2012). *Propuesta didáctica para la enseñanza de la reproducción en las plantas angiospermas. Proyecto de grado para optar al título de Magister en Enseñanza de las Ciencias exactas y naturales*. Medellín, Colombia.: Universidad Nacional de Colombia.

Anexo A: Instrumento Diagnóstico

COLEGIO RURAL PASQUILLA JM

INSTRUMENTO DIAGNOSTICO

Nombre: Silvia M. Bueno ch. Ciclo: 5 Edad: 16

Lee la siguiente información y responde las preguntas:

El sol está muy lejos de nuestro planeta (ubicado a 149'600.000 kilómetros) y produce grandes cantidades de energía, producto de reacciones nucleares. Esta energía viaja por el espacio y llega hasta nuestro planeta, la cual es indispensable para todos los seres vivos que dependemos de esta energía para vivir.

Las plantas son seres vivos, pero tienen una gran dificultad, no pueden atrapar ni cazar a otros organismos para obtener la materia y energía que requieren en sus actividades vitales.

Piensa y responde las siguientes preguntas:

¿Cuál es la naturaleza de la energía solar? No se.

¿Qué relación existe entre la energía solar y la energía que aportan los alimentos? Las dos son vitales para los seres vivos.

¿Cuál es la razón por la que una planta muere si es colocada en oscuridad permanentemente? Necesita hacer el proceso de fotosíntesis, y sin energía solar no puede.

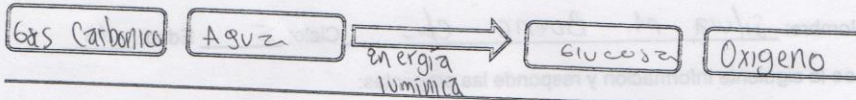
¿Qué relación existe entre el CO₂ (gas carbónico) de la atmósfera terrestre y las biomoléculas (proteínas, lípidos y carbohidratos) que constituyen a los seres vivos? No, no se

¿Para qué las plantas necesitan del gas carbónico? Es lo que ellos ^{convierten en} consumen y luego botan oxígeno

¿De dónde proviene el oxígeno que las plantas liberan hacia la atmósfera terrestre? del CO₂ (gas carbónico)

¿Qué es la fotosíntesis? Realiza un dibujo (al respaldo de la hoja) que explique el proceso. Es el proceso mediante el cual las plantas

Con el siguiente listado de palabras y respectivas fórmulas, ordena la fórmula general de la fotosíntesis en los recuadros: Agua (H_2O), Glucosa ($C_6H_{12}O_6$), gas carbónico (CO_2), oxígeno y energía lumínica.

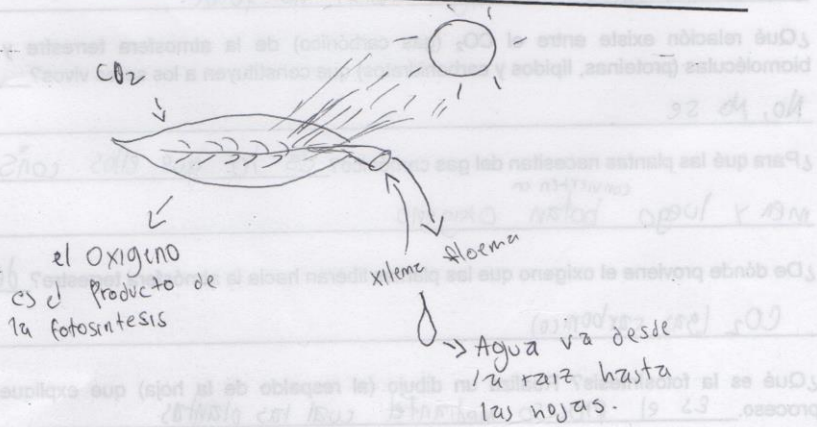


Lee y analiza la experiencia realizada en el siglo XVII por Van Helmont:

Van Helmont cultivó un árbol (un Sauce llorón de 2,5 Kg) con una cantidad medida de tierra (100 Kg), específicamente, y adicionando únicamente agua durante un período de cinco años, el árbol aumentó su masa en 73,85 kilogramos, mientras que la tierra disminuyó la suya en tan sólo 500 gramos. Supuso, que el árbol había ganado masa sólo por el agua que había tomado, sobre todo de las lluvias. Es decir, que la planta solo requería del agua sin necesitar ningún otro componente del suelo."

Explica con tus palabras cual fue el error cometido por Van Helmont en su experimento.

Que la planta toma los nutrientes del suelo y el agua solo los transporta.



Anexo B: Encuesta percepción prueba piloto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
COLEGIO RURAL PASQUILLA I.E.D.

INTRUMENTO DIAGNÓSTICO OPERATIVIDAD JUEGO DIDACTICO VIAJE AL REINO DE LA FOTOSÍNTESIS

Responde las siguientes preguntas una vez hallas interactuado con el juego:

1. ¿Qué tan claras fueron las reglas del juego?

- Extremadamente claras
- Muy claras
- Un poco claras
- Nada claras
- Muy confusas

2. ¿Qué tan divertido te pareció el juego?

- Extremadamente divertido
- Muy divertido
- Un poco divertido
- Nada divertido
- Muy aburrido

3. ¿Qué tan fácil fue seguir las reglas del juego?

- Extremadamente fácil
- Muy fácil
- Un poco fácil
- Un poco difícil
- Muy difícil

4. ¿Qué tan interesante fue la presentación del juego?

- Extremadamente interesante
- Muy interesante
- Un poco interesante
- Nada interesante
- Muy desinteresante

5. ¿Qué tan claras fueron las explicaciones de cada una de las misiones del juego?

- Extremadamente claras
- Muy claras
- Un poco claras
- Nada claras
- Muy confusas