

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
MAESTRÍA EN DESARROLLO EDUCATIVO
LÍNEA: ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

**LA MODELIZACIÓN COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA PROMOVER EL
CAMBIO CONCEPTUAL DE LAS IDEAS PREVIAS QUE LOS MAESTROS
TIENEN SOBRE LA “FOTOSÍNTESIS”**

PROPUESTA DIDÁCTICA
Que para obtener el grado de
Maestro en Desarrollo Educativo

PRESENTA

JUAN MANUEL RAMIREZ MAGOS

ASESOR: ALBERTO MONNIER TREVIÑO

México 2007

Índice

	Pág.
Introducción	4
Capítulo I. Planteamiento del problema	10
1.1. El problema de la enseñanza de la biología	11
Capítulo II. Justificación	17
2.1 Propósitos	21
Capítulo III. Marco teórico	22
3.1. Aportaciones del desarrollo del pensamiento biológico y la fotosíntesis.	22
3.1.1. Algunas aportaciones del desarrollo del pensamiento biológico que tuvieron influencia en el proceso de construcción del modelo de la fotosíntesis.	22
3.1.2. Historia del desarrollo de la fotosíntesis	24
3.1.3. ¿Cómo se descubrió la fotosíntesis?	25
3.2. Naturaleza de la luz	30
3.2.1. Espectro electromagnético	31
3.3. Los cloroplastos	34
3.4. La clorofila y otros pigmentos	36
3.5. Los carotenoides	39
3.6. Las ficocianinas y ficoeritrinas	40
3.7. El proceso de la fotosíntesis	40
3.7.1. Introducción al proceso de la fotosíntesis	40
3.7.2. La fotosíntesis	42
3.7.3. Etapas de la fotosíntesis	43
3.7.4. Los fotosistemas	45
3.8. Reacciones dependientes de la luz (Fase luminosa)	48
3.9. Reacciones independientes de la luz (Fase oscura)	51
3.9.1. El ciclo de Calvin. La ruta de las cadenas hidrocarbonadas	52
3.9.2. Productos de la reducción del carbono	55
3.10. El ATP (adenosin trifosfato)	55
3.11. Constructivismo	56
3.11.1. Constructivismo radical y social	59
3.11.1.1. Constructivismo radical	59
3.11.1.2. Constructivismo social	60

3.11.2. Contexto psicopedagógico	61
3.12. Las ideas previas	63
3.13. El cambio conceptual: hacia la transformación de las ideas previas y el acercamiento a la explicación de los científicos.	65
3.13.1. El cambio conceptual como proceso a largo plazo	66
3.14. La modelización	68
3.15. Metodología	70
Capítulo IV. Propuesta didáctica	72
4.1. Secuencia didáctica	74
Capítulo V. Aplicación de la Propuesta	84
5.1. Resultados	84
5.2. Ideas previas detectadas	84
5.3. Interpretación	91
Conclusiones	91
Referencias Bibliográficas	93
Anexos	98

INTRODUCCIÓN

Diversos autores defienden la utilidad de las actividades experimentales (prácticas) en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, considerando que sus posibilidades educativas han sido sobradamente reconocidas (García, Martínez y Mondelo, 1998; García, 2000; Leite, 2001).

Actualmente, solo para un reducido número de profesores, el éxito y la eficacia de los procesos educativos, enseñanza y aprendizaje relacionados con la ciencia, depende de la utilización de actividades experimentales, entre otras actividades reflexivas, curiosamente esta idea surge al considerarlas como un elemento que se utiliza exclusivamente para comprobar o ilustrar, representando con modelos, los conceptos, teorías o principios científicos tratados previamente, por el profesor, en el salón de clases.

Por otro lado, el hecho de que los libros de texto sean uno de los materiales más empleados por el maestro como apoyo didáctico (Martínez, Vega y García, 1999; Jiménez 2000), los convierte en una pieza clave para la enseñanza de las ciencias, pero según parece, estos libros no manifiestan en su desarrollo interno la importancia que las actividades experimentales tienen, por ejemplo, como una herramienta más para conocer las ideas previas de los estudiantes o para interpretar la riqueza de los conceptos teóricos obtenidos en la interpretación experimental), junto con otros elementos didácticos, para permitir al alumno construir diversos modelos de representación teórica y práctica, que tienen como propósito estimular el aprendizaje (García y Mondelo, 1993) sobre procesos y/o funciones vitales que realizan los seres vivos.

Los estudiantes tienen ideas previas sobre el fenómeno de la fotosíntesis, aún antes de ingresar por primera vez a una institución educativa, el cual se encuentra formando parte del conjunto de temas que se deben desarrollar en los cursos de biología y ciencias naturales; de la misma manera, algunas de las ideas previas, semejantes a las que tienen los estudiantes son compartidas por un gran número de maestros que realizan su práctica docente en diferentes grados educativos, construidas probablemente como resultado de la interpretación que éstos mismos hicieron de los fenómenos naturales observados y posteriormente estudiados durante el desarrollo de su propia formación académica (acción reproductiva de creencias acerca del fenómeno de la fotosíntesis). Dichas ideas o esquemas interpretativos que son

construidos por los propios individuos a través del contexto cultural del que forman parte y de su vida académica, se interiorizan y manifiestan una gran resistencia a cualquier cambio y más al llamado cambio conceptual, el cual no debe interpretarse solamente como un cambio de lenguaje para expresar un conocimiento científico, sino como una reconstrucción de sus propios esquemas interpretativos con respecto a dicho conocimiento que le acerque o le permita lograr una reconceptualización más cercana a la explicación científica de éste fenómeno.

Es de suma importancia que los maestros, como parte del proceso de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que se llevan a cabo en las aulas, deben ser quienes en primer instancia reflexionen, en el análisis de su propia práctica docente, para tomar conciencia entre el realismo ingenuo (El mundo es como lo vemos, lo que no se percibe no se concibe), el realismo interpretativo (Hay cosas que no podemos ver, pero la ciencia nos ayuda a descubrir como son en realidad), y el constructivismo (La física nos proporciona diferentes modelos a partir de los cuales se interpreta la realidad), (Pozo, 2001) y que les vaya permitiendo a través de la reflexión crítica, el ir construyendo su propio conocimiento, para ello es necesario que se trabaje sobre las ideas previas en una confrontación de estas ideas con las teorías científicas que las contradigan, utilizando para ello el conflicto cognitivo, con el propósito de propiciar una reestructuración de esas ideas previas para lograr el cambio conceptual o aproximarse al conocimiento científico más actualizado hasta este momento.

Este trabajo de tesis contiene una Propuesta de Estrategia Didáctica, la cual, a partir de un proceso de modelización, que consiste en este caso, en la realización de una serie de actividades y la construcción de algunos modelos para establecer la relación que existe entre el mundo material y el sujeto que intenta conocerlo (el maestro); tomando en cuenta lo mencionado por Tiberghien (1994) en el aspecto de que cuando los científicos interpretan y predicen hechos experimentales no aplican directamente una teoría sino que con base en ésta construyen modelos que les permiten explicar un fenómeno, situación por la que pasan los maestros para explicar los fenómenos naturales de su entorno.

A partir de esta reflexión, considero que este proceso que se propone le permitirá al maestro acercarse a la construcción del modelo científico que actualmente explica de la mejor manera posible el proceso de la **fotosíntesis**, para lograrlo se sugieren una serie de actividades, además de las

experimentales, las cuales se encuentran insertas en una secuencia didáctica que así mismo, constituye un apoyo didáctico que permita lograr los propósitos de enseñanza y de aprendizaje que se hayan planteado.

Este documento está conformado por cinco capítulos; el primero da cuenta de una serie de problemas que subyacen alrededor de la enseñanza de las ciencias, en general, y de otros aspectos que se considera pueden incidir de manera importante en las estrategias de enseñanza y de aprendizaje que los maestros realizan durante su práctica docente; algunos de éstos son: las ideas que poseen los maestros con respecto a como conciben la ciencia y la enseñanza, los métodos de enseñanza que utilizan, ya que investigaciones recientes sugieren que la mayoría de dichos métodos son de tipo expositivo, la importancia que se les sigue dando a las actividades experimentales como estrategia didáctica, considerándolas la única forma para comprobar conocimientos científicos, el desconocimiento o poco uso que se le da al empleo de la modelización para acercar a los alumnos al modelo científico empleado para describir el fenómeno de estudio y el reconocimiento de que un gran número de maestros no utilizan las ideas previas de los estudiantes como antecedentes para abordar los conocimientos científicos, por considerarlas erróneas y de poca importancia.

El siguiente capítulo, conjunta una serie de reflexiones personales, apoyadas en productos de diversas investigaciones relacionadas con aspectos generales de la educación a nivel internacional y con procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias, en este apartado también se justifica, la elaboración de la Propuesta Didáctica (que espero se traduzca en una Propuesta de Enseñanza), cuyo objetivo es lograr el cambio conceptual de las ideas previas que los maestros tienen con respecto al proceso de la **fotosíntesis**, propiciando la reestructuración conceptual y/o evolución de éstas, ya que se piensa en la fotosíntesis como un simple concepto o conocimiento científico, más que como un proceso biológico de mucha importancia para la vida en nuestro planeta; así como para lograr los propósitos u objetivos planteados en los Programas de Estudio correspondientes.

Como parte fundamental del marco teórico en que se apoya la propuesta considero, en primer instancia, la forma en que es concebida la naturaleza de la ciencia ya que se piensa que incide directamente en los procesos de enseñanza y de aprendizaje que los docentes utilizan; asimismo, se menciona la relevancia del empleo de la modelización como estrategia didáctica para la

enseñanza de las ciencias, en este caso, el tema de la fotosíntesis, sin dejar de mencionar la importancia que tienen las actividades experimentales como parte de la modelización, dado que los contenidos procedimentales no son independientes de los conceptuales, lo que favorecerá un aprendizaje holístico, pues proporcionan al alumno un campo de pruebas donde puede ampliar sus experiencias y modificar sus ideas e interpretaciones, haciéndolas más coherentes con el conocimiento científico, (Lunetta, 1998; Izquierdo, San Martín y Espinet, 1999).

Tomando en cuenta, además, las características que deben tener las actividades de modelización empleadas, para que realmente constituyan un apoyo en la reflexión crítica que propicie el aprendizaje de los maestros y de esta forma coadyuvar en el logro o aproximación del cambio conceptual, a partir de la transformación o reestructuración de sus ideas previas relacionadas con conceptos, teorías, procesos y principios del ámbito científico en general y del proceso de la **fotosíntesis** en particular.

A continuación se, menciona la importancia que tiene para los maestros reconocer, a partir del análisis y reflexión, la forma en que realizan su práctica docente, la cual es muy importante para promover el cambio de actitud que los estudiantes manifiestan hacia el aprendizaje de las ciencias. Al concientizar, analizar y transformar la forma de enseñanza y por supuesto la del aprendizaje, mediante la utilización de métodos y estrategias que propicien la participación del alumno en su propia construcción o reconstrucción de conocimientos científicos; se puede coadyuvar a lograr el cambio conceptual de aquellos esquemas teóricos que de forma personal se han construido y que aún se conservan como verdaderos.

Así mismo, se mencionan los propósitos que se pretenden alcanzar con los maestros, al desarrollar la presente Propuesta didáctica

En el capítulo III se presentarán los referentes teóricos que sirven como marco de sustento para dicha propuesta didáctica. Este marco se inicia con una breve descripción de la Historia de la Biología para conocer cuales fueron las aportaciones más relevantes que se han hecho a esta ciencia desde la antigüedad hasta nuestros días; se continúa con el Desarrollo Histórico de la Fotosíntesis, en el que se menciona como, a partir de una serie de acontecimientos realizados por un grupo de científicos, se llegó al reconocimiento de que las plantas se nutren de compuestos orgánicos que ellas mismas elaboran, a partir de sustancias inorgánicas, llegándose así a la

construcción del concepto actual de la fotosíntesis; además fue muy importante conocer las características que poseen los diversos elementos que intervienen en la serie de procesos químicos que se llevan a cabo durante éste fenómeno, como son: la luz, como fuente de energía que utiliza la planta al iniciarse el proceso fotosintético; para estudiar la luz lo podemos hacer a través del espectro electromagnético, el cual viaja en forma de ondas que tienen diferentes frecuencias, como parte de éste se encuentra la luz visible que es captada por las plantas para realizar el proceso de la fotosíntesis; los cloroplastos, que son las estructuras celulares en cuyo interior se encuentran, la clorofila y otros pigmentos; la clorofila, que es un pigmento que se encarga de capturar la luz y reflejarla, actuando como detonador para que se inicie el proceso antes mencionado.

En este mismo capítulo se explica de manera específica como se lleva a cabo el proceso de la fotosíntesis, haciendo énfasis en la fase luminosa y la fase oscura, describiendo de forma general las reacciones químicas que en cada una de ellas se realizan y su representación.

Parte importante para el diseño y construcción de la propuesta didáctica es la perspectiva epistemológica y teoría del aprendizaje que proporcionarán el sustento teórico, el enfoque epistemológico que se plantea es el constructivismo, por ello se abordan las características generales y particulares que lo constituyen, así como dos elementos que le son inherentes: las ideas previas y el cambio conceptual; también se hace referencia a algunos resultados de investigaciones realizadas en este campo.

La estrategia didáctica que se empleará para llevar a cabo dicha propuesta didáctica tiene como base principal la modelización, considerada como una actividad central en el desarrollo de la ciencia (Bunge, 1985; Bachelard, 1991; Snyder, 200), ya que la resolución de un fenómeno natural que se estudia siempre demanda su representación mediante un constructo como el modelo científico. Pero también, entendiendo la idea de modelización como el proceso de reestructuración de los esquemas mentales o teorías implícitas que los individuos poseen con respecto a un conocimiento científico: asimismo, el modelo como una representación provisoria, perfectible e idealizada de una entidad física o de un fenómeno natural (Bunge, 1985 y Hallon, 1996).

En el capítulo IV se presenta y desarrolla la propuesta didáctica: metodología, actividades y secuencia didáctica, tomando como referencia teórica la idea que sobre el enfoque constructivista se tiene, “aprender y enseñar lejos de ser

únicamente procesos de repetición y acumulación de conocimientos, implican transformar la mente de quien aprende que debe reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos” (Pozo 1998), lo cual le conduce al cambio conceptual de sus propios esquemas interpretativos de una forma lenta, progresiva y a largo plazo (Driver, 1987).

En el capítulo V, una vez terminada la elaboración de la propuesta didáctica, se aplicará ésta con fines exploratorios, a los alumnos de la Especialización “Enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales”, que se imparte en la Universidad Pedagógica Nacional; se presentan los resultados obtenidos y la interpretación que se hizo de los mismos, lo que nos permitirá reconocer los aciertos y limitaciones que tenga y a partir de su detección poderla mejorar. Posteriormente, como resultado de la aplicación y de evaluación general que se realice de la propuesta, se presentan las conclusiones.

Al final de esta propuesta didáctica se encuentran las referencias bibliográficas consultadas para la realización de la misma y los anexos.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante mucho tiempo enseñar ciencia supuso casi exclusivamente, la transmisión de una serie de conocimientos que se encontraban muy alejados del entorno, intereses y necesidades de los alumnos (Llorens, 1980); como podemos observar, esta idea expresada hace veinticinco años, parece ser que todavía se encuentra vigente entre una gran cantidad de maestros de todos los niveles educativos de nuestro país.

Por esto y otros aspectos relacionados con los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias, es que en la actualidad se hace manifiesta, por parte de los maestros y los estudiantes de estos niveles educativos (Educación Básica, Media Superior y Superior), que existe una crisis en la educación científica, ya que los estudiantes, aparentemente, aprenden cada vez menos lo que se les enseña y no muestran mucho interés por esto; en una gran cantidad de países, incluyendo México, “esa crisis en la educación científica que se manifiesta no solo en las aulas sino también en los resultados de las investigaciones didácticas que se han realizado al respecto, relacionadas con las ciencias, es atribuida por muchos a los cambios educativos introducidos en los últimos años en los currículos de estas disciplinas” (Pozo, 2001)

Tal aseveración se debe a que no van a la par los cambios mencionados con los métodos de enseñanza que poseen los maestros, lo que impide que con los elementos didácticos que en ese momento están empleando en sus procesos de enseñanza y aprendizaje, puedan dar respuesta inmediata a dichas transformaciones.

Parte de esos cambios es la que se refiere a la importancia que se les debe dar a las ideas previas que poseen los alumnos con respecto a ciertos fenómenos naturales, que son interpretados por aquellos utilizando el sentido común y que los maestros consideran como errores conceptuales ya que no tienen una base “científica”, por lo que no son tomadas en cuenta para propiciar un aprendizaje más significativo y la transformación de éstas para lograr un cambio conceptual.

Tomando en cuenta, además, que los modelos de enseñanza institucionalizados (tradicionales), es decir rutinarios y habitualizados, con su enfoque formal y su rígida separación entre los conocimientos científicos y lo cotidiano son incompatibles para enfrentar los nuevos retos que la misma sociedad se plantea, considerando que ésta se desarrolla de tal manera que ya

es imposible considerar a la ciencia que se brinda en las escuelas como un mero complemento de la educación en general (Bernal, John, 1992).

Por ello, uno de los problemas educativos de mayor complejidad y urgentes, que se deben resolver, es la enseñanza de la ciencia, considerando los pobres resultados que obtienen los estudiantes, de los altos índices de reprobación de los que se tiene conocimiento a través de las investigaciones realizadas al respecto, del escaso o nulo interés que muestran, y que como consecuencia se traduce en un aprendizaje deficiente.

Investigaciones recientes, como las realizadas por Cañal, P. (1992) y García, E. (1999), sobre las clases que se imparten en las aulas, relacionadas con las ciencias naturales, en educación primaria y en educación secundaria, con la biología, sugieren que la mayoría de los métodos de enseñanza utilizados por los maestros son expositivos, los cuales siguen predominando, debido probablemente a su repetición constante, rutinaria y permanente con que los emplean durante su práctica docente.

El paradigma dominante en la enseñanza de la ciencia es:

- 1 La enseñanza es equiparada a la transmisión de información a los estudiantes.
- 2 El aprendizaje es equiparado a la adquisición de esa información, con bastante frecuencia por memorización.
- 3 La evaluación del aprendizaje equivale a recapitular la información transmitida, para determinar que estudiantes han tenido éxito en la adquisición de ésta (Gallagher, 1989).

1.1. El problema de la enseñanza de la Biología

En la actualidad, la Biología es una ciencia que transforma o va reestructurando sus conocimientos de acuerdo al avance mismo de la investigación científica, demostrando con ello que los conocimientos descubiertos en este ámbito no son absolutos sino relativos, y que la actividad experimental que llevan a cabo para ello, por sí misma, no proporciona el conocimiento sino que trae precediéndola, un cúmulo de teorías que permiten a los científicos elaborar sus modelos explicativos acerca de los diversos fenómenos biológicos que ocurren en la naturaleza; esta forma de proceder de los hombres de ciencia debe ser tomada en cuenta en la actitud de los maestros al abordar temas específicos de esta ciencia, considerando que la actividad experimental debe ser un recurso didáctico para promover la confrontación de

ideas que coadyuven al desarrollo de habilidades mentales que les permitan a sus estudiantes construir o reconstruir sus propias teorías o modelos explicativos de los fenómenos estudiados.

“La biología es una ciencia que se ha enseñado mediante la elaboración de argumentos, para explicar los fenómenos que ocurren en este ámbito, mediante un método histórico-narrativo” (Mayr, 2000).

Aunado a lo anterior, encontramos que “hasta ahora, la enseñanza tradicional en biología se ha basado más en un enfoque más descriptivo y contemplativo que deductivo y empírico, sin embargo, esta forma de aproximación al mundo vivo puede suponer un obstáculo en el momento actual, en el que la sociedad debe estar bien formada en los temas que más repercuten en su forma de pensar y de entender el fenómeno “vida” en todas sus dimensiones”. (Jouve, 2003); lo cual le debe dar otro significado a la forma en que los maestros concebirán el proceso de enseñanza y la postura que tendrán que asumir los estudiantes durante su aprendizaje.

Por ello, en el marco del II Congreso Iberoamericano de Educación (2003) en Ciencias Experimentales, se llegó después de una serie de disertaciones con respecto a la Biología, al planteamiento de algunas observaciones con respecto a ésta:

- 1 Se requiere más solidez en la formación de los contenidos de Biología, impulsando en la formación básica la realización de actividades de campo y experimentales.
- 2 Se recomienda educar para mejorar la calidad de vida, y no solo para pasar un examen, esto significa que debe ser útil para la vida en sociedad y contribuir a la educación científica del ciudadano.
- 3 Los contenidos que se seleccionen para su impartición deben tener un gran potencial de integración con otras disciplinas o áreas del conocimiento, con la finalidad de evitar una visión fragmentada de la realidad.
- 4 Los criterios para la selección y organización deben considerar elementos epistemológicos, psicológicos y socioculturales.

5 En clase, propiciar el contacto con lo vivo y con situaciones problematizadoras e integradoras.

Por lo que respecta a las clases de laboratorio (actividades experimentales) rara vez son aprovechadas ya que la mayoría de las veces se limitan a la realización de prácticas improvisadas, ya que como menciona Riveros (1995), apenas llegan al nivel de experimentos de demostración cualitativa, o bien se adoptan métodos como el de proporcionar a los alumnos un recetario con los pasos que debe ejecutar aun sin entender por qué y sin saber a donde le conducirán finalmente.

Otro error que se comete frecuentemente, por parte de los docentes, es el de considerar a las actividades experimentales solamente como un apoyo didáctico de las clases teóricas impartidas en el salón de clases, ya que como se mencionó anteriormente, su uso se restringe a tratar de corroborar los conocimientos científicos adquiridos por los alumnos, lo cual nos lleva a reconocer que generalmente se incurre en la comprobación de lo que el maestro impartió en el aula.

Aspecto importante a considerar en la enseñanza de los conocimientos relacionados con la biología, es que se reconoce por parte de un gran número de maestros que no se utilizan las ideas previas de los estudiantes para abordar el contenidos anteriormente mencionados, o de otros temas contenidos en cualquiera de las ciencias naturales, por considerarlas equivocadas, puesto que la mayoría de las veces dichas prenociones no corresponden a los conceptos o ideas expresadas en los contenidos científicos referidos a éstas.

Con relación a las prenociones que poseen los alumnos, se ha podido constatar (Charrier, M. 1997 y 2001) que una gran cantidad de maestros también tienen una serie de ideas previas sobre ciertos conceptos, principios, teorías y procesos biológicos, como la fotosíntesis, muy similares a las que manifiestan sus estudiantes, razón por la cual no ven la necesidad de transformarlas ya que le son útiles para poder explicar un fenómeno, teoría o un proceso biológico, como es el de la fotosíntesis o cualquier otro, evitando así cualquier pregunta que pudieran hacer los estudiantes que lo pudieran comprometer. Esta situación se presenta aún después de haber tomado diferentes cursos relacionados con la formación en ciencias; lo cual podría ser un factor que nos permite reconocer el porque la mayoría de las veces, los maestros solo transmiten de manera expositiva, los contenidos científicos que se encuentran en los libros de texto.

Considerando algunos de los resultados obtenidos en investigaciones que se han realizado con respecto a las ideas previas de los estudiantes, podemos decir que se pone de manifiesto “que antes de iniciar un aprendizaje formal de la ciencia, los estudiantes poseen ideas de este tipo sobre las leyes que rigen el mundo que les rodea” (Driver y Erickson, 1983), aun cuando no tengan la capacidad para expresarlas en términos científicos.

Para propiciar la transformación de ideas previas que poseen los estudiantes con respecto al proceso de la fotosíntesis, es conveniente y necesario que primero sea el maestro quien logre o se aproxime lo más cerca que le sea posible al cambio conceptual de dicho proceso, ya que como se mencionó anteriormente, él también posee ideas similares a las de sus estudiantes como parte de su propia cultura, resultado de los aprendizajes adquiridos durante su paso por los diferentes niveles educativos que cursó.

Dichas ideas previas relacionadas con el proceso de la fotosíntesis son resultado de la intervención de una compleja red de factores, algunos de los cuales son mencionadas por Battinger (1988) y por Cañal (1990) como: una deficiente formación científica de los docentes en servicio con relación a este concepto, inadecuada e insuficiente preparación académica, materiales curriculares de planteamientos tradicionales contenidos no actualizados y frecuentes errores, esquema rígido de la organización escolar e influencias negativas del contexto sociocultural cotidiano.

A continuación se presentan algunas de esas ideas previas que poseen los maestros con la intención de contrastarlas con las que tienen ciertos estudiantes y que se pretende transformar con la utilización de la Propuesta didáctica que se presenta en este documento.

Las plantas obtienen todo su alimento del suelo por las raíces (Cañal 1990).

Las plantas realizan la fotosíntesis para crecer (Cañal 1990).

El oxígeno de la fotosíntesis es utilizado por la respiración por la noche (Cañal 1990).

Wandersee (1983), Songer y Mintzes (1994) también hacen mención de algunas ideas previas expresadas por los maestros con relación a la fotosíntesis:

Las plantas necesitan el dióxido de carbono para producir energía; la energía luminosa es la fuente de energía para la planta Songer, C.J. & Mintzes, J. J. 1994).

El suelo no tiene nada que ver con el crecimiento de la planta. (Wandersee, J. H. 1983).

Las plantas convierten la energía del sol directamente en materia. Wandersee, J.H. 1983).

El papel principal de las hojas es capturar la lluvia y el vapor del agua del aire. (Wandersee, J.H. 1983).

El papel principal de las hojas es capturar el calor del sol. (Wandersee, J. H. 1983).

Las plantas absorben el oxígeno del aire durante la fotosíntesis. (Wandersee, J. H. 1983).

La clorofila es la sangre de las plantas. (Wandersee, J. H. 1983).

La clorofila ya no está en el aire en el otoño por lo que las hojas no pueden obtener alimento. (Wandersee, J. H. 1983).

En el otoño, la clorofila no puede pasar del tronco a las hojas - una pequeña válvula en el tallo de la hoja se cierra. (Wandersee, J. H. 1983).

Hay cosas flotando en el aire para que las plantas vivan. (Wandersee, J. H. 1983).

Las plantas producen oxígeno y azúcar en el proceso de fotosíntesis (**correcta**). (Songer, C. J. & Mintzes, J. J. 1994).

Las plantas realizan en la fotosíntesis, la reacción luminosa, la cual consume dióxido de carbono y produce oxígeno, y la reacción oscura, que consume oxígeno y produce dióxido de carbono. (Songer, C. J. & Mintzes, J. J. 1994). (<http://ideas.previas.cintrum.unam.mx> 2048/)

Como podemos observar, algunas de las ideas manifestadas por los maestros, relacionadas con el proceso de la fotosíntesis, son muy semejantes a las expresadas por algunos estudiantes que se encuentran cursando cualquiera de los tres niveles educativos (primaria, secundaria y medio superior), por ello se considera necesario que los maestros transformen dichas ideas para asimismo, promover dicho cambio en las de sus propios educandos.

Para que los maestros cuenten con algunos elementos que les permitan construir o reconstruir su propio concepto sobre la fotosíntesis es necesario, utilizar algunas estrategias que lo lleven a reflexionar sobre sus propias ideas, entre las cuales se encuentra la modelización, ya que es un proceso durante el cual se pueden ir generando conflictos cognitivos para que éstos se vean en la necesidad de investigar a través de diferentes fuentes que proporcionan información científica con respecto a la fotosíntesis y de esta forma confrontar los conceptos ahí contenidos con sus ideas iniciales, lo que les permitirá ir construyendo sus propios marcos referenciales relacionados con el proceso de la fotosíntesis.

CAPITULO II. JUSTIFICACIÓN

Uno de los elementos importantes en el proceso enseñanza- aprendizaje de las ciencias, es sin duda alguna, el maestro y la forma en que concibe a las ciencias, es decir, su forma de pensar respecto a ellas. (Marcelo, 1994). considera que “éste no es un técnico que aplica instrucciones, sino un individuo constructivista que procesa información, toma decisiones, genera rutinas y conocimiento práctico, pero además posee creencias que influyen en su actividad profesional”.

Asimismo se asume que dichas concepciones o creencias que poseen los maestros sobre la naturaleza de la ciencia afectan las propias ideas que a este respecto tienen los alumnos e influyen de manera directa en el ambiente de aprendizaje que se establece en el salón de clases, con la finalidad de propiciar la construcción o reconstrucción del conocimiento científico, por parte de los estudiantes (Lederman, 1992).

Para lograrlo es necesario que los maestros tengan conciencia respecto a la forma en que realizan de forma cotidiana su práctica docente, lo cual, considero, les llevaría a reflexionar y analizar las concepciones de ciencia que posee y el problema que éstas pueden representar, al repercutir en los métodos y estrategias didácticas que utiliza para lograr el aprendizaje que permita construir o reconstruir las ideas previas que sus estudiantes tienen, con respecto a ciertos conceptos o fenómenos científicos.

Un punto de partida es el reconocimiento de la postura epistemológica en que se encuentran sus propias concepciones con respecto a la ciencia, al analizar sus principios epistemológicos con los que mencionan algunos autores, por ejemplo, las posturas propuestas por Pozo (2001), las cuales se describen a continuación:

El realismo ingenuo, este menciona que la realidad es tal como la vemos, es decir, el mundo biológico es tal como lo vemos, lo que no se percibe no se concibe, como ejemplo podemos citar algunas creencias (ideas previas) que se tienen sobre el proceso de la fotosíntesis: Las plantas por el hecho de ser verdes realizan la fotosíntesis, es decir la característica macroscópica del color verde lo determina y punto; o que por la noche las plantas verdes consumen oxígeno al respirar y desechan dióxido de carbono, por ello no hay que tener plantas dentro de las habitaciones cuando dormimos porque nos roban el

oxígeno y además, pueden tener la idea previa de que la fotosíntesis la realizan solamente durante el día (fase luminosa).

La siguiente postura constituye un avance respecto al realismo ingenuo, y esta sería el **realismo interpretativo**, es concebido como una perspectiva, donde la realidad existe y tiene sus propiedades, aunque no siempre podamos conocerla directamente, pero por medio de la ciencia y la técnica podemos saber cómo es realmente, esto quiere decir que se es un creyente de lo que la ciencia dice, por ejemplo: existen cosas que no podemos ver, pero que la biología, por medio de sus contenidos, nos ayuda a descubrir cómo son en realidad.

Otra dimensión epistemológica en la que se podrían encontrar ubicados los maestros, es la postura **constructivista**, es una dimensión epistemológica en la que el conocimiento científico es concebido como una construcción que nos proporciona modelos alternativos para interpretar la realidad, pero que no son parte de esa realidad, por ejemplo; el considerar que la biología nos proporciona modelos por medio de los cuales se puede interpretar la realidad.

A partir de reconocer el maestro en cual de estas posturas epistemológicas con respecto a sus concepciones de ciencia se encuentra, estaría en condiciones de actuar sobre sus propios procesos cognitivos o procesos mentales para ir pasando de una postura a otra, hasta acceder a la dimensión constructivista.

Aprender ciencia desde una perspectiva relativista, por lo tanto, no debe circunscribirse solamente a la adquisición de conocimientos absolutos y verdaderos, sino como un proceso que conduzca a los alumnos hacia un cambio conceptual, reconociendo que el conocimiento se transforma siempre a través del tiempo, desde sus ideas previas hacia los conceptos científicos, para que tenga la posibilidad de interpretarlos adecuadamente en el contexto de la ciencia en el que se desarrollaron, mediante la construcción o reconstrucción de sus propias teorías o modelos explicativos, así como de la “realidad” que es interpretada por ellos mismos; es por esto que se puede decir que “lo que necesitan los alumnos de la educación científica no es tanto más información, como sobre todo la capacidad de organizarla e interpretarla, de darle sentido”. (Pozo, 2001).

Con el marco establecido referente a las ciencias, su importancia, su concepción por parte de los profesores y algunos apuntes sobre las ideas previas de los estudiantes, así como de la forma en que estas son construidas por ambos, podemos incursionar en el ámbito de la Biología, que es la ciencia

en la que se encuentra inserto como conocimiento, el proceso de la fotosíntesis; el cual es en este trabajo el objeto de intervención para realizar una propuesta didáctica orientada a lograr o aproximar a los maestros que lo imparten, al cambio conceptual de las ideas previas que poseen sobre este proceso.

Considerando lo anterior y por la serie de cambios que se han dado en la forma de producir y propiciar el aprendizaje de los conocimientos científicos, surge la necesidad de utilizar nuevas estrategias didácticas, a partir de una perspectiva epistemológica desde la cual se intente explicar la forma en que los sujetos construyen o reconstruyen su propio conocimiento y que por ende, permita ir definiendo las estrategias didácticas más adecuadas para lograr el aprendizaje y los procesos que se realizan en éstas, así como las prácticas sociales formales e informales facilitadoras de éstos (Ortega, 1995); la cual puede tener como base un enfoque denominado constructivismo, que no es realmente nuevo ya que tiene detrás de sí una historia filosófica que lo sustenta (Vico 2000), “ la idea básica del llamado enfoque constructivista es que aprender y enseñar, lejos de ser simples procesos de repetición y acumulación de conocimientos, implican transformar la mente de quien aprende, que debe reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos” (Pozo,2001), por lo tanto, la función del maestro es hacer pensar al estudiante y no hacerlo por él o en todo caso, pensar junto con éste. Es por ello que considero importante plantear una estrategia didáctica con basada en la perspectiva epistemológica llamada constructivismo para promover la transformación de las ideas previas que tienen los maestros sobre el proceso de la fotosíntesis, ya que la mayoría de las veces dicho proceso es transmitido de la misma manera a sus estudiantes; lo que les permitirá, así mismo, reflexionar sobre la forma en que es enseñado este tema y los conocimientos que respecto a éste construyen sus estudiantes, es decir los aprendizajes adquiridos por éstos.

Por lo tanto, los contenidos científicos relacionados con la Biología, que forman parte de la currícula escolar de los diferentes niveles educativos en los que se realiza la práctica docente, deben ser tratados de tal manera que sus conceptos y principios, le permitan al estudiante transformar sus ideas previas de tal manera que desarrolle la capacidad de referirlos a situaciones concretas que se puedan interpretar de la mejor manera posible desde unos principios, más que desde otros; así que conforme el estudiante se va explicitando dichas situaciones, profundiza en niveles de interpretación más complejos y en una multiplicación de éstos. Lo importante es que al adquirirlos “sepa traducir una

situación a otra, sepa dialogar entre ellas, que significa estar en un nivel o en otro, comprenda, por ejemplo, la relación que existe entre el átomo y la célula, y muchas cosas más” (Pozo, 2003).

Para lograr que este tipo de transformación se realice, es necesario utilizar estrategias didácticas reflexivas más activas que le otorguen un lugar especial a la búsqueda del conocimiento científico, por parte del estudiante y que le exijan que cualquier conocimiento sea construido o reconstruido por el mismo y no solamente adquirido mediante la transmisión que de éste, haga el maestro en el aula, en mi opinión y tomando en cuenta mi experiencia como maestro de Biología durante muchos años, en los niveles de educación básica y media superior, considero que desde una perspectiva constructivista es la modelización como estrategia didáctica la más adecuada para que dicha transformación se propicie.

Las actividades realizadas durante el proceso de la modelización puede ser una de las estrategias didácticas más eficaces para acrecentar el interés de los estudiantes en la construcción o reconstrucción de explicaciones a los fenómenos naturales que ocurren en su entorno, porque propician la argumentación de sus propias ideas con las de sus compañeros, reflexionar sobre ellas y contrastarlas con los conocimientos científicos que van construyendo, lo que les permitirá la elaboración de esquemas teóricos más orientados hacia el cambio conceptual de sus ideas previas.

La serie de actividades que se realicen en el aula o en espacios predeterminados para ello, le deberán proporcionar libertad al alumno para que actúe y exprese sus ideas previas sobre el conocimiento científico sobre el fenómeno a estudiar; también le otorgará mayores posibilidades de llegar por sí mismo a lo que se espera que construya o reconstruya, para lograr acercarlo, lo más que se pueda, al cambio conceptual, que debe ser uno de los principales propósitos planteados por el maestro, para la enseñanza de las ciencias.

Por otra parte, y dado que los contenidos procedimentales no son independientes de los conceptuales, las actividades experimentales pueden favorecer el aprendizaje holístico de ambos, pues proporcionan al alumno un campo de pruebas donde puede ampliar sus experiencias y modificar sus ideas e interpretaciones, haciéndolas más coherentes con el conocimiento científico, siempre y cuando estén adecuadamente diseñadas y orientadas por el docente (Lunetta, 1998; Izquierdo, San Martín y Espinet, 1999).

El problema que representa el que los maestros conserven ciertas prenociones sobre el proceso de la fotosíntesis, siendo este un tema que se debe impartir en diversos niveles educativos, me llevó a pensar que es necesario, si queremos que los alumnos se acerquen al cambio conceptual de este concepto, que en primer término lo hagan los maestros, ya que al hacerlo propicia una transformación, no solo conceptual sino también una nueva forma de ver el contexto en el que se desarrolla su práctica docente, proporcionándole, además, una nueva perspectiva de sus estudiantes y de los elementos que inciden en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias.

2.1. Propósitos

Propósito general:

Reflexione en forma analítica y crítica sobre las ideas previas que tiene acerca del proceso de la fotosíntesis y las confronte con los modelos explicativos que dan los científicos al mismo, a través de diversos conflictos cognitivos para lograr insatisfacer sus concepciones iniciales que lo lleven a la búsqueda de la transformación de éstas, con una orientación cada vez más científica.

Propósitos particulares

Mediante el desarrollo de la propuesta didáctica se pretende que el maestro:

- Identifique en forma analítica y crítica la diferencia que existe entre sus ideas previas del proceso fotosintético, con las explicaciones que los científicos han construido de éste.
- Confronte sus ideas previas del proceso fotosintético con las elaboradas por los científicos acerca de este proceso a través de conflictos cognitivos previamente elaborados, a partir de rupturas epistemológicas específicas en las que se analicen los cambios ocurridos entre los modelos que los hacen inconmensurables.
- Reconozca la inconsistencia de sus ideas previas en la explicación del proceso fotosintético y se encuentre en condiciones de ir estructurando mejores explicaciones a través del análisis de diversos textos científicos.
- Construirá un modelo explicativo del proceso de la fotosíntesis, con base en fundamentos científicos, que explique la transformación del conocimiento científico a través del tiempo.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.

3.1. Aportaciones del desarrollo del pensamiento biológico y la fotosíntesis.

3.1.1. Algunas aportaciones del desarrollo del pensamiento biológico que tuvieron influencia en el proceso de construcción del modelo de la fotosíntesis.

El desarrollo del pensamiento biológico fue permitiendo encontrar mejores formas de comprender el mundo biológico macroscópico y posteriormente el microscópico; el propósito de este subtema es proporcionar algunos antecedentes del cómo se fueron dando estas aproximaciones.

En comparación con otras ciencias naturales como la Física y la Química, la Biología es una ciencia relativamente reciente, sin embargo, desde hace años el hombre ha observado a los seres vivos y su ambiente tratando de encontrar una explicación a lo que ocurría a su alrededor. Fue en Grecia donde se estudiaron por primera vez las plantas y los animales, considerando primero sus características externas, lo cual permitió que Aristóteles (384-322), tomando en cuenta, además de las características morfológicas (forma), sus observaciones con respecto a ciertas características fisiológicas o usos similares, elaborará la primera clasificación biológica de los seres vivos y a continuación describiera algunas partes del cuerpo humano.

Posteriormente, Teofrasto (372-287) tomando en cuenta los lineamientos establecidos por Aristóteles para su clasificación, se dio a la tarea de clasificar aproximadamente 500 clases diferentes de vegetales, razón por la cual se le puede considerar como el primer botánico que existió.

Plinio el Viejo, durante la primera parte del siglo I, escribió un texto denominado Historia Natural, en el cual describía un gran número de plantas y animales que existían en esa época en Grecia.

Herófilo de Caledonia (300 a.C.) realizó estudios sobre el funcionamiento de los nervios y del cerebro humano; años después sus estudios fueron retomados por Galeno (130-200 a.C.) considerado como el médico más importante de la antigüedad.

Hasta el siglo XVI, se comenzaron a dar cambios radicales en las explicaciones de la biología, por ejemplo: los trabajos de Andreas Vesalius ya

permiten la primera interpretación cuidadosa y sistemática de las estructuras anatómicas del cuerpo humano, Jeronome Boch elabora la primer clasificación de las plantas, sustentada como un sistema natural, Girolamo Fracastoro describe en forma sistemática el contagio de las enfermedades, entre otras aportaciones; lo importante de este periodo son las explicaciones teóricas que permiten el estudio de una realidad compleja que el ser humano trata de comprender a través de la caracterización de diversos objetos de estudio.

El siglo XVII fue un periodo muy importante para la Biología, ya que se lograron una serie de aportaciones que coadyuvaron a la comprensión de la vida en general y condujeron a una gran cantidad de conocimientos científicos, como los siguientes: Robert Hooke publica “Micrographia”, en el que representa su concepto de célula y señala que todos los seres vivos están formados por pequeñas unidades (células), Francesco Redi, se opone parcialmente a la “teoría de la generación espontánea” de algunos seres vivos y propone su propia teoría, Antoni van Leewenhoek, perfecciona el microscopio señalando la existencia de “animálculos”, lo relevante de este periodo, entre otras cosas, son las diversas metodologías y tecnologías que permitieron al ser humano asomarse al mundo microscópico y a nuevas formas de explicarse los cambios biológicos.

El siglo XVIII periodo en el que se realizan una serie de conocimientos científicos de gran importancia para el desarrollo de la biología, por ejemplo: se observaron por primera vez los espermatozoides, y se creyó ver un pequeñísimo individuo perfectamente formado; Lázaro Spallanzani demostró que la digestión de los alimentos se realiza por medio de un proceso químico; Lavoisier demuestra que la respiración es un proceso químico en el que se consume oxígeno; Erasmo Darwin postula que la evolución de los seres vivos tienen la facultad de seguirse perfeccionando gracias a su propia actividad.

En el siglo XIX, se presentan cambios en las concepciones del mundo macro y microscópico, con los trabajos de científicos como Nicholas T. de Saussure, quien desarrolla un primer intento cuantitativo del proceso de la fotosíntesis, Joseph L. Gay Lussac realiza la teorización para determinar la ecuación de la fermentación alcohólica, Justus van Liebig, determina “la ley del mínimo”, en la que concluye cual es la cantidad de elementos mínimos que requiere una planta para sobrevivir.

En el siglo XX se da una gran aportación teórica al contexto biológico relacionado con la fotosíntesis, al construirse el modelo de la estructura química de la clorofila, realizado por Richard Willstätter.

Aportaciones como las antes descritas fueron proporcionando las herramientas teóricas que permitieron abordar el estudio de fenómenos tan relevantes como el de la fotosíntesis.

3.1.2 Historia del desarrollo del pensamiento biológico y su influencia en la fotosíntesis.

Una de las teorías que tratan de establecer la forma en que se originó la vida en nuestro planeta menciona que fue a través de la aparición de algunos elementos químicos, que a su vez fueron uniéndose para formar una serie de compuestos, en un principio inorgánicos y posteriormente orgánicos, que se fueron mezclando para dar lugar a la aparición de otro tipo de moléculas más complejas de las que se derivarían las primeras células primitivas (coacervados), consideradas como la primera manifestación de vida sobre la Tierra.

Después de millones de años de evolución de los primeros organismos que existieron sobre la Tierra, algunos de éstos se adaptaron a vivir en una atmósfera primitiva que no tenía oxígeno; ya que como resultado de los procesos vitales que realizaban estos organismos liberaban una gran cantidad de dióxido de carbono (CO_2) que se fue acumulando en la atmósfera, lo que provocó la formación de una atmósfera reductora (sin oxígeno). Este proceso, que se realizó durante millones de años, trajo como resultado la aparición o surgimiento de los primeros organismos que usaron el dióxido de carbono existente en esta atmósfera (organismos autótrofos), quienes comienzan a realizar un proceso que les permite elaborar sus propios alimentos y liberar oxígeno a la atmósfera, lo que ocasiono que lentamente se fuera transformando ésta en oxidante (con oxígeno); a dicho proceso se le dio el nombre de fotosíntesis.

De esta forma y hasta la fecha, la vida de todos los seres vivos que existen sobre la Tierra continúa dependiendo del proceso de la fotosíntesis sobre todo en lo que concierne a la liberación de grandes cantidades de oxígeno y a la importancia que tiene en la transferencia de materia y energía a los demás organismos, a través de las llamadas cadenas y redes o tramas alimentarias.

Los primeros organismos fotosintéticos aparecieron hace tres mil millones de años y fueron protocariontes unicelulares muy simples como: euglenas, diatomeas, algas verde-azules, bacterias, etc.; tenían, en muchos casos, un pigmento parecido a la clorofila que actualmente poseen, llamado bacterioclorofila.

El pigmento mencionado anteriormente, que se encontraba presente en algunos organismos tan simples como los *Ceratium hirundinella* (protista unicelular) ha provocado una serie de confusiones, con respecto a su clasificación biológica, que persisten hasta la fecha, como por ejemplo: considerarlas como organismos animales porque se movían y capturaban partículas alimenticias y por otro lado, clasificarlas como plantas porque tenían clorofila y realizaban la fotosíntesis.

3.1.3. ¿Cómo se elaboraron las teorías científicas de la fotosíntesis?

Muchas de las concepciones desarrolladas por los estudiantes sobre el proceso de la fotosíntesis son en la mayoría de los casos, una repetición de ideas que se presentan a través de la historia de la Biología, y existe con éstas vinculaciones la posibilidad de establecer correspondencias que permitan hacer analogías para establecer las estrategias didácticas, con el propósito de a ir las superando.

Se considera de especial interés conocer las rupturas epistemológicas sobre la construcción del proceso de la fotosíntesis donde el conocimiento cambia en un antes y un después, respecto a los modelos, haciendo inconmensurable el nuevo conocimiento con el anterior, porque responde a conceptos diferentes, es decir, las nuevas explicaciones aún cuando pueden utilizar las mismas palabras sus significados son diferentes y ya no se corresponden. El estudio de los modelos anteriores y los nuevos, permitirá situar las concepciones de los estudiantes en uno u otro o a través de los paradigmas, y presentar en forma análoga lo que hizo que se modificará el nuevo conocimiento y así aplicarlo en la estrategia didáctica con el propósito de promover la transformación de los conceptos que los maestros tienen con respecto al proceso de la fotosíntesis, teniendo en cuenta las rupturas epistemológicas que se dieron a través de los procesos históricos, utilizando esto como una valiosa herramienta.

A pesar de que los primeros organismos que comenzaron a realizar este proceso fotosintético aparecieron hace miles de millones de años, hace solo 36

décadas se descubrió, después de una serie de experimentos sencillos, la forma mediante la cual se nutrían y crecían las plantas.

A continuación se mencionan cuales fueron esas ideas que permitieron que el concepto relacionado con la fotosíntesis se fuera transformando, a partir de una serie de rupturas epistemológicas que se dieron como consecuencia de dichas transformaciones.

Aristóteles (384-322 a.n.e.): señala que la luz podría intervenir en el desarrollo del color de las plantas y que la función de las hojas en las plantas tienen como misión dar sombra y proteger las partes débiles y tiernas de éstas, como los brotes. Las plantas se alimentaban exclusivamente del humus que contiene la tierra.

Modelo anterior: Las plantas sirven de alimento y otras necesidades pero no se estudia su fisiología.

Modelo nuevo: Todas las cosas están formadas de agua, tierra, fuego y aire, sin embargo, las plantas se alimentan y crecen debido al humus de la tierra. (No hay relación estructural, del cómo se encuentran los elementos). La función de las plantas es dar sombra y servir de alimento.

Hasta el siglo XVII, siguiendo la tradición aristotélica, se reconocía por la mayoría de los científicos de esa época, que los animales crecían y se desarrollaban en dependencia de la cantidad de alimento que ingerían; por esto mismo se creía erróneamente que las plantas crecían y se desarrollaban en dependencia de todo el alimento ya elaborado que absorbían del suelo, sin ninguna participación de la atmósfera en su nutrición.

En 1648, el médico belga **Jan Baptista Helmont** intentó demostrar que la teoría que mencionaba que “el incremento en peso de las plantas se debía exclusivamente al agua absorbida por las mismas”, no era válida.

El sustentaba la idea de que “el aumento de peso de las plantas se debía al agua que había que ponerle a la tierra, por lo tanto la masa de la planta procede sólo del agua”.

Modelo anterior: El agua sólo coadyuva a alimentar y en el crecimiento de las plantas.

Modelo nuevo: El agua es parte constituyente y forma parte de la estructura de la planta, y se reconoce por el aumento de peso.

Stephan Hales (1677-1761): Menciona que una parte del aire contribuye a alimentar a la planta y puesto que el Creador había puesto el aire para que respiraran los animales así como también las plantas, se rompe con la tesis de Aristóteles, que con referencia a las plantas sostuvo que se alimentaban exclusivamente de humus de la tierra. Entre los tres incorporan: tierra, agua y aire, pero todavía sin conexión entre éstos; Además intuyó que la luz estaba relacionada con las plantas, pero no pudo demostrarlo.

Modelo anterior: las plantas no respiran y el aire no participa en las plantas.

Nuevo modelo: Las plantas respiran y el aire es parte del “alimento de la planta”

Joseph Priestley (1733–1804): En 1772, deduce que en el aire había un elemento al que llamó aire **desflogistizado** (aire impuro), porque encontraba que una planta encerrada con una vela encendida restauraba el aire empobrecido y concibió que el aire del mundo se mantenía puro gracias a las plantas. Encontró el “aire limpio” (oxígeno). Al que después Lavoisier llamó oxígeno.

Modelo anterior: El aire tiene que ver con la respiración de las plantas y de alguna manera es parte de su alimento.

Nuevo modelo: Las plantas purifican “el aire”, desflogisticado (con dióxido de carbono), recuperan el flogisto (oxígeno).

Jan Ingenhousz (1730-1799): Estudia el efecto de la luz en las plantas y su acción restauradora del aire y el envenenamiento de las plantas en la oscuridad, al desprender gases nocivos.

Modelo anterior: Las plantas purifican “el aire”, desflogisticado (con dióxido de carbono), recuperan el flogisto (oxígeno).

Nuevo modelo: La luz interviene en la fotosíntesis, restaurando el aire limpio (fase luminosa), en la noche las plantas respiran envenenando el aire.

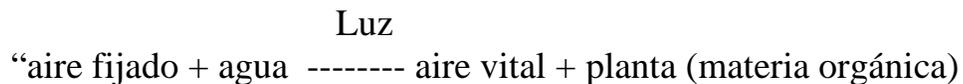
Jan Senebier (1742-1809): Señala casi lo mismo que Hingengousz, añadiendo que la restauración del aire se debía al “aire fijado” (dióxido de carbono), por la planta al ser absorbido de la humedad de la atmósfera con está mezclado y una vez captado, el carbono se queda en la planta. También deduce que la función de la fotosíntesis no se llevaba a cabo en la hoja, sino por algo que contenía ésta (la clorofila).

Modelo anterior: La luz interviene en la fotosíntesis, restaurando el aire limpio (fase luminosa), en la noche las plantas respiran envenenando el aire (fase oscura).

Modelo nuevo: La restauración del aire se debe al “aire fijado” (dióxido de carbono) por la planta y pasa a ser parte de ella. La función fotosintética no se lleva a cabo en la hoja sino en algo que está dentro de ella (la clorofila).

Nicolas Théodore de Saussure (1767-1845): Elaboró una teoría para demostrar la influencia del agua, diseñó un experimento para medir el peso de la planta y encontró que el peso de ésta junto con la del oxígeno desprendido, pesaban mucho más que el “aire fijado” (dióxido de carbono) por la planta y que la diferencia era el agua puesta en la tierra. Señaló que las plantas están formadas por minerales elementos contenidos en el agua.

Ecuación:



Modelo anterior: La restauración del aire se debe al “aire fijado” (dióxido de carbono) por la planta y el carbono pasa a ser parte de ellas.

Modelo nuevo: El agua influye en el peso de la planta, en ella hay minerales que contribuyen a la estructura de la planta (biomasa).

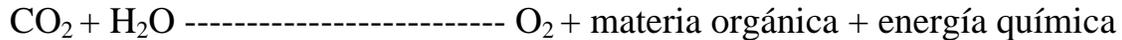
Marcelin P. Eugene Berthelot (1742–1822): Deduce que el oxígeno es liberado en la fotosíntesis por las moléculas del agua.

Modelo anterior: El agua influye en el peso de la planta, en ella hay minerales que contribuyen a la estructura de la planta (biomasa), pero no se asocia con la liberación de oxígeno.

Modelo nuevo: En la fotosíntesis, el oxígeno se libera de las moléculas del agua.

Julius Robert Mayer (1814-1836): propuso que la “energía de poder” (energía luminosa), se transforma en energía química. Las plantas no sólo producen materia orgánica, además son almacenadoras de energía (transformación de la energía luminosa en energía química), con la participación de la clorofila.

Energía luminosa

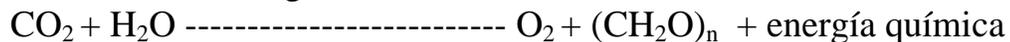


Modelo anterior: El oxígeno se libera de las moléculas del agua en la fotosíntesis.

Modelo nuevo: La energía “de poder” (luminosa), se transforma en energía química, con la participación de la clorofila, en la fase oscura, donde considera que únicamente se produce dióxido de carbono.

Otto Heinrich Warburg (1833–1970): Propuso la ecuación química de la fotosíntesis anexando como materia orgánica al almidón, sin embargo, se equivocó al pensar que el oxígeno liberado en la fotosíntesis provenía del dióxido de carbono y no del agua.

Energía luminosa



Modelo anterior: La energía “de poder” (luminosa), se transforma en energía química, en la fase oscura donde considera que únicamente se produce dióxido de carbono.

Modelo Nuevo: Elabora la construcción teórica de la ecuación química (representación probable de la reacción química) de la fotosíntesis señalando la inclusión del almidón (carbohidratos) y la representación de la energía química.

Robin Hill (1939): Elabora la teoría del “cloroplasto aislado productor de oxígeno”, la fotólisis (reacción de Hill) y la comprueba, en la fase luminosa el oxígeno se desprende del agua y el CO_2 forma parte de la fase oscura y participa en la síntesis de carbohidratos. Se seleccionó a la espinaca para analizar las reacciones luminosas (estudio de reacciones químicas luminosas aisladas: foto-oxidación del agua)

Modelo anterior: Elabora la construcción teórica de la ecuación química (representación probable de la reacción química) de la fotosíntesis señalando la inclusión del almidón (carbohidratos) y la representación de la energía química.

Modelo nuevo: En el cloroplasto de la célula vegetal se libera el oxígeno, foto-oxidación del agua; este es el organelo responsable de la fotosíntesis.

Melvin Calvin (1911 - 1997): En 1961, presenta su teoría del ciclo del carbono o de Calvin, donde encuentra los mecanismos de la fotosíntesis (fase oscura), durante la cual se produce la fijación del dióxido de carbono y la transformación en moléculas orgánicas sencillas.

Modelo anterior: En el cloroplasto de la célula vegetal se libera el oxígeno, foto-oxidación del agua; este es el organelo responsable de la fotosíntesis.

Modelo nuevo: Se separan las fases luminosa y oscura, a través del empleo de marcadores, isótopos radiactivos de carbono permitió elaborar teorías acerca de las reacciones químicas de la fase oscura, también conocida como ciclo de Calvin-Benson. Lo importante es el reconocimiento de la transformación de las moléculas inorgánicas (CO_2), en moléculas orgánicas sencillas, a partir de las cuales se formarán otras más complejas.

3.2. Naturaleza de la luz.

La luz es una entidad física con propiedades muy específicas, ya que está formada por ondas electromagnéticas y que existe independientemente de que nosotros la veamos o no. Se propaga a partir de las fuentes que la emiten en todas las direcciones posibles, sin detenerse, a través de la atmósfera y aún donde no la hay; y se sigue propagando indefinidamente mientras no se encuentre con un obstáculo que le impida el paso.

A principios del siglo XIX se hicieron una serie de pruebas que permitieron sugerir que la luz es de naturaleza ondulatoria. La prueba más importante surgió de una serie de experimentos realizados por Young, T. entre 1801 y 1804; que mostraron la existencia de la “interferencia”, que consiste en la superposición de dos haces luminosos; para ello explicó los anillos propuestos por Newton como una superposición de ondas. Contando el número de anillos llegó a determinar la longitud de onda de la luz, encontrando que en una pulgada caben 37640 ondas rojas y 59750 ondas violetas.

Este descubrimiento resultó de suma importancia porque pone de manifiesto la existencia de una relación directa entre el color y la longitud de onda.

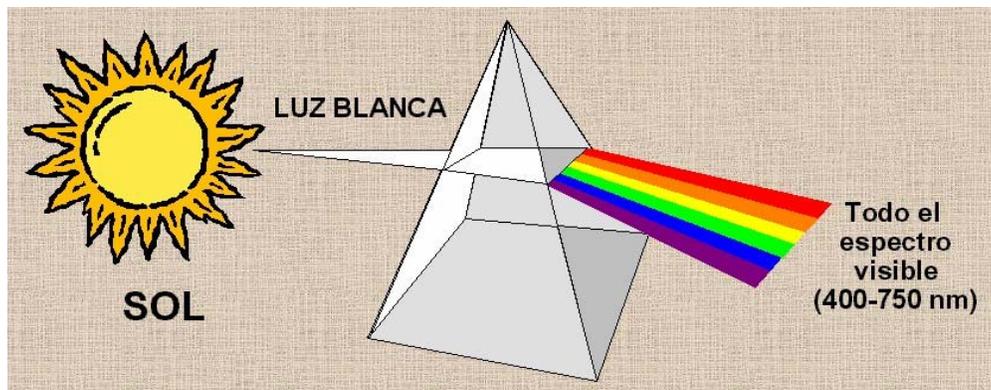
3.2.1 Espectro electromagnético.

El espectro electromagnético se divide para su estudio en siete tipos de radiación: radio, microondas, infrarroja, visible, ultravioleta, rayos x, y gamma.

Diferentes tipos de radiación tienen diferentes frecuencias de ondas; bien sea una frecuencia elevada o no, todas las ondas electromagnéticas viajan aproximadamente a 300 000 metros por segundo.

De la energía que llega al cloroplasto, sólo el 40% corresponde a la luz visible, única radiación fotosintéticamente activa; es en apariencia blanca, pero esta formada por una mezcla de colores que corresponden a longitudes de onda que van de los 400 a los 700 nanómetros.

Hace 300 años el físico inglés **Isaac Newton** realizó un experimento que le permitió descomponer la luz visible en colores, haciéndola pasar por un prisma y posteriormente, haciendo pasar la luz descompuesta por un segundo prisma, de esta manera consiguió recombinar los colores, produciendo luz blanca nuevamente.



Descomposición de la luz blanca en diferentes colores al pasar por un prisma
<http://gened.emc.maricopa.edu/Bio/BIO181/BIOBK/BioBookTOC.html>

La *longitud de onda*, es decir, la distancia entre la cresta de una onda y la cresta de la siguiente, va desde décimas de nanómetro ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) en los

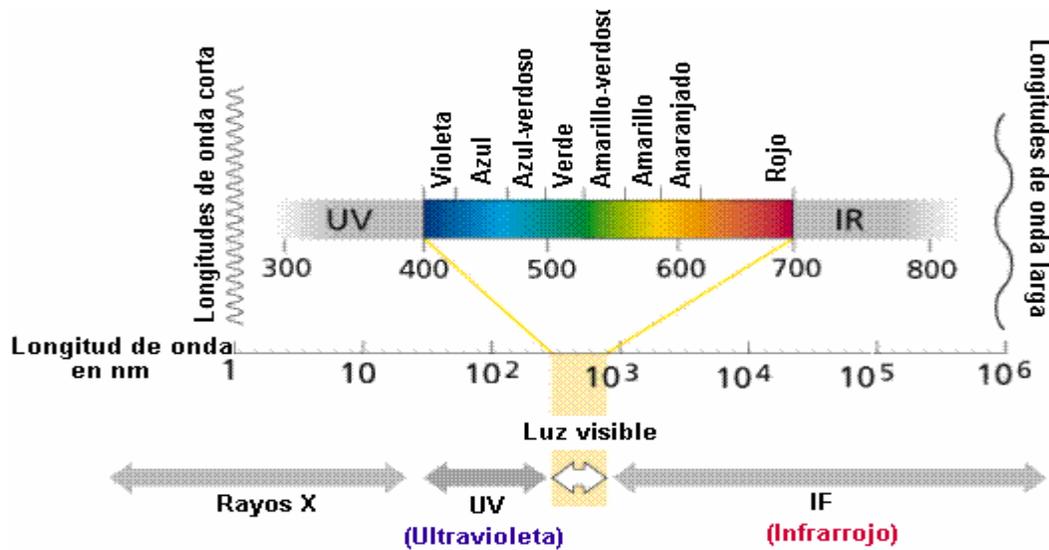
rayos gamma, hasta kilómetros ($1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$) en las ondas de radio de baja frecuencia.

Cada tipo de radiación, con su longitud de onda particular, contiene una determinada energía asociada a ésta. Cuanto más larga es la longitud de onda, menor es la energía, y cuanto más corta es la longitud de onda, mayor es la energía que transporta.

Color	Rango de longitud de onda (nm)	Longitud de onda representativa	Frecuencia (hertzios)	Energía (KJ/mol)
Ultravioleta	<400	254	11.8×10^{14}	471
Violeta	400-425	410	7.31×10^{14}	292
Azul	425-490	460	6.52×10^{14}	260
Verde	490-560	520	5.77×10^{14}	230
Amarillo	560-585	570	5.26×10^{14}	210
Anaranjado	585-640	620	4.84×10^{14}	193
Rojo	640-740	680	4.41×10^{14}	176
Infrarrojo	>740	1400	2.14×10^{14}	85

Como podemos observar, en el cuadro anterior, dentro del espectro de luz visible, la luz violeta tiene la longitud de onda más corta y la roja la más larga, entre estos extremos se encuentran en orden decreciente, el naranja, el amarillo, el verde y el azul. Los rayos violetas más cortos contienen casi el doble de energía que los rayos más largos de la luz roja.

Las radiaciones con longitudes de ondas menores de 400 nm (como la luz ultravioleta) y mayores de 700 (como las infrarrojas) pueden tener diversos efectos biológicos, pero no pueden ser aprovechadas por las plantas verdes para realizar el proceso de la fotosíntesis.



Espectro de la radiación visible y longitudes de onda asociadas al mismo. (Modificada de <http://gened.emc.maricopa.edu/Bio/BIO181/BIOBK/BioBookTOC.html>)

A principios de este siglo ya se habían realizado una gran cantidad de observaciones relacionadas con el comportamiento de la luz y de la materia; solo faltaba explicarlos de tal forma que no hubiera contradicciones con algunas observaciones de otras teorías físicas como la mecánica, el electromagnetismo, la termodinámica, etc.

Una de las observaciones que más dolor de cabeza causaban a los físicos era la siguiente: todos sabían que cualquier objeto emite una cierta cantidad de radiación térmica, o sea radiación electromagnética de espectro continuo, cuyo color cambiaba según la temperatura del objeto, ya que al aumentar la temperatura del cuerpo emisor, su espectro de radiación se va corriendo del infrarrojo al rojo, de éste al anaranjado, al amarillo, etc.; lo curioso es que aunque se siga calentando el material, la radiación no llega al ultravioleta, más bien cubre todo el espectro, dando como resultado una luz blanca.

Cuando la luz puede interactuar con un átomo de un metal se comporta como una partícula golpeando electrones fuera de éste, a dicha partícula se le llama **fotón**; que es un paquete de energía electromagnética (luz).

En cada acto de absorción, toda la energía de un **fotón** es absorbida por un átomo, en tanto que el electrón escapa del metal; por cada fotón se libera un

electrón. La luz absorbida también puede producir cambios químicos, como en la fotosíntesis, ya que proporciona la energía necesaria para que se lleven a cabo ciertas reacciones químicas.

3.3. Los cloroplastos

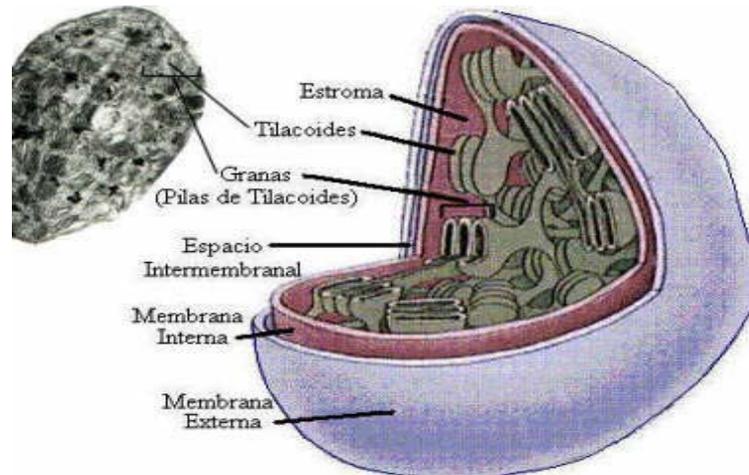


Figura del cloroplasto, mostrando las diferentes estructuras que lo conforman.
(Modificada de <http://gened.emc.maricopa.edu/Bio/BIO181/BIOBK/BioBookTOC.html>)

Los cloroplastos son los organelos celulares en los cuales ocurre la fotosíntesis. Su forma y tamaño es variable; se originan a partir de los protoplastidios que se dividen a medida que se desarrolla el embrión. En general en las plantas superiores las células fotosintéticamente activas tienen más de 100 cloroplastos que pueden ser observados al microscopio óptico.

Los cloroplastos se encuentran únicamente en las células de los vegetales y de ciertas algas, aparecen como estructuras discoidales de 5 a 8 μm de diámetro y de 2 a 4 μm de grosor; normalmente presentan un aspecto de sacos o vesículas aplanadas.

El alga *Chlamydomonas*, por ejemplo, contiene un solo cloroplasto muy grande, mientras que una célula que se encuentra en la hoja contiene característicamente entre 40 y 50 cloroplastos, y no es extraño encontrar unos 500,000 cloroplastos por milímetro cuadrado de superficie foliar. En las plantas, los cloroplastos se encuentran presentes en todas las células clorénquimáticas del mesófilo y de la periferia de los tallos herbáceos.

Cada cloroplasto está envuelto por una membrana doble que controla el paso de moléculas hacia fuera y hacia adentro, en el interior de éste se encuentra un material amorfo, gelatinoso y rico en enzimas llamado **estroma**; este es el sitio donde se realiza la conversión del CO_2 en carbohidratos; inmerso en él existe un sistema de membranas internas ricas en fosfolípidos y en proteínas; cada membrana interna se repliega, formando un patrón intrincado, las extensiones de éste están replegadas en pares que reciben el nombre de **lamelas**, que delimitan otro compartimiento, denominado **lumen** o **espacio intratilacoidal** que periódicamente se alargan formando vesículas aplanadas rodeadas de membranas, llamadas **tilacoides** que están arregladas en grupos, como pilas de monedas a las cuales se les denomina con el nombre de **grana**.

Los grana de un cloroplasto están comunicados entre sí por tilacoides alargados que atraviesan como laminillas el estroma. Los cloroplastos típicos de las plantas superiores contienen unas 50 granas por cloroplasto y de 2 a 100 tilacoides por grana. Las membranas tilacoidales contienen los pigmentos que participan en la absorción de luz, las enzimas que realizan el transporte de electrones y el factor de acoplamiento para la formación de ATP.

Los pigmentos principales en las membranas tilacoidales son la **clorofila “a”** y la **clorofila “b”**, las clorofilas son pigmentos porque captan y reflejan luz, es decir, radiaciones electromagnéticas del espectro visible. La luz blanca contiene los colores del espectro visible desde el rojo hasta el violeta, pero no todas las longitudes de onda que los constituyen son absorbidas de igual forma por las clorofilas.

Tanto la clorofila “a” como la clorofila “b” absorben luz más fuertemente en las regiones roja y violeta del espectro; la luz verde se absorbe muy poco, por lo tanto, cuando la luz blanca ilumina las estructuras que contienen estos pigmentos, como las hojas, los rayos son transmitidos y reflejados, dando como resultado que aparezcan como verdes.

Las células de las plantas verdes contienen, además de las clorofilas a y b, otros pigmentos llamados **“carotenoides”** que tiene colores que van del rojo al amarillo; estos pigmentos absorben la luz más fuertemente en la porción azul del espectro visible. En las hojas, la existencia de estos pigmentos está enmascarada por la presencia de una gran abundancia de clorofilas, sin embargo, en otoño la cantidad de clorofila en las hojas disminuye, los carotenoides se hacen visibles y se observan los colores rojo y amarillo brillantes del follaje característico de este periodo.

Todos los tilacoides de un cloroplasto son siempre paralelos entre sí, así pues, a medida que los cloroplastos se orientan hacia la luz, los millones de moléculas de pigmento (**clorofila**) pueden orientarse simultáneamente para optimizar la recepción de la energía radiante, como si fueran pequeñas antenas y hacerla utilizable para la síntesis de alimentos.

3.4. La clorofila y otros pigmentos.

Para que la energía de la luz pueda ser usada por los seres vivos, primero debe ser capturada y quienes realizan esta función son los pigmentos fotosintéticos.

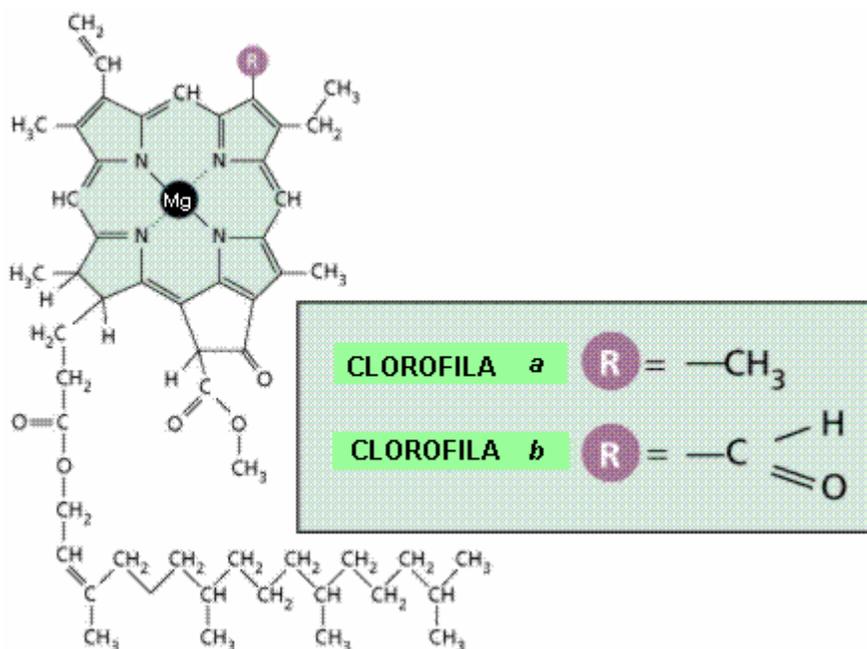
Los pigmentos son sustancias que capturan luz; algunos lo hacen de todas las longitudes de onda y, por lo tanto, parecen negros, otros, solamente lo hacen de algunas de ellas, transmitiendo o reflejando las longitudes de onda que no capturan, por ejemplo la clorofila, el pigmento que hace que las hojas se vean verdes, captura la luz en el espectro violeta y azul y también en el rojo, puesto que transmite y refleja la luz verde, su aspecto es verde.

Cuando un pigmento absorbe un **fotón o cuanto de luz**, un electrón de la molécula del pigmento es lanzado a un nivel energético más alto; se dice entonces que está excitado. Este estado de excitación puede mantenerse sólo por períodos muy cortos de tiempo, de aproximadamente una millonésima de segundo o aun menos; la energía de excitación, puede disiparse como calor; también, puede reemitirse inmediatamente como energía lumínica de mayor longitud de onda, o puede provocar una reacción química, como sucede en la fotosíntesis, lo cual depende no sólo de la estructura del pigmento dado, sino también de su relación con las moléculas vecinas.

Los diversos grupos de organismos fotosintéticos utilizan varios tipos de pigmentos para llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis, entre los cuales, como se mencionó anteriormente, se encuentra la clorofila.

Existen varias clases de clorofila, las cuales varían ligeramente en su estructura molecular, como lo podemos observar en las siguientes ecuaciones que se presentan:

- 1 Clorofila "a" $C_{55} H_{72} O_5 N_4 Mg$
- 2 Clorofila "b" $C_{55} H_{70} O_6 N_4 Mg$



Estructuras de las clorofilas “a” y “b”

(Modificada de <http://gened.emc.maricopa.edu/Bio/BIO181/BIOBK/BioBookTOC.html>)

Las Clorofilas son compuestos del tipo tetrapirrol, al mismo grupo pertenecen las ficocianinas y las ficoeritrinas (pigmentos accesorios en algas azules y rojas). Constan de cuatro anillos de pirrol unidos por medio de puentes de metilo ($--CH=$) lo que constituye una porfirina. El tetrapirrol es el cuerpo básico de las porfirinas, dentro de las cuales se incluyen además de las clorofilas, las hemoglobinas y los citocromos. La característica cromófora de la clorofila se debe justamente al sistema de dobles enlaces conjugados generados por la unión de los anillos de pirrol mediante los grupos metino. En el centro del sistema de anillos (representado como un punto negro en la gráfica) se halla un átomo metálico, para las clorofilas es el magnesio. El anillo de pirrol III tiene una estructura isocíclica adicional, el anillo de la ciclopentanona. El anillo IV esta esterificado con un alcohol, el fitol, que representa una cadena de 20 átomos de carbono con un doble enlace, esta "cola" de fitol le da a la clorofila pura una naturaleza cerosa que explica la insolubilidad del pigmento en agua y su buena solubilidad en solventes orgánicos.

En las plantas, la clorofila “a” es el pigmento involucrado directamente en la transformación de la energía lumínica en energía química, las células fotosintéticas casi siempre contienen un segundo tipo de clorofila, la clorofila “b” y otro grupo de pigmentos llamados carotenoides, que son hidrocarburos polímeros del isopreno, pueden ser de dos tipos: los *carotenos* (amarillos) y las xantofilas (naranjas).

Hay también un tercer tipo de pigmento, las **ficobilinas**, de las que también hay dos tipos principales: la **ficocianina** (azul) y la **ficoeritrina** (roja) que se presentan también en algunos organismos fotosintéticos que en las hojas verdes están enmascarados por las clorofilas, que son más abundantes; sin embargo en algunos tejidos, como los del tomate maduro, predominan los colores reflejados por los carotenoides, situación que también se presenta en otoño con las hojas de los árboles caducifolios cuando dejan de elaborar clorofila.

La clorofila “b”, los carotenoides y las ficobilinas son capaces de absorber la luz a diferentes longitudes de onda de la clorofila “a”; estos pigmentos actúan como pantallas que transfieren la energía a la clorofila “a”, con lo que se incrementa la cantidad de luz disponible para que se realice el proceso de la fotosíntesis.

La relación entre este proceso y la presencia de estos pigmentos queda claramente de manifiesto cuando se compara el espectro de acción de la fotosíntesis (eficiencia fotosintética frente a longitud de onda) con los espectros de absorción de las clorofilas. La clorofila puede convertir energía lumínica en energía química solamente cuando está asociada con ciertas proteínas e incluida en una membrana especializada, y sin embargo, sólo una fracción muy pequeña de la luz dentro del espectro visible que incide en las hojas de las plantas es finalmente transformada en energía química.

Cuando un pigmento absorbe luz, los electrones de las moléculas son lanzados a niveles energéticos superiores; en la mayoría de los casos, los electrones vuelven a su estado inicial casi de inmediato, en otros casos, sin embargo, la energía absorbida activa una reacción química. La energía absorbida por el pigmento lanza un electrón de su molécula, que entonces se oxida, este electrón de alta energía es captado por otra molécula, que, por lo tanto, se reduce, es lo que se llama foto-oxidación.

La posibilidad de que la reacción química se produzca, no sólo depende de la estructura de un determinado pigmento, sino de su asociación con otras moléculas vecinas. La clorofila puede convertir la energía de la luz en energía química, proceso que se inicia con una simple oxidación-reducción, cuando se halla asociada a determinadas proteínas y englobada en una membrana especializada.

Cuando una molécula de clorofila absorbe un fotón, pasa a un estado inestable de mayor energía, denominado estado excitado, en el que un electrón periférico se desplaza hacia una posición más externa. Si este electrón pasa a otra molécula (foto-oxidación), la energía se habrá transmitido y la molécula de clorofila permanecerá excitada; para volver a su estado fundamental deberá recibir otro electrón que ocupe el hueco dejado por el primero. Cuando coexisten numerosas moléculas de clorofilas agrupadas y ordenadas, la energía absorbida por cualquiera de ellas puede transmitirse por resonancia (transferencia de excitón) a todo el conjunto, sin que haya transferencia de electrones. Ambos tipos de transferencia de energía tienen lugar en el proceso de absorción de luz por los pigmentos fotosintéticos

La energía radiante se propaga en paquetes de energía llamados “fotones o cuantos”; mientras más corta es la longitud de onda, existe mayor cantidad de energía asociada con cada fotón. Los pigmentos verdes que poseen las plantas, conocidos como clorofilas, participan de manera directa en la fotosíntesis absorbiendo ciertas longitudes de onda de la energía radiante visible; las que son absorbidas por éstas con mayor fuerza, de acuerdo a ciertas investigaciones realizadas recientemente, son la roja y la azul.

3.5. Los carotenoides

En estos colorantes amarillos y rojos, el sistema de dobles enlaces conjugados esta formado exclusivamente por átomos de carbono, en general consisten de una cadena larga de hidrocarburo, por esto son compuestos insolubles en agua, pero sí en solventes grasos. Se dividen en **Carotenos** que son hidrocarburos insaturados y en **Xantofilas** que son derivados oxigenados de los anteriores.

Los carotenoides que participan en la fotosíntesis se designan como carotenoides primarios, diferentes de los secundarios que aparecen en flores y frutos como componentes de los cromoplastos y en organismos heterótrofos como bacterias, levaduras y hongos, también se pueden originar en organismos fotosintéticamente activos como consecuencia de una nutrición mineral deficiente.

3.6. Ficocianinas y ficoeritrinas

Estos pigmentos de color azul-verdoso y rojo-morado están limitados a las cianofíceas (algas verde-azules) y rodofíceas (algas rojas), al lado de la clorofila “a” y algunos carotenoides. Son compuestos emparentados con las clorofilas por ser compuestos del tipo tetrapirrol, difieren de estas en sus propiedades físicas y químicas.

Consisten de un grupo proteico de elevado peso molecular y de un grupo responsable de la coloración, un **grupo cromóforo**, que se denomina por su similitud a los pigmentos biliares ficocianobilina y ficoeritrobilina.

El cuerpo básico consiste en cuatro anillos de pirrol unidos entre si por puentes de metino, pero en este caso no forman un anillo cerrado, por lo tanto no hay un átomo metálico en posición central. Los anillos de pirrol llevan en los carbonos 1 y 8 una función de oxígeno, en 4 y 5 un resto propiónico a través de sus grupos carboxilos estén unidos el grupo cromóforo a la proteína por medio de enlaces peptídico.

3.7. El proceso de la fotosíntesis.

3.7.1 Introducción al proceso de la fotosíntesis.

La vida en la tierra depende fundamentalmente de la energía solar (energía luminosa), la cual es capturada por las clorofilas que se encuentran en los cloroplastos de las células de vegetales conocidos como autótrofos, los cuales están representados por algunas bacterias y organismos de este reino, se les da este nombre porque son capaces de elaborar sus propios nutrientes a partir de sustancias inorgánicas como el agua, el dióxido de carbono que toman de la atmósfera, sales minerales contenidas en el suelo y la energía luminosa, son las responsables de realizar el proceso fotosintético, ya que mediante una serie de reacciones químicas muy compleja, elaboran un compuesto orgánico llamado glucosa y liberan oxígeno, el cual se reintegra a la atmósfera para ser utilizado posteriormente en el proceso de la respiración que realizan todos los seres vivos.

Durante mucho tiempo se pensó, por parte de biólogos y químicos, que la materia orgánica se originaba de un ser orgánico y la inorgánica de seres no vivos; actualmente se define como cualquier sustancia que contiene varios

átomos de carbono unidos entre sí o a algunos átomos de hidrógeno; a este tipo de compuestos se les dio el nombre de carbohidratos, cuyo significado es el de carbón hidratado.

Los átomos de carbono tienen una estructura atómica relativamente sencilla con seis electrones, cuatro de ellos en su nivel exterior, un átomo necesita de otros cuatro electrones para formar enlaces con otros átomos, los cuales son obtenidos al formar enlaces covalentes.

A principios del siglo XIX los químicos, al hacer estudios con algunas sustancias como madera y almidón, encontraron que estaban compuestas, principalmente, de carbono, hidrógeno y oxígeno; al hacer el análisis de esas sustancias encontraron que su fórmula era $C_6 H_{12} O_6$.

Los organismos fotosintetizadores principales son las plantas y las algas microscópicas marinas, tomando en cuenta que alrededor de 100000 millones de toneladas de carbono al año son fijadas en compuestos orgánicos por estos organismos.

Aunque en algunos microorganismos fotosintéticos el proceso es algo diferente, la fotosíntesis en las plantas consiste básicamente en la producción de una sustancia orgánica (un glúcido sencillo) a partir de moléculas inorgánicas (el dióxido de carbono como sustrato a reducir, y el agua como dador de electrones que se oxida), mediante el aprovechamiento de la energía lumínica (que queda almacenada como energía química dentro de la molécula sintetizada) y con desprendimiento de oxígeno.

El proceso global puede expresarse mediante la siguiente reacción:



El CO_2 se encuentra en la atmósfera, desde donde se traslada por difusión (siguiendo un camino inverso al del vapor de agua durante la transpiración), a través del **ostiolo** hasta las paredes del mesófilo, y desde allí llega hasta los cloroplastos.

Este flujo difusional es directamente proporcional a la diferencia de concentraciones de CO_2 e inversamente proporcional a la resistencia que el camino oponga.

La diferencia de concentraciones se establece entre la atmósfera, cuya proporción de CO₂ es de aproximadamente un 0.03 %, y el cloroplasto, donde el CO₂ va siendo transformado por fotosíntesis en otros compuestos y no llega a acumularse en forma significativa.

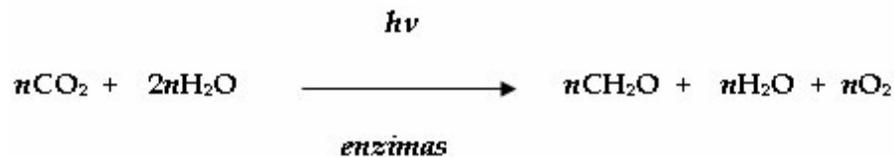
De las diversas resistencias a la difusión, la más relevante es la estomática: si los estomas se cierran (debido a un déficit hídrico, por ejemplo) el CO₂ no llegará al cloroplasto y la fotosíntesis se interrumpirá.

3.7.2. La fotosíntesis.

“La fotosíntesis es el proceso biológico por el cual las plantas verdes son capaces de emplear la energía solar para convertir el bióxido de carbono y el agua en compuestos orgánicos ricos en energía química, como los carbohidratos y las proteínas, liberando oxígeno molecular” (Nason, 1996).

En un sentido más amplio, y a la vez más preciso, “la fotosíntesis consiste en la reducción y asimilación- a expensas de la energía de la luz solar y de los elementos suministrados por el agua- no solo del anhídrido carbónico sino también de las formas oxidadas de los otros dos bioelementos primordiales nitrógeno y azufre, quedando finalmente incorporados estos tres elementos en biomasa vegetal” (De la Rosa, 1992).

Este es un proceso endergónico por requerir energía radiante para iniciar la cadena de reacciones que conducen a la síntesis de los compuestos orgánicos mencionados. La reacción global de la fotosíntesis se resume de manera general de la siguiente manera:



El CH₂O es la fórmula empírica de los carbohidratos sintetizados como resultado de la actividad fotosintética.

Como se mencionó líneas arriba, la unidad estructural de la fotosíntesis en los eucariotes fotosintéticos son los cloroplastos, que contienen el pigmento fotosintético más importante llamado clorofila, éste es el biocromo en el cual se lleva a cabo el proceso de conversión de la energía luminosa en la energía química que se encuentra en la glucosa; dichas estructuras se hallan

localizadas, principalmente en las hojas. Los tejidos internos de la hoja están completamente encerrados por células epidérmicas transparentes, cubiertas con una capa cerosa llamada cutícula; algunas sustancias como el oxígeno, el dióxido de carbono y otros gases entran en la hoja a través de aberturas especiales llamadas estomas.

Los gases y el vapor de agua llenan los espacios existentes entre las células de la capa esponjosa, entrando y saliendo de las células por difusión; el agua, absorbida por las raíces, entra en la hoja por medio de los vasos del xilema del haz conductor, en tanto que los azúcares, producto de la fotosíntesis, dejan la hoja a través de un tejido conductor conocido como floema, viajando a otras partes de la planta, entre ellas, a los órganos que no realizan la fotosíntesis.

La mayor parte de la fotosíntesis se realiza en las células del parénquima en empalizada que forma parte de las hojas, el cual está formado por células alargadas que se encuentran directamente por debajo de la epidermis superior y que constituyen el mesófilo; tienen una vacuola central grande y numerosos cloroplastos que se mueven dentro de la célula, orientándose con respecto a la luz, la cual es capturada en las membranas de los tilacoides que se encuentran dentro de los cloroplastos, los cuales a menudo están en sitios relativamente fijos en las membranas celulares de los vegetales, con la finalidad de que la captación y transformación de la energía luminosa en energía química se realice de manera rápida y eficiente ya que son capaces de rectificar sus posiciones en relación a la dirección de la luz, ya sea desplazándose y perfilándose o volteándose o bien cambiándose de forma.

3.7.3. Etapas de la fotosíntesis.

En 1905 el fisiólogo botánico inglés F. F. Blackman midió la velocidad de fotosíntesis en diferentes condiciones, primero estudió como variaba la tasa de fotosíntesis considerando varias intensidades de luz. En condiciones de luz tenue a moderada, al aumentar la intensidad lumínica, aumentaba la tasa de fotosíntesis pero a intensidades mayores, un nuevo incremento en la intensidad de la luz ya no producía un aumento adicional; después estudio el efecto combinado de la luz y de la temperatura sobre la fotosíntesis, encontrando que en condiciones de luz tenue, un incremento de temperatura no tenía efecto; sin embargo, si incrementaba la luz y también la temperatura la tasa de fotosíntesis aumentaba en gran medida.

También sugirió que en la fotosíntesis coexistían al menos dos factores limitantes: la intensidad lumínica y la temperatura, por lo tanto señaló que existe un grupo de reacciones que depende de la luz pero que era independiente de la temperatura, por lo tanto la velocidad de estas reacciones podía ser aumentada en el intervalo de luz tenue a moderada, aumentando la intensidad de luz; pero no aumentaba por incrementos en la temperatura, es decir, el grupo de reacciones no dependía de la luz, sino de la temperatura. Al aumentar la tasa de un solo grupo de reacciones, aumentaba la tasa de todo el proceso pero solamente hasta un punto, en el cual el segundo grupo de reacciones comenzaba a retrasar al primero (o sea, se volvía limitante de la velocidad), en consecuencia, era necesario incrementar la velocidad del segundo grupo de reacciones para que el primero ocurriera sin impedimentos.

En los experimentos realizados por Blackman, las reacciones dependientes de la temperatura incrementaban su velocidad a medida que lo hacía la temperatura, pero solamente hasta aproximadamente 30°C; después, la velocidad comenzaba a disminuir; y fue en base de esta evidencia experimental que se avanzó sobre la idea de que estas reacciones eran controladas por enzimas, dado que es la forma en que se espera que éstas respondan a la temperatura, lo cual actualmente se sabe es correcto y que ayudó a distinguir una etapa dependiente de la luz, la etapa llamada de reacciones "lumínicas", y una etapa enzimática, independiente de la luz, las reacciones "oscuras"; aunque las reacciones "oscuras" no requieren la luz como tal, necesitan los productos químicos de las reacciones "lumínicas"; y pueden ocurrir tanto en la luz como en la oscuridad.

En la primera etapa denominada **fase luminosa** (las reacciones dependientes de la luz), la luz se impacta en las moléculas de clorofila "a" que están empaquetadas en una ordenación especial, en las membranas tilacoidales. Los electrones de la clorofila "a" son lanzados a niveles energéticos superiores y sus moléculas se oxidan. En una secuencia de reacciones, la energía que llevan estos electrones se usa para formar ATP (adenosin trifosfato) a partir del ADP (adenosin difosfato) para reducir una molécula llamada NADP⁺, las moléculas de agua se rompen en esta etapa para proporcionar electrones que se usan para sustituir los que se marchan de la clorofila "a".

En la segunda etapa de la fotosíntesis (las reacciones independientes de la luz) o **fase oscura**, el ATP y el NADPH, formados durante la primera etapa, se usan para reducir el dióxido de carbono a un glúcido sencillo, así pues, la energía química, temporalmente almacenada en las moléculas de ATP y

NADPH, se transfiere a moléculas diseñadas para el transporte y el almacenaje en las células de la planta; al mismo tiempo se forma una cadena carbonada con la cual pueden fabricarse otros compuestos orgánicos necesarios para la nutrición de la planta. Esta incorporación de dióxido de carbono en forma de materia orgánica, se denomina **fijación del carbono** y se produce en el estroma del cloroplasto. Los hechos que ocurren en la fase luminosa de la fotosíntesis se pueden resumir en estos puntos:

1. Síntesis de ATP o **fotofosforilación** que puede ser:
 - acíclica o abierta
 - cíclica o cerrada
2. Síntesis de **poder reductor** NADPH
3. **Fotolisis** del agua
4. Los pigmentos presentes en los tilacoides de los cloroplastos se encuentran organizados en **fotosistemas** (conjuntos funcionales) formados por unas 300 moléculas de pigmentos, los cuales hacen las veces de antena para captar la energía luminosa que utilizará la planta para iniciar el proceso de la fotosíntesis, la cual es llevada hasta una molécula denominada "clorofila diana", que es la molécula que se oxida al liberar un electrón, el que irá pasando por una serie de transportadores, en cuyo recorrido liberará la energía.

3.7.4. Los fotosistemas

De acuerdo con el modelo actual, la clorofila y otras moléculas están empaquetadas en unidades llamadas fotosistemas; las investigaciones actuales indican que hay dos tipos de fotosistemas, los cuales muestran diferencia en sus proporciones de clorofila "a" y "b", en las características de sus centros de reacción, y en los transportadores de electrones que los acompañan. Cada unidad contiene unas 300 moléculas de pigmentos, que sirven como antenas recolectoras de luz; cuando un fotón de energía lumínica es absorbido por uno de los pigmentos de antena, rebota rápidamente sobre las otras moléculas de pigmentos del fotosistema, hasta que alcanza una forma especial de clorofila "a", la cual es considerada como el **centro de reacción**. Cuando esta molécula de clorofila absorbe la energía, libera uno de sus electrones el cual salta a un nivel superior de energía, siendo así como la molécula de clorofila es oxidada.

En el fotosistema **I**, la molécula reactiva de clorofila "a" se conoce como P700 dado que uno de los picos de su espectro de absorción esta a 700 nanómetros, una longitud de onda ligeramente mas larga que el pico habitual de la clorofila. Actualmente se sabe que el P700 no es un tipo diferente de clorofila,

sino que está formada por dos moléculas de clorofila “a” que están unidas; sus propiedades diferentes se deben a la asociación con una proteína en la membrana del tilacoide y a su posición con respecto a otras moléculas, este sistema se localiza, casi exclusivamente, en las lamelas estromales y en la periferia de los grana.

El fotosistema **II**, probablemente también contiene dos moléculas reactivas de clorofila “a” cuyo espectro de absorción está a 680 nm., estas moléculas pasan su electrón a un diferente aceptor primario de electrones, y se le conoce como P680, se localiza preferentemente en las lamelas granales (grana), es decir, los dos tipos de fotosistemas se encuentran espacialmente separados en las membranas tilacoidales. La energía lumínica incide sobre pigmentos antena del Fotosistema II, que contiene algunos cientos de moléculas de clorofila “a” y “b”, los electrones de la oxidación de éstas son lanzados cuesta arriba desde la molécula reactiva P₆₈₀ de la clorofila a una sustancia aceptora de electrones que se reduce, la Plastoquinona (PQ) y desde ésta va pasando a lo largo de una cadena transportadora de electrones, entre los que se encuentran varios citocromos y así llega hasta la plastocianina (PC), que se los cederá a moléculas de clorofila del Fotosistema I.

En el descenso por esta cadena, con oxidación y reducción en cada paso, los electrones pasan cuesta abajo al centro de reacción del Fotosistema I; este pasaje genera un gradiente electroquímico de protones de hidrógeno que impulsa la síntesis de moléculas de **ATP** a partir de **ADP**, proceso denominado **fotofosforilación**. La energía lumínica absorbida en los pigmentos antena del Fotosistema I y transferida a la clorofila P₇₀₀ da como resultado que se lancen electrones hacia otro aceptor primario de electrones.

Los electrones eliminados del P₇₀₀ son reemplazados por electrones del Fotosistema II y son finalmente aceptados por el transportador de electrones NADP⁺. La energía proveniente de esta secuencia de reacciones está contenida en las moléculas de NADPH y en el ATP.

El fotosistema II se reduce al recibir electrones procedentes de una molécula de H₂O, que también por acción de la luz, se descompone en hidrógeno y oxígeno, durante el proceso llamado fotólisis; de este modo se puede mantener un flujo continuo de electrones desde el agua hacia el fotosistema II y de éste al fotosistema I.

Los electrones pasan desde el aceptor de electrones primario, a lo largo de una cadena de transporte de electrones, a un nivel de energía inferior, el centro de reacción del Fotosistema I. A medida que pasan a lo largo de esta cadena de transporte de electrones, parte de su energía se empaqueta en forma de ATP.

La energía lumínica absorbida por el Fotosistema I lanza los electrones a otro aceptor primario de electrones, la **ferredoxina** y pasa por una nueva cadena de transporte hasta llegar a una molécula de NADP⁺ que es reducida a NADPH, al recibir dos electrones y un protón H⁺ que también procede de la descomposición del H₂O.

Se rompen dos moléculas de agua para formar protones y liberar oxígeno, poniendo en disponibilidad los dos electrones de reemplazo necesarios para el Fotosistema II; durante este proceso se regenera una molécula de agua en la formación de ATP.

La fotofosforilación también ocurre como resultado del flujo cíclico de electrones, proceso en el que no participa el Fotosistema II. En el flujo cíclico de electrones, los electrones lanzados desde el P₇₀₀ en el Fotosistema I no pasan al NADP⁺, sino que son desviados a la cadena de transporte de electrones que une al Fotosistema II con el Fotosistema I. A medida que fluyen a lo largo de esta cadena, nuevamente al P₇₀₀, el ADP se fosforila a ATP.

En un proceso quimiosmótico, como la fotofosforilación que ocurre en los cloroplastos, a medida que los electrones fluyen en la cadena de transporte de electrones desde el Fotosistema II al Fotosistema I, los protones son bombeados desde el estroma al espacio tilacoidal, creando un gradiente electroquímico. A medida que los protones fluyen a favor de este gradiente desde el espacio tilacoidal nuevamente al estroma, pasando a través de los complejos de **ATP sintetasa**, se forma ATP.

En este proceso, los electrones de la molécula reactiva de clorofila “a” del Fotosistema II son impulsados a niveles energéticos superiores por la luz solar. A medida que descienden por una cadena de transportadores de electrones hacia la molécula reactiva de clorofila “a” del Fotosistema I, la energía que liberan es empleada para bombear protones (H⁺). Los protones se bombean desde el estroma al espacio tilacoidal. Esto crea un gradiente electroquímico. Cuando los protones se mueven a favor del gradiente a través

del complejo de la ATP sintetasa, desde el espacio tilacoidal al estroma del cloroplasto, el ADP se fosforila a ATP.

Los dos fotosistemas pueden actuar conjuntamente - proceso conocido como esquema en Z, para producir la fotofosforilación (obtención de ATP) o hacerlo de manera independiente el fotosistema I, de ahí la diferencia entonces entre fosforilación no cíclica o acíclica cuando actúan los dos y fotofosforilación cíclica, cuando actúa el fotosistema I únicamente.

En la fotofosforilación acíclica se obtiene ATP y se reduce el NADP⁺ a NADPH mientras que en la fotofosforilación cíclica únicamente se obtiene ATP y no se libera oxígeno.

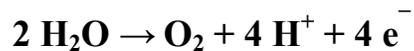
Mientras la luz llega a los fotosistemas, se mantiene un flujo de electrones desde el agua al fotosistema II, de éste al fotosistema I, hasta llegar el NADP⁺ que los recoge; ésta pequeña corriente eléctrica es la que mantiene el ciclo de la vida.

3.8. Reacciones dependientes de la luz. (Fase luminosa)

Los pigmentos antena son los encargados de absorber la energía lumínica y transferirla por resonancia al centro de reacción; al recibir esta energía, la clorofila del centro de reacción pierde un electrón, que es transferido a una serie de transportadores de electrones, los transportadores actúan en cadena captando el electrón (reduciéndose) y seguidamente cediéndolo (oxidándolo) a la siguiente molécula. La energía absorbida por el **Fotosistema I** es transferida por el complejo antena hasta su centro de reacción, esto lo provoca la pérdida de *un electrón* de la clorofila P₇₀₀, que queda entonces en un estado inestable, con un “hueco” electrónico que será “rellenado” por un electrón procedente del **Fotosistema II**. El electrón perdido por la clorofila P₇₀₀ pasa a una cadena de transportadores presente en la membrana tilacoidal que se van reduciendo (al aceptar el electrón) y oxidando (al transferirlo) sucesivamente, con un nivel energético menor en cada paso; después de haberse formado varios compuestos intermedios poco conocidos, el electrón pasa a la *ferredoxina*, y por último a la *ferredoxin NADP⁺ oxidoreductasa* que reduce al NADP⁺; para que se produzca esta reacción hace falta un protón que procede del espacio intratilacoidal, y dos electrones, cedidos por la clorofila P₇₀₀, razón por la cual el flujo electrónico del Fotosistema I deberá tener lugar dos veces para reducir cada molécula de NADP⁺, es decir, deberán ser absorbidos 2 fotones por este fotosistema para que se liberen 2 electrones; funcionando así como un

fuerte reductor, capaz de producir **NADPH**, que será utilizado en las reacciones de la fase oscura para reducir el CO_2 a carbono orgánico, por otra parte, cuando la energía luminosa incide sobre el fotosistema II y es transferida en último término hasta la molécula de clorofila P_{680} , de su centro de reacción, provoca que un electrón de ésta sea impulsado a un nivel energético superior, quedando en un estado inestable.

El electrón se transfiere luego a una primera molécula aceptora de electrones, la *feofitina*, que capta electrones con un nivel electrónico superior al que puede tener la clorofila “a”. A continuación, el electrón desciende por una cadena de transporte electrónico formada por transportadores de nivel energético sucesivamente menor como la plastoquinona (PQ), citocromos bf (cit bf), y plastocianina (PC); de este último compuesto, el electrón pasa a ocupar el “hueco” electrónico de la molécula P_{700} , que de esta manera recupera su estado normal y queda lista para volver a absorber energía y reiniciar el proceso. P_{680} se comporta como un fuerte oxidante que, en su estado inestable es capaz de inducir la oxidación del agua (fotólisis del agua), en la que se desprende oxígeno (O_2) como puede verse en la siguiente reacción:



A través de ciertos transportadores poco conocidos, los electrones liberados aquí pasan a ocupar el hueco electrónico de la P_{680} , que queda así lista para volver a absorber energía. Los protones que se liberan pasan a acumularse en el espacio intratilacoidal, de donde proceden los H^+ necesarios para reducir al NADP.

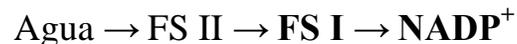
Durante el transporte de electrones entre el Fotosistema II y el Fotosistema I, concretamente cuando pasan desde la Plastoquinona a los citocromos bf, se libera energía que sirve para bombear protones desde el estroma hacia el espacio intratilacoidal, esto hace que dicho espacio se vaya acidificando como consecuencia (1) de la acumulación de los protones que pierde el agua al oxidarse y (2) con los protones que se transfieren desde el estroma. La concentración de protones en este compartimiento pasa a ser mucho mayor que en el estroma, y se genera de esta manera un potencial de membrana; se establece, por lo tanto, un gradiente de protones a través de la membrana tilacoidal.

Los complejos de **ATP sintetasa**, dispuestos en la membrana tilacoidal, proporcionan un canal por el cual los protones pueden fluir a favor del gradiente, de nuevo hacia el estroma, al hacerlo, la energía potencial del gradiente conduce a la síntesis de ATP a partir del ADP y fosfato, en un proceso quimiostático característico de la fase luminosa denominado **fotofosforilación no cíclica**.

Resumiendo, durante la **fotofosforilación no cíclica**, otros tres procesos se están produciendo simultáneamente:

1. La molécula de clorofila P₆₈₀, habiendo perdido dos electrones, busca ávidamente repuestos. Los encuentra en la molécula de agua, a la cual se le arrancan los dos electrones y luego se parte en protones y oxígeno.
2. Una dosis adicional de energía luminosa es captada por la molécula reactiva de clorofila P₇₀₀ del Fotosistema I; la molécula se oxida y los electrones son lanzados a un aceptor de electrones primario, a partir del cual descienden hacia el NADP⁺. Dos electrones y un protón se combinan con el NADP⁺ para formar NADPH.
3. Los electrones separados de la molécula P₇₀₀ del Fotosistema I son sustituidos por los electrones que fueron captados por el aceptor primario de electrones del Fotosistema II que han descendido por la cadena de transporte electrónico.

Por lo tanto, cuando hay luz, se produce un flujo continuo de electrones:



Para que dos electrones del agua sean captados por el NADP⁺ hacen falta 4 fotones (2 que son absorbidos por el Fotosistema II y otros 2 que lo son por el Fotosistema I). El recorrido de los electrones en el Fotosistema I puede seguir también un camino cíclico, regresando el electrón de la molécula P₇₀₀ a esta misma molécula, a través de los citocromos bf y la plastoquinona; en este caso también se produce un bombeo de protones al espacio intratilacoidal que permite la síntesis de ATP adicional (**fotofosforilación cíclica**), pero que no generará poder adicional, ya que los electrones no llegan al NADP⁺, ni se liberará oxígeno, porque no podrá haber oxidación del agua.

3.9. Reacciones independientes de la luz. (Fase oscura)

En la segunda etapa de la fotosíntesis, se va a utilizar la energía química contenida en el ATP y el NADPH formados en la primera etapa para reducir el

dióxido de carbono a un azúcar simple, este proceso se realiza por medio de una secuencia de reacciones enzimáticas que parecen ser la ruta principal de conversión del dióxido de carbono en carbohidratos y otros compuestos orgánicos, mediante una serie de reacciones químicas que se inician con la reducción del CO₂, Nitratos y Sulfatos para asimilar los bioelementos C, H, y S.

La resultante de este proceso es la formación de un esqueleto de carbono, a partir del cual pueden construirse luego otras moléculas orgánicas.

Las reacciones de fijación de carbono, se llevan a cabo en condiciones que no requieren luz, aunque algunas enzimas son reguladas por ésta y se realizan en el estroma mediante un proceso cíclico conocido con el nombre de **Ciclo de Calvin o de Benson** en honor de estos científicos, quienes realizaron estudios relacionados con estas reacciones que les permitieron conocer, de forma completa, como se realizaban.

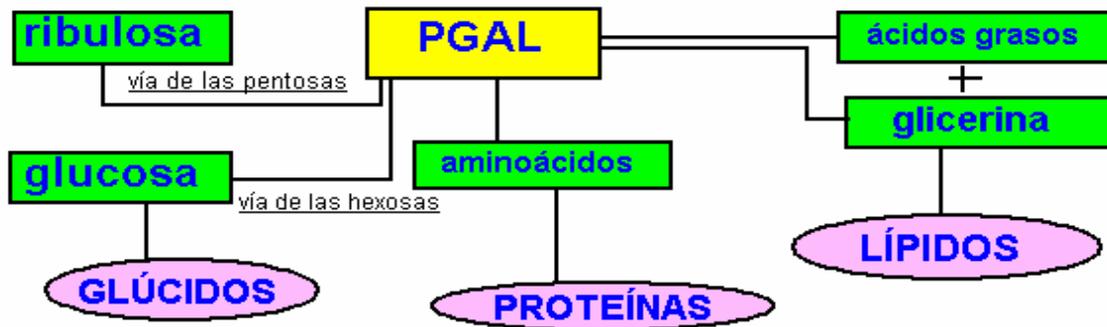
El ciclo produce **gliceraldehído fosfato**, a partir del cual puede formarse glucosa y otros compuestos orgánicos. El resultado de estas reacciones es que la energía química del ATP y del NADPH se usa para incorporar carbono a moléculas orgánicas.

Las células fotosintéticas obtienen el carbono del CO₂. Las células de las algas obtienen el CO₂ directamente del agua que las rodea; en las plantas, en cambio, el CO₂ llega a las células a través de unos poros especializados, llamados **estomas**, que se encuentran en las hojas y tallos verdes.

La fijación del CO₂ se produce en tres fases:

1. **Carboxilativa**: El CO₂ se fija a una molécula de 5C, (la **ribulosa 1,5 difosfato**), formándose un compuesto inestable de 6C, que se divide en dos moléculas de ácido 3 fosfoglicérico conocido también con las siglas de **PGA**
2. **Reductiva**: El ácido 3 fosfoglicérico se reduce a **gliceraldehído 3 fosfato**, también conocido como **PGAL**, utilizándose ATP Y NADPH.
3. **Regenerativa/Sintética**: Las moléculas de gliceraldehído 3 fosfato formadas, siguen diversas rutas; de cada seis moléculas, cinco se utilizan para regenerar la **ribulosa 1,5 difosfato** y hacer que el Ciclo de Calvin pueda seguir, y una será empleada para poder sintetizar

moléculas de glucosa (vía de las hexosas), ácidos grasos, aminoácidos, etc. y en general todas las moléculas que necesita la célula.



En el ciclo para fijar el CO₂, intervienen una serie de enzimas y la más conocida es la enzima **Rubisco**, que puede actuar como carboxilasa o como oxidasa, según la concentración de CO₂.

Si la concentración de CO₂ es baja, funciona como oxidasa, y en lugar de ayudar a la fijación de CO₂ mediante el ciclo de Calvin, se produce la oxidación de glúcidos hasta CO₂ y H₂O, a este proceso se le conoce como **fotorrespiración**. La fotorrespiración no debe confundirse con la respiración mitocondrial, la energía se pierde y no se produce ni ATP ni NADPH; y como se ve en el esquema se disminuye el rendimiento de la fotosíntesis, porque sólo se produce una molécula de PGA que pasará al ciclo de Calvin; en cambio cuando funciona como carboxilasa, se obtienen dos moléculas de PGA.

3.9.1. El ciclo de Calvin. La ruta de las cadenas hidrocarbonadas.

El ciclo comienza cuando el dióxido de carbono se une a la RuDP, que se escinde inmediatamente en dos moléculas de **ácido fosfoglicérico** o **PGAc**. Esta reacción está catalizada por una enzima específica, la **RuDP carboxilasa oxigenasa** (conocida también como **RuBisCO**), que constituye más del 15 por ciento de la proteína del cloroplasto. De hecho, la RuBisCO se supone que es la proteína más abundante de la Tierra. Cada una de las moléculas de PGAc formadas en la reacción inicial contienen tres átomos de carbono; por esto, el ciclo de Calvin se conoce también como **ruta C₃**. $\text{CO}_2 + \text{RuDP} \rightarrow 2 \text{PGAc}$. El ácido fosfoglicérico (PGAc) debe reducirse, pero para ello el PGAc debe previamente activarse, lo que consigue añadiendo otro grupo fosfato a su molécula mediante una **fosforilación** que requiere el empleo de ATP (procedente de la fase luminosa) y en la que se obtiene **ácido difosfoglicérico**

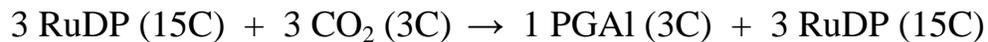
(DPGAc): $2 \text{ PGAc} + 2 \text{ ATP} \rightarrow 2 \text{ DPGAc} + 2 \text{ ADP}$; una vez activado, el ácido está en condiciones de reducirse a aldehído, en este caso a **fosfogliceraldehido (PGAl)**, en esta *reducción*, se consume NADPH (procedente de la etapa luminosa), y se pierde el fosfato adicional: $2 \text{ DPGAc} + 2 \text{ NADPH} \rightarrow 2 \text{ PGAl} + 2 \text{ NADP}^+ + 2 \text{ P}_i$; el PGAl es ya un glúcido sencillo, una triosa, por lo que con estas reacciones se ha logrado la transformación del carbono inorgánico en una molécula orgánica, y se ha cumplido lo esencial de la fotosíntesis. Las moléculas de PGAl así formadas pueden convertirse fácilmente en las de su isómero, el **fosfato de dihidroxiacetona (PDHA)**, y ambas pueden seguir diferentes caminos, pero buena parte del conjunto se encaminarán a regenerar la RuDP con la que se inició el ciclo.

Esta *regeneración* tiene lugar a través de complejas rutas en las que se forman azúcares-fosfato con cadenas de 4, 5, 6 y 7 átomos de carbono, como los fosfatos de eritrosa (4C), xilulosa (5C), fructosa (6C) y sedoheptulosa (7C), y que llevan a la síntesis de ribulosa-fosfato, que al fosforilarse con consumo de ATP se convierte por último en la RuDP; las triosas-fosfato que se forman después de la reducción y no se emplean en la regeneración de la RuDP (PGAl y PDHA), se exportan al citosol, mediante un transportador de la membrana de cloroplasto que los intercambia con P_i , este P_i se emplea en el cloroplasto, principalmente para la obtención de ATP en las reacciones lumínicas de los tilacoides. Las triosas-fosfato en el citosol dan lugar a la síntesis de **sacarosa**, a través de una serie de reacciones en las que se forman fosfatos de fructosa y de glucosa, y UDP-glucosa; el proceso culmina al unirse la fructosa-fosfato y la UDP-glucosa para dar sacarosa-fosfato, cuya hidrólisis da P_i y sacarosa, la principal forma química de transporte de azúcares en las plantas.

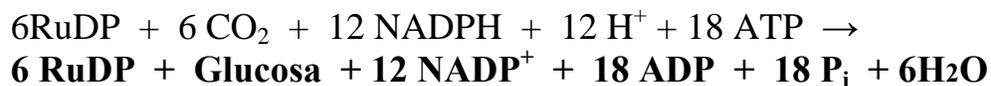
Durante la síntesis de sacarosa se liberan grupos P_i , que al acumularse en el citosol pueden ser intercambiados por más triosas-fosfato del cloroplasto para continuar dicha síntesis, cuando el ritmo de fijación y reducción de CO_2 es mayor que el de síntesis de sacarosa, la concentración de P_i en el citosol disminuye lo cual limita la exportación de triosas; en estas circunstancias, los fosfatos de triosa que no se exportan se encaminan hacia la síntesis de **almidón** en los cloroplastos. Este proceso pasa por la síntesis de fructosa-fosfato y su transformación en glucosa-fosfato; la glucosa-fosfato a su vez reacciona con ATP para dar ADP-glucosa, compuesto capaz de polimerizarse para dar almidón, el almacenamiento de éste en los cloroplastos constituye una reserva temporal; por la noche, cuando baja la concentración de triosas, a

partir de este almidón se produce glucosa-fosfato y, por último, fosfatos de triosa, que son exportados al citosol para la síntesis nocturna de sacarosa.

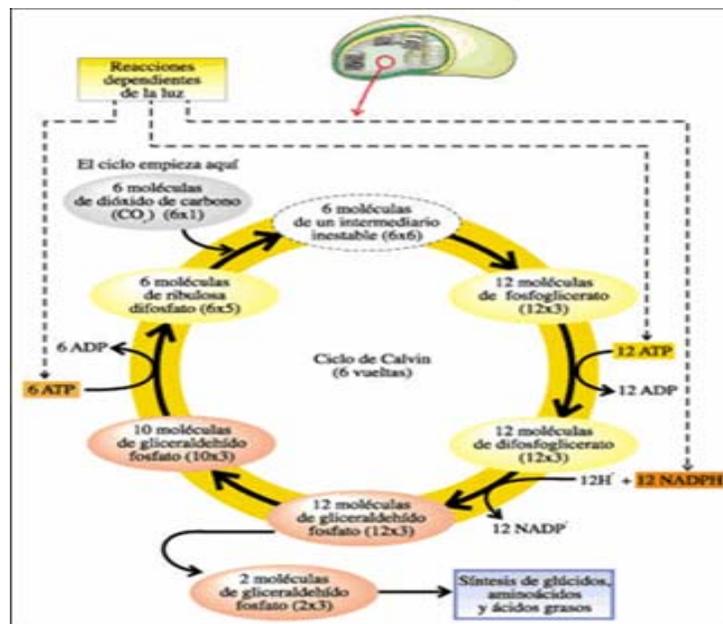
Para establecer el balance entre los compuestos que intervienen en el ciclo de Calvin, hasta la obtención de las triosas, conviene analizarlo partiendo de 3 moléculas de RuDP que se carboxilan con 3 CO₂ para dar 6 moléculas de PGAc; estas 6 moléculas se reducen, con el empleo de 6 ATP y 6 NADPH (de los que se recuperan los correspondientes ADP, P_i y NADP⁺); de las 6 moléculas de PGAI que se obtienen, 5 se emplean en la regeneración que, con consumo de 3 ATP (y recuperación de 3 ADP), produce las 3 RuDP con que se inició el ciclo de Calvin; la molécula de triosa restante sería el producto neto de este ciclo. Prescindiendo del ATP y el NADPH, el balance de átomos de carbono en juego sería:



Seis giros del ciclo, con la introducción de seis moléculas de CO₂, son necesarios para producir el equivalente de un glúcido de seis carbonos. La ecuación global es la siguiente:



Reacciones del ciclo de Calvin



<http://gened.emc.maricopa.edu/Bio/BIO181/BIOBK/BioBookTOC.html>

3.9.2. Productos de la reducción del carbono.

El gliceraldehidofosfato (G-3-P), el azúcar de 3 carbonos producido por el ciclo de Calvin, es una molécula que suministra la fuente energética para todos los sistemas vivos, además de ser el esqueleto de carbono básico a partir del cual pueden sintetizarse la gran diversidad de moléculas orgánicas; podemos mencionar que el carbono se ha fijado, es decir, se ha transferido desde el mundo inorgánico al orgánico.

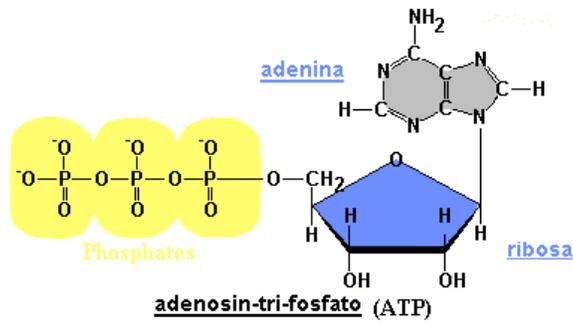
Después de una incubación por tiempo breve con $C^{14}O_2$, en presencia de luz, no solo los fosfatos de azúcares característicos para el ciclo, sino también otros numerosos compuestos, están marcados con C^{14} ; por lo tanto su síntesis está relacionada con la reducción del CO_2 . El conjunto de reacciones cíclicas participantes tiene otra función importante, ya que además de la fructosa-6-fosfato generada como producto final, quedan disponibles ciertos productos intermedios para reacciones sintéticas asociadas.

Los compuestos que se forman a partir de sustancias intermedias o del producto final de la fijación de CO_2 , pertenecen el azúcar fosfatos, los aminoácidos, los ácidos orgánicos, la sacarosa y en poca proporción azúcares libres. La fotosíntesis proporciona entonces una gran cantidad de componentes para la síntesis de las macromoléculas celulares: aminoácidos para proteínas, glucosa para almidón de reserva y celulosa, pentosas para nucleótidos y ácidos nucleicos, heptulosa como precursor de compuestos aromáticos.

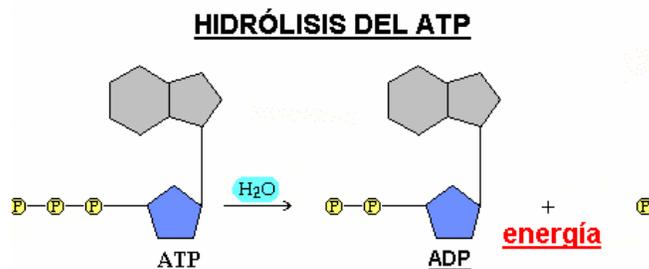
3.10. El ATP (Adenosin trifosfato)

Aunque son muy diversas las biomoléculas que contienen energía almacenada en sus enlaces, es el **ATP** (adenosín trifosfato) la molécula que interviene en todas las transacciones de energía que se llevan a cabo en las células; por ello se la califica como "**moneda universal de energía**".

La molécula de ATP está formada por adenina, ribosa y tres grupos fosfatos; contiene enlaces de alta energía entre los grupos fosfato; al romperse dichos enlaces se libera la energía almacenada.



En la mayoría de las reacciones celulares el ATP se hidroliza a ADP (adenosin difosfato), rompiéndose un sólo enlace y quedando un grupo fosfato libre que suele transferirse a otra molécula, a este proceso se le conoce como fosforilación; sólo en algunos casos se rompen los dos enlaces resultando AMP (adenosin monofosfato) + 2 grupos fosfato.



El sistema ATP \leftrightarrow ADP es el sistema universal de intercambio de energía en las células.

3.11. Constructivismo.

El constructivismo surge como una corriente epistemológica, preocupada por resolver los problemas de la adquisición de conocimientos y de su modificación por parte del ser humano, es una perspectiva epistemológica que menciona la forma en que se origina, construye y modifica el conocimiento, sus orígenes los podemos encontrar en Vico, Ceccato, Kant, Marx y Darwin. Esta teoría se refiere a la construcción del conocimiento, en la cual cada sujeto organiza y estructura sus propias interpretaciones de la realidad que va emparejada a una posición ontológica que nos dice cómo es el mundo y el ser que construye esa visión de la realidad.

Es por esto que la realidad no puede conocerse directamente, sólo se postula que existe, ya que toda referencia a ella se realizará a partir de la mediación del sujeto cognoscente. Dicha realidad es construida por el propio sujeto con ayuda de sus instrumentos cognitivos y sus acciones, es decir, el significado del mundo es construido por los sujetos en contacto e interacción con los objetos de conocimiento y está ligado a su experiencia.

Es una teoría del sujeto cognoscente que presupone la existencia de estados internos en el mismo, mediante los cuales construye representaciones que le permiten explicar su realidad, éste sujeto es consciente de sus propias elaboraciones sobre las cuales reflexiona y propicia su evolución, es decir, el sujeto cognoscente se convierte en un sujeto epistémico.

El sujeto es el que construye el conocimiento, es decir, no lo puede recibir de otros, por ello se dice que es una tarea “solitaria” ya que tiene lugar en el interior de éste y solo puede ser realizada por el mismo mediante una tarea individual, que es favorecida u obstaculizada por factores externos al sujeto.

El enfoque constructivista menciona que el sujeto determina al objeto, por lo que la construcción que hace de la realidad no es una copia fiel de ésta, sino una interpretación que se da con base en las interacciones que tiene con ella y a sus experiencias anteriores; pero a su vez, esta realidad existe e influye en el sujeto.

El sujeto conserva su conocimiento de la realidad mediante unidades llamadas esquemas, conceptos o representaciones, “las cuales son implícitas y los sujetos sólo las hacen explícitas parcialmente y en pocos casos” (Delval, 1997, citado en Arnay, 1997); éstas equivalen a un conjunto de acciones materiales y mentales que tienen una estructura y organización jerárquica, son transponibles a situaciones semejantes y se automatizan, además, son susceptibles de transformarse.

Los principios del constructivismo son:

- El conocimiento es una actividad de construcción individual y colectiva, de acuerdo a la postura que se maneje.
- El lenguaje esta basado en las interacciones sociales y es la parte central de la construcción del conocimiento social.
- El carácter de la condición de un lenguaje empleado para expresar la cognición es funcional y adaptativo en la socialización del conocimiento.

- El propósito de la cognición y el lenguaje es proporcionar coherencia al mundo de la experiencia social.

Actualmente no basta con hablar del constructivismo en singular, es necesario mencionar a que tipo de constructivismo nos estamos refiriendo, ya que existe actualmente una gran diversidad de posturas que pueden caracterizarse de manera general como constructivistas.

La palabra constructivista puede terminar convirtiéndose en un término vago e impreciso si la afirmación “ el sujeto construye el conocimiento” no se llena de contenido más preciso; en el plano de la construcción del conocimiento individual, si no va acompañada del detalle que aporta una teoría de aprendizaje que precise los mecanismos sobre como lo construye. Además, todo depende de cómo se conceptualice la interacción sujeto-objeto y de cómo se concrete la entidad de la estructura cognoscitiva del sujeto y de la naturaleza del medio externo (Pozo, 1996).

Desde los tiempos de la edad clásica griega era dominante el pensamiento epistemológico que concibe el conocimiento como una copia fiel de la realidad, es decir, como un reflejo que se observa en un espejo. El enfoque tradicional de la enseñanza tiene profundas raíces en esta epistemología realista (Moreno-Waldegg, 1992) que se complementa armónicamente con el paradigma empirista; el cual, desde su punto de vista, la actividad del sujeto que trata de conocer queda subordinada al objeto de su conocimiento y su actividad (que tiene características principalmente de carácter perceptual) y solo puede producir un conocimiento que es fiel reflejo de una realidad externa estructurada.

En el siglo V a.C., los escépticos hicieron evidente la imposibilidad lógica de establecer la verdad de un conocimiento, ya que la necesidad de comparar éste con la parte de la realidad que supuestamente representa implica un nuevo acto de conocimiento, que tendría que ponerse a prueba también, para demostrar que es verdadero.

Kant (1773) postula en su obra *Crítica de la razón pura*, que “cuando el sujeto entra en contacto con su objeto de conocimiento, recibe impresiones sensibles que somete a un proceso organizador, mediante estructuras cognitivas innatas; lo que da como resultado el conocimiento”. De esta manera nos advierte sobre las condiciones de posibilidad del conocimiento objetivo: para alcanzarlo se requiere de ciertas formas innatas de sensibilidad, estas son el espacio, el

tiempo, la causalidad y la permanencia del objeto; por lo tanto, aunque la realidad existe de manera independiente al sujeto, el conocimiento que éste puede tener de aquella está mediado por su capacidad cognoscitiva intrínseca. Hay dos consecuencias fundamentales del enfoque postulado por Kant: la primera es que el conocimiento deja de ser concebido como una representación de la realidad externa y en su lugar es visto como resultado inseparable de las experiencias del sujeto y de su actividad cognoscitiva; la segunda, es que el sujeto deja de ser cognitivamente pasivo frente al objeto de su conocimiento, es decir, el sujeto proporciona estructura a sus experiencias.

3.11.1. Constructivismo Radical y social.

Para el objeto de estudio de este trabajo, el constructivismo se puede dividir en dos grandes corrientes epistemológicas: el constructivismo radical y el constructivismo social.

El constructivismo radical se emplea exclusivamente para hacer reflexionar a los maestros acerca del cómo los seres humanos construimos nuestra propia realidad con base en nuestra historia social (académica), económica, cultural y política; que es diferente a la que otros sujetos construyen debido a que estos contextos son diferentes y por lo tanto la construcción de la realidad también lo es.

3.11.1.1. Constructivismo radical

El principal representante de este tipo de constructivismo es von Glasersfeld (1995) quien considera que el conocimiento de la realidad en que vivimos es construido por el individuo sobre la base de procesos cognitivos elaborados con anterioridad por el mismo y en el diálogo con el mundo de la experiencia, lo que le lleva a afirmar que la realidad es sujeto de experimentación, pero no de ser conocida realmente.

Menciona, además, que el sujeto de conocimiento es un individuo con entradas sensoriales que proporcionan datos que son interpretados a través de sus estructuras cognitivas.

Los principios fundamentales del constructivismo radical son:

1°. “El conocimiento es construido desde el interior de un individuo, no se recibe pasivamente a través de la comunicación de las personas.

2°. La función de la cognición se adapta y sirve a la organización del mundo experimental, no al descubrimiento de la realidad ontológica” (von Glasersfeld, 1995, citado en Staver 1989, p.182)

El constructivismo radical sostiene que la construcción del conocimiento se realiza en la propia soledad del individuo (solipsismo) sobre la base de sus procesos cognitivos en el diálogo con su mundo de experiencia para la construcción individual, donde el lenguaje depende de las operaciones de la mente del individuo, en una discusión interior de la propia conciencia.

3.11.1.2. Constructivismo social

El principal representante de este tipo de constructivismo es Vigotsky (1896-1934), estudia como se construye el pensamiento a través del lenguaje, para este enfoque el conocimiento es creado y legitimado por los hombres en un intercambio social.

Este tipo de constructivismo ve a los sujetos individuales y al dominio de lo social como interconectado. Los sujetos se forman a través de sus interacciones con los demás, así como por sus procesos individuales. El modelo constructivista social del mundo es el de un mundo socialmente construido que crea la experiencia compartida de la realidad física subyacente. La realidad humanamente construida, todo el tiempo está siendo modificada e interactuando para encajar en la realidad ontológica, a pesar de que nunca pueda dar un verdadero cuadro de ésta.

El paradigma de investigación constructivista social adopta una ontología realista sofisticada. Se basa en una epistemología falible que ve al conocimiento convencional como el que se vive y es aceptado socialmente.

En el constructivismo social el papel del adulto, como ser social, juega un papel muy importante, la construcción del conocimiento se da de acuerdo a los conocimientos y experiencias de los sujetos, que han obtenido a través de su historia personal (contextos: social, cultural, económico, político) y la realidad que construyen presenta rasgos comunes, sin embargo no es igual, sino semejante.

A este respecto, Vigotsky considera que el lenguaje utilizado en este proceso de intermediación es incorporado e internalizado de forma individual por el alumno. Esta idea se ve reflejada en la definición de la “zona de desarrollo

próximo” proporcionada por Vigotsky, la cual es conceptualizada como el espacio o diferencia que existe entre las habilidades que ya posee el sujeto y lo que puede llegar a aprender a través de la guía o apoyo que le puede proporcionar un adulto o un par más competente, es decir, la distancia que hay entre la zona de desarrollo real en la que se encuentra el sujeto y la zona de desarrollo potencial que es aquella a la que el sujeto puede llegar y se refiere al nivel de competencia que puede alcanzar, esta situación le permitirá resolver, no solo problemas individuales sino otros más complejos y de manera más general.

3.12. Contexto psicopedagógico

El enfoque constructivista en la educación se nutre de la aportación de diversas corrientes psicológicas que presentan ciertos elementos relacionados con éste; el enfoque psicogenético de Piaget, relacionado con la teoría de los esquemas cognitivos; la psicología sociocultural de Vigotsky y otras (Coll, 1996).

“La idea básica del llamado enfoque constructivista es que aprender y enseñar, lejos de ser meros procesos de repetición y acumulación de conocimientos, implican transformar la mente de quien aprende, que debe reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos” (Pozo, 1998). Se puede decir también que el constructivismo propone que las personas tienen la capacidad de construir o reconstruir mucho de lo que aprenden y entienden, y puntualiza la importancia que tiene la interacción de los individuos que le rodean en su entorno, en el proceso de adquirir y refinar destrezas y conocimientos.

Algunos autores, como William Leonard (2002) definen el constructivismo como “una filosofía que simplemente afirma que todo el conocimiento es construido como resultado de procesos cognitivos dentro de la mente humana; rechaza la idea de que el conocimiento sea la representación de una realidad externa independiente del observador”.

Lo importante de ésta teoría constructivista es la aceptación de que todos aquellos modelos y teorías que posee el sujeto se fundamentan en una construcción social que responde a ciertos intereses, demandas o necesidades tanto prácticas como teóricas, así mismo, se considera que la ciencia no solo es un discurso sobre una realidad palpable sino sobre modelos posibles que la

pueden representar, y que el conocer la ciencia no es describir la realidad, sino elaborar una serie de modelos explicativos que permitan interpretarla.

En esta postura constructivista del aprendizaje y de la enseñanza Coll (1990) menciona que existe una organización en torno a tres ideas fundamentales:

- 1 El alumno es el único y último responsable de su propio proceso de aprendizaje, ya que es él quien construye el conocimiento y nadie puede hacer por él esa tarea.
- 2) La actividad mental constructiva del alumno se aplica a contenidos que ya posee con un grado considerable de elaboración, realizada por el mismo
- 3) El hecho de que la actividad constructiva del alumno se aplique a ciertos contenidos de aprendizaje ya preexistentes condiciona el papel que debe desempeñar el maestro como mediador, el cual ha de orientar sus actividades con el fin de propiciar que la construcción de conocimientos propicien el aprendizaje de contenidos escolares, los que representan saberes culturalmente validados.

De acuerdo a lo mencionado líneas arriba podemos mencionar que la construcción del conocimiento escolar se realiza a través de un proceso de selección, organización y transformación de la información que el alumno recibe durante dicha construcción, estableciendo relaciones entre ésta y sus ideas previas, con el propósito de construir nuevos esquemas interpretativos de dicho conocimiento.

En este enfoque el maestro juega un papel de gran importancia, su actividad debe ser la de un moderador, facilitador y mediador en la construcción del conocimiento y también un participante más, debe procurar fomentar un clima afectivo y armónico, de mutua confianza, que ayude a que los alumnos se puedan vincular positivamente con el conocimiento y principalmente con su proceso de aprendizaje. Debe estar abierto y sensible a esas ideas previas que tiene y aporta el alumno, valorándolas para planear sus actividades didácticas, también debe ser sensible para escuchar las distintas interpretaciones que tienen los alumnos acerca del fenómeno que se esté estudiando. En este modelo, el profesor debe reconocer y promover la colaboración y el trabajo que se lleva a cabo de manera grupal, ya que de esta forma se establecen mejores relaciones entre los alumnos, aprenden más, se sienten más motivados, se incrementa su autoestima y adquieren habilidades sociales más afectivas; en conclusión, el profesor no debe ser solamente un transmisor de conocimientos sino alguien que facilita la transformación de las ideas previas

que poseen los alumnos al animarlos a implicarse activamente en la construcción personal del significado de los conceptos (Porlan, 1997).

3.13. Las ideas previas

Dentro de la corriente pedagógica constructivista, ocupa un lugar destacado la noción de ideas previas, diferenciada de la de conocimientos previos. “La importancia de las ideas previas como expresión del individuo, como construcción personal, debe su actual reconocimiento al empeño del movimiento de la corriente líneas arriba mencionada. La desvinculación constructivista del conocimiento respecto a una realidad objetiva exterior propicia que las ideas de una persona adquiera valor al margen de su corrección o correspondencia con una realidad” (Martínez, 1999).

Las ideas previas, en su gran mayoría, son conocimientos no científicos que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar su mundo cotidiano y resolver los problemas que se presentan en éste. Por otro lado, la elaboración de ideas previas está íntimamente relacionada a explicaciones causales (Pozo, 2000) y a la construcción de esquemas relacionales.

También se consideran algunos otros factores que pueden intervenir en la construcción de las concepciones de los sujetos; uno de éstos podría ser la necesidad que tienen éstos de contar con una forma de interpretación que les permita tener una visión, al menos parcialmente, de los eventos naturales que ocurren a su alrededor y con los cuales están en contacto cotidianamente.

Otro factor importante, en la construcción de las ideas de los estudiantes es el contexto; considerando que las representaciones elaboradas corresponden a unos cuantos fenómenos comunes, sin embargo, si el individuo considera que otros fenómenos son de alguna manera semejantes- aunque no lo sean- a los que conoce, extrapola sus representaciones; si por el contrario, considera que cierto tipo de fenómenos no son semejantes –aunque si lo sean- realiza otra interpretación y construye ideas previas diferentes, lo cual puede hacer mediante el uso de analogías.

Es necesario mencionar que las ideas previas, como cualquier conceptualización que permita explicar o predecir un suceso, requiere para su transformación de un proceso complejo, donde deben cumplirse diversas condiciones como el reconocimiento de anomalías, insatisfacción de las explicaciones o predicciones, la aceptación y mínima comprensión de otras

explicaciones (Strike y Posner, 1985) y tener en cuenta que dicha transformación requiere de pasar por diversos niveles o etapas.

El apriorismo considera el conjunto de las ideas previas como expresión solo de tendencias internas del individuo, sin ninguna influencia moldeadora del medio exterior supone englobar la historia de las diferentes ideas dentro de la indescifrable “caja negra del universo” (Glaserfeld, 1987) en que el constructivismo coloca el mundo objetivo exterior a los individuos y las relaciones mutuas sujeto-objeto.

Otro aspecto relevante en que han incidido en la educación en ciencias, es la transformación de la enseñanza, sin embargo, la mayoría de los maestros no conoce y no tiene acceso a la gran cantidad de ideas previas que hasta la fecha se han investigado, y sobre todo, no poseen los elementos que les permitan saber como tomarlas en cuenta para abordar cualquier conocimiento científico en el salón de clases. Actualmente, las ideas previas son conocidas con una diversidad de términos (Cubero, 1994; Jiménez, Solano y Marín, 1994, Wandersee, Novak y Mintzes, 1994) y que en general obedecen a las posiciones que los investigadores tienen con respecto a la construcción del conocimiento y a su visión del aprendizaje y del conocimiento científico.

Wandersee, Novak y Mintzes (1994) adoptan el término “concepciones alternativas” propuesto por Driver y Esley (1987), considerándolo el más adecuado porque involucra una visión ideográfica, es decir, que se toman en cuenta las concepciones de los estudiantes como personales, que tienen significado y utilidad para interpretar cierto fenómeno y porque no implica una denominación en sentido negativo, como pudiera ser el de “errores conceptuales” (misconcepción).

Sin embargo, el término que se utiliza en este trabajo es el de ideas previas, ya que por un lado se refiere a una idea o concepción que no ha sido transformada por la acción escolar y porque es un término que puede ser fácilmente identificado por los profesores.

Con relación a las ideas previas, Driver y Posner (1998) y Tiberhein (1998) comparten algunas concepciones, como las que se mencionan a continuación.

Las ideas de los sujetos representan modelos coherentes y estables acerca de los fenómenos que observan; se consideran construcciones personales que influyen sobre la forma mediante la cual se construye la nueva información.

- 1 Describen el aprendizaje y la adquisición del conocimiento, como la organización de esquemas dentro de estructuras que posee el individuo.
- 2 El aprendizaje depende, tanto de la naturaleza de la información como de la estructura de los esquemas interpretativos del individuo.
- 3 Manifiestan, que el cambio conceptual parte de la provocación de situaciones problemáticas que promuevan el conflicto cognitivo.

3.14. El cambio conceptual: hacia la transformación de las ideas previas y el acercamiento a la explicación de los científicos.

Las investigaciones en concepciones espontáneas o ideas previas dieron origen a una nueva línea de investigación que intenta determinar las condiciones de enseñanza y aprendizaje que se necesitan para lograr un cambio o transformación conceptual, (Texeira, 1993; Mortimer, 1994; Silva, 1995; Barros, 1996) mencionan que se debe partir de un referente constructivista que permita orientar el aprendizaje de los individuos como una reconstrucción del conocimiento a partir de sus propias conceptualizaciones para que evolucionen hacia los conceptos científicos, mediante actividades de enseñanza donde se propongan situaciones problemáticas de interés para ellos y que propicien conflictos cognitivos, además de respetar la metodología de producción de su propio conocimiento.

Dentro de esta perspectiva, el maestro requiere saber diseñar y elaborar un programa de actividades que conduzca a sus estudiantes a construir los conocimientos, las habilidades y actitudes del contenido que se propone enseñar (Carballo, *et al*, 1998; Gil, *et al*, 1999).

Strike, Posner, Hewson y Gertzog (1982) sugieren que deben cumplirse una serie de condiciones para que se de el cambio conceptual; considerando éste como un proceso de incorporación de nuevos conceptos, que le permita al individuo ir realizando una reconstrucción cognitiva. Trabajos como los de Hewson (1981) y Posner (1982), indican las condiciones que se deben cumplir para hacer posible el cambio conceptual: en primer lugar, el alumno ha de verse insatisfecho con sus ideas previas, es necesario que encuentre contradicciones en ellas o que ya no le sirven para resolver algunos problemas que se le hayan planteado; en segundo lugar, una vez que el alumno tenga conciencia de la insuficiencia de sus ideas debemos presentarle una nueva concepción que las sustituya.

Este nuevo esquema debe cumplir los siguientes requisitos:

A. Una idea nueva tiene que ser inteligible; a su vez debe cumplir dos requisitos:

a.1.- Hay que conocer y comprender los términos, símbolos y modo de expresión utilizados.

a.2.- La información debe estar estructurada de una manera coherente

Una estrategia muy útil para relacionar información reciente con los mecanismos existentes, es el uso de analogías, metáforas y modelos; es necesario tener cuidado con el tipo de analogías utilizadas, pues en muchas ocasiones se podría contribuir al afianzamiento de otra idea previa.

B. Una idea nueva ha de ser verosímil

Tiene que ser consistente con las ideas previas, no estar en contradicción con ellas, ni con la experiencia diaria del alumno. Será necesario un tiempo suficiente de reflexión sobre ejemplos y contraejemplos hasta que el alumno la encuentra verosímil.

C. La idea nueva debe ser útil

Debe servir para resolver las anomalías encontradas y ampliar el campo de conocimientos del alumno, sugiriéndole preguntas acerca de lo que observa, dándole respuestas satisfactorias y orientándolo hacia nuevas actividades que le ofrezcan nuevas interpretaciones para verificar estas respuestas.

Otros investigadores interesados en el tema como (Claxton, 1984) han sugerido que el cambio conceptual puede ser amenazante para la persona y la reestructuración de las concepciones requiere de un ambiente favorable, en el que las ideas personales sean valoradas.

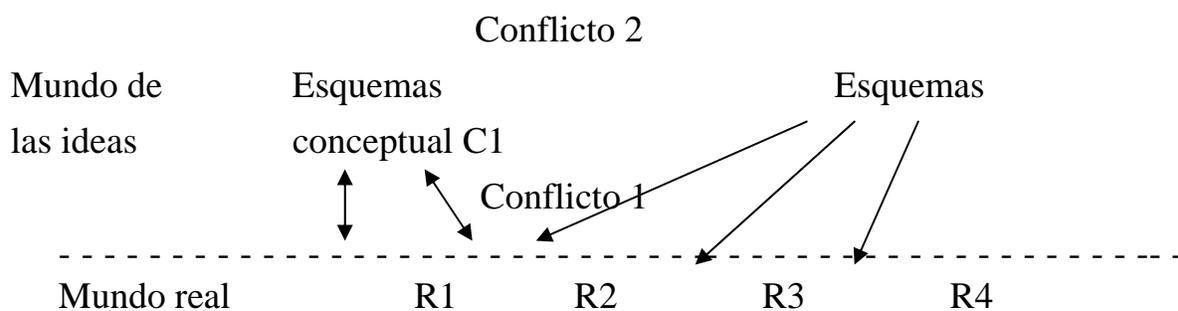
3.14.1. El cambio conceptual como proceso a largo plazo

Los cambios conceptuales constituyen un proceso lento y a largo plazo (Driver, 1998), algunas veces los niños tienden a interpretar las nuevas situaciones en relación con lo que ya conocen, reforzando, por tanto, sus concepciones precedentes. En algunos casos, el resultado de la enseñanza parece ser la incorporación del vocabulario científico a dichas concepciones antecedentes de los alumnos.

La integración y el uso coherente de los nuevos conceptos constituyen un proceso a plazo mucho más largo. Cuando las nuevas ideas entran en conflicto con los puntos de vista de los individuos, pueden ser un obstáculo para el aprendizaje. Para integrar estos conceptos nuevos, quizá tengan que modificar la organización de sus ideas de modo radical, lo que supone una auténtica “revolución” de su pensamiento. Incluso cuando esto ocurre, las ideas nuevas y las antiguas pueden coexistir.

Los estudiantes no adoptan ideas nuevas o modifican las que tenían de manera radical durante el periodo de tiempo dedicado normalmente a una clase ni, incluso, a un conjunto de clases, por lo que se hace necesario proporcionarles ciertos elementos que les permitan el ir accediendo al logro de dicho cambio conceptual.

1. Dar a los estudiantes ocasiones para que pongan de manifiesto sus propias ideas.
2. Introducir hechos discrepantes que ocasionen un conflicto conceptual.
3. Estimular la formulación de un conjunto de esquemas conceptuales.
4. Practicar el empleo de la idea en un conjunto de situaciones.



Esquema elaborado por Hashwed (1986) para representar el proceso de cambio conceptual.

El proceso de cambio conceptual supone una reestructuración cognitiva en la mente del alumno que lo logra. Hashwed (1986) menciona que dicho proceso ocurre de la siguiente forma: el individuo dispone de un esquema conceptual C1 que le sirve para explicar una parcela restringida R1 del mundo. La concepción falla al interpretar otra parcela del mundo R2, por lo que aparece un conflicto (1) ante la imposibilidad de C1 de explicar R2.

Para explicar R2 se necesita otro esquema conceptual C2 que además puede explicar R1, y que muy bien puede coincidir con la concepción científica que conviene aprender. Existe un segundo conflicto, el que hay entre ambas concepciones C1 y C2; ambos deben resolverse simultáneamente, para lo cual será necesario mostrar el cambio de aplicación de cada esquema conceptual, es decir, la parte del mundo en el que cada uno puede aplicarse con éxito y también será necesario explicitar las relaciones que existen entre C1 y C2.

Pope y Gilbert (1983) aportan cuatro posibles resultados que pueden darse como consecuencia de un programa de aprendizaje:

1. Las personas pueden retener sus propias perspectivas y rechazar todas las ajenas (aunque su comprensión de estas alternativas haya mejorado).
2. Mantener la idea original, pero adoptar otra de forma temporal, es decir, tener dos ideas o concepciones al mismo tiempo.
3. Ver sus propios modelos como no válidos y descartarlos.
4. Pueden rechazar tanto sus ideas originales como las adelantadas por otros, sugiriendo, en su lugar, una alternativa que vaya más allá que cualquiera de ellas.

3.15. La modelización

La modelización de los entes y de los fenómenos físicos es considerada como una actividad central en el desarrollo de la Ciencia (Bunge, 1985; Bachelard, 1991; Giere, 1990, 1999; Laudan, 1986; Toulmin, 1964, 1977; Nersessian, 1995; Zinder, 2000) ya que siempre la resolución de un problema de investigación demanda que el fenómeno que se estudia sea representado mediante un constructo: el modelo científico.

Entendemos el concepto de modelo como una representación provisoria, perfectible e idealizada de una entidad física o de un fenómeno físico (Bunge, 1985; Halloun, 1996), que se elabora en el ámbito científico ante la necesidad de resolver un problema de investigación. Construyendo una representación que guarda una relación de analogía con el sistema real en estudio (Nersessian, 1995; Samaja, 1993).

Aunque en los textos frecuentemente se llama modelos a las teorías, consideramos más correcto decir que las teorías suponen modelos y que estos modelos, y no las teorías mismas, es lo que se supone que representa los correlatos de las teorías. En ese sentido una teoría se refiere a un sistema o a una clase de sistemas, y los modelos representan esos sistemas (Bunge, 1985;

Giere, 1990). El ajuste entre el modelo y la realidad se evalúa tomando en cuenta solamente [... aquellos aspectos del mundo que los modelos intentan capturar] (Giere, 1999).

La aplicabilidad del modelo a las entidades y fenómenos físicos que él representa es evaluada mediante el control experimental en un proceso dialéctico que algunos investigadores (Hestenes, 1992; Fuchs, 1999) denominan “cíclico” y otros “iterativo” (Van Driel-Ver Loop, 1999). Tal proceso comprende permanentes correcciones en el modelo (en su diseño, en sus rasgos de validez, en su profundidad, en su poder explicativo) y en el diseño experimental que con él se relaciona. Por este camino, mediante el control de los errores experimentales, es posible “salvar la brecha” entre el modelo y la realidad (Cudmani, *et al.*, 1991).

Cada modelo así construido es sometido a la consideración de la comunidad científica y, cuando ésta lo avala, estamos ante lo que Gilbert y otros (1998) denominan modelo consensuado. La validación de un modelo no solamente atañe a su ajuste como representación de la realidad, sino también a la coherencia sistémica entre la estructura del modelo y la de las teorías aceptadas (Bunge, 1985,) por la comunidad científica.

Sobre la base de los modelos consensuados, en la comunidad educativa se elaboran los “modelos pedagógicos” de los cuales se valen los docentes en sus clases, para ayudar a los estudiantes en la comprensión de los modelos científicos consensuados.

La comunidad de investigadores en educación científica está evidenciando durante los últimos años un creciente interés por el tratamiento de los modelos en las clases de ciencias; una muestra de ello es la edición (en septiembre 2000) de un número de *International Journal of Science Education* especialmente dedicado a los modelos como base para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias; (Gubert y Buckley, 2000) toman una serie de referencias para fundamentar que en la actualidad los modelos y la modelización se consideran parte integral de la cultura científica. Los autores consideran que la enseñanza de las ciencias debería contemplar la coherencia entre los modelos científicos que se presentan en clase y los modelos mentales que construyen los estudiantes como resultado de su aprendizaje.

Los libros de texto suelen contener expresiones muy ambiguas respecto de los modelos que emplean, así como de la relación de estos modelos con la realidad y la teoría, y de la evolución histórica de los modelos (Gilbert, 2000).

La visión de sentido común que los estudiantes tienen de los modelos afecta críticamente las apreciaciones de las explicaciones que los textos o los docentes proporcionan. La problemática referida a la elección de los modelos (Gilbert, 1998) requiere por parte de los docentes un conocimiento de los alcances y limitaciones de los modelos en un campo de investigación para hacer posible la elección crítica de uno de ellos para propósitos particulares.

Cuando se emplean analogías como estrategia facilitadora del aprendizaje de modelos científicos complejos y abstractos, frecuentemente los estudiantes, a diferencia de los expertos, manifiestan dificultades para interpretar alcances, limitaciones y grado de distancia entre el modelo científico propiamente dicho y su analogía. No establecen un adecuado puente cognitivo entre ambos. Galagovsky y colaboradores (2001).

3.16. Metodología.

Para la elaboración de esta propuesta didáctica se llevó a cabo el siguiente proceso:

- Selección del objeto de estudio, con base en la problemática que representa para los maestros la comprensión del proceso de la fotosíntesis, como un estudio no concluido, que se va transformando teóricamente a través de la historia.
- Revisión bibliográfica sobre trabajos de investigación referidos a:
 - Ideas previas de los estudiantes de diversos niveles educativos.
 - Análisis de la construcción del proceso de la fotosíntesis a través del tiempo hasta la actualidad, para encontrar las rupturas epistemológicas de un paradigma a otro, donde las contribuciones teóricas se transforman en inconmensurables.
 - Exploración acerca de las diferentes posturas epistemológicas de la ciencia, para encontrar la postura a utilizar en este trabajo.
 - Selección y análisis del enfoque de aprendizaje constructivista de esta propuesta.
- Selección de instrumentos de la propuesta:
 - Construcción de cuestionarios para indagar las ideas previas de los maestros-estudiantes del curso Naturaleza de la ciencia, de la

Especialización “Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Naturales” que se impartió en la Universidad Pedagógica Nacional, para aplicarlo al inicio y al final del curso.

- Grabación en video de todas las sesiones para realizar el estudio estenográfico, para analizar los avances de niveles de comprensión a través del curso de la posible reestructuración de las ideas previas de los maestros-estudiantes.
- Aplicación de la propuesta didáctica.
 - Diseño de una propuesta didáctica con base a la información obtenida de las ideas previas de los maestros estudiantes (con ajustes acordes a las necesidades de avances de los sujetos), de la investigación bibliográfica realizada anteriormente.
 - Diseño de la secuencia didáctica de aprendizaje basada en la problematización sobre las ideas previas de los estudiantes, presentando conflictos cognitivos que hagan que los maestros estudiantes se sientan insatisfechos de ellas, para promover con la discusión asesor-estudiante, estudiantes con estudiantes y diversos autores (antología), formas diferentes de acercamiento a las explicaciones científicas, que vayan propiciando la transformación de estas ideas.
- Promover la elaboración de ensayos sobre los diversos modelos del proceso de construcción de la fotosíntesis, que tengan sustento en forma analógica con la semejanza que presenten los maestros-estudiantes con la de los científicos, teniendo en cuenta las rupturas epistemológicas específicas del tema que se esté desarrollando.
- Análisis de resultados:
 - Elaboración de cuadros de concentración de información referentes a las respuestas proporcionadas por los sujetos obtenidos de los cuestionarios inicial y final y de los videos.
 - Interpretación de resultados.
- Elaboración de las conclusiones de la propuesta didáctica

CAPITULO IV. PROPUESTA DIDÁCTICA

Por lo antes expuesto, la presente propuesta didáctica tiene como propósito invitar a los maestros a reflexionar sobre sus propias concepciones con respecto al proceso de la fotosíntesis, mediante la realización de una serie de actividades como parte de una modelización, la cual, como se mencionó al principio de este trabajo, será utilizada como estrategia didáctica para propiciar su cambio conceptual (transformación de ideas previas), a partir de una serie de acercamientos constantes hacia la mejor explicación científica que existe actualmente con respecto a dicha teoría.

Cabe mencionar que el ámbito epistemológico considerado para la elaboración de este trabajo se basa en el enfoque denominado constructivismo social, el cual considera como elementos importantes para la construcción del pensamiento el lenguaje y la legitimación de aquel mediante el intercambio social que se da entre los sujetos.

Así mismo se toman en cuenta las ideas expresadas por Tomas Kuhn con relación a las transformaciones que “sufren” los conceptos científicos a través de la historia y que les da el nombre de cambio de paradigma; produciéndose éstos por rupturas epistemológicas.

Con el propósito de lograr lo anteriormente mencionado es necesario reconocer que en el diseño y construcción de la estructura didáctica que se plantea a continuación subyace una concepción diferente de docente, de alumno, de enseñanza, de aprendizaje, y de evaluación.

El docente es un sujeto que cuenta con saberes, conocimientos y experiencias sobre su práctica docente y la enseñanza, lo que le permite reconstruir en su proceso nuevos conocimientos al respecto. Es un sujeto que deja de ser el transmisor de información para convertirse en un mediador, es decir, un docente cuya función es ayudar a los alumnos a construir conocimientos, así como a construir múltiples relaciones entre éste y la realidad; esto implica que durante el proceso de enseñanza juega diversos papeles hacia cada sujeto en particular y hacia el grupo en general.

El alumno es un sujeto de aprendizaje y no un objeto de enseñanza, como sujeto es capaz de pensar, actuar y sentir, a partir de su esquema referencial, que de acuerdo con (Bleger, 1983) “...es un conjunto de experiencias, conocimientos y afectos”, con base en los cuales es capaz de construir nuevos

conocimientos, así como de establecer relaciones entre éstos y su entorno cotidiano; por lo tanto, no solo desarrolla su dimensión intelectual –en el sentido cognoscitivo –sino también otros aspectos de su personalidad, por lo tanto, es un sujeto integral para el que no, únicamente, es suficiente pensar.

La enseñanza es un proceso mediante el cual el docente contribuye a que sus estudiantes construyan su propio conocimiento en términos de contenidos informativos y metodológicos, propiciando la reflexión hacia lo desconocido, a la búsqueda de lo que no está suficientemente dilucidado, por lo tanto, la enseñanza es un proceso mediante el cual es posible despertar en los estudiantes la curiosidad, la imaginación y la capacidad de interrogarse e interrogar a la realidad.

El conocimiento científico no está dado ni acabado, se ha ido construyendo a lo largo de los siglos por el hombre, por lo tanto, es producto de su historia. Su construcción se ha realizado por la necesidad de encontrar respuesta a diversos fenómenos o hechos de la realidad, a la necesidad de construirla y reconstruirla; por lo tanto, lo más importante no es el cúmulo de conocimientos adquiridos, sino el manejo de los mismos como instrumentos para indagar y actuar sobre la realidad (Bleger, 1983).

El aprendizaje no puede ser, solamente, un producto observable y medible, sino que primordialmente, es un proceso durante el cual el estudiante recorre un camino en el cual va dando cuenta de sus aprendizajes a partir de una variedad de productos que va elaborando o construyendo en diversos momentos de éste; tampoco es solo un producto objetivo, también es un proceso subjetivo, ya que quien aprende es el sujeto.

La evaluación desde una perspectiva constructivista, es un proceso dinámico, es decir, no es solo la asignación de calificaciones objetivas al final del proceso educativo; es un proceso continuo que se realiza a lo largo de las secuencias didácticas planteadas y llevadas a cabo durante el aprendizaje, por lo tanto, los tipos de evaluación que se conocen como diagnóstica, formativa y sumativa se convierten también en un proceso continuo, dinámico e interrelacionado. La evaluación es un proceso de cualificación, no solo de calificación, de tal forma que lo más importante de los procesos de evaluación es que se conviertan en elementos que sirvan para reformular, reconstruir y transformar los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

4.1. Secuencia didáctica

Una secuencia didáctica está constituida por una serie de fases o etapas en las que se plantean una serie de actividades de enseñanza con el propósito de lograr el desarrollo y aprendizaje de los contenidos, habilidades y destrezas que el maestro considera que sus alumnos deben poseer, dicha secuencia forma parte de una estrategia didáctica que tiene como propósito encontrar una mejor manera de lograr que sus estudiantes desarrollen todas sus potencialidades durante su proceso de aprendizaje.

Linjse y Klaassen (2004) mencionan que para lograr el objetivo planteado en una secuencia didáctica, se deben plantear actividades de enseñanza que permitan el desarrollo de las potencialidades de los alumnos (destrezas, habilidades y capacidades) de una manera gradual, por lo tanto, se debe partir de la consideración de que las ideas previas que los estudiantes tienen sobre la realidad que les rodea no son errores, puesto que son construcciones personales, es decir, esquemas interpretativos elaborados por ellos mismos.

Así mismo, se debe tomar en cuenta que esta serie de actividades que se planean para llevarse a cabo de una forma secuenciada y gradual, le permiten al estudiante encontrarle sentido a lo que están aprendiendo lo que posiblemente les permitirá ir reconstruyendo, con los nuevos conocimientos adquiridos, sus ideas iniciales, logrando con ello un cambio conceptual.

En ese sentido y tomando en cuenta que esta propuesta didáctica tiene como propósito lograr el cambio conceptual de las ideas previas que los maestros poseen sobre el proceso de la fotosíntesis o acercarlos lo más que se pueda a éste, considero necesario el establecimiento de una secuencia didáctica que permita a los maestros, de una forma más accesible, orientar su aprendizaje a la reestructuración, de sus ideas previas; la secuencia didáctica propuesta está constituida por tres fases: inicio, desarrollo y semicierre; en cada una de ellas se realizan una serie de actividades que tienen como propósito ir construyendo ciertos contenidos relacionados con el proceso que se estudia; el conjunto de actividades que se realizan en cada una de las fases mencionadas se pueden organizar en tres bloques o momentos: apertura, desarrollo y cierre, las características de dichas actividades son:

Las **actividades de apertura** son aquellas a partir de las cuales es posible identificar y recuperar las ideas previas de los estudiantes.

A partir de la identificación de estas ideas se realizan las **actividades de desarrollo** por medio de las cuales se incorporan nuevos conocimientos científicos, con el propósito de relacionarlos con los que ya se poseen y provocar un conflicto cognitivo que ocasione insatisfacción con lo que se ha construido.

Las **actividades de cierre** son aquellas que permiten al estudiante ir incorporando los nuevos conocimientos a sus esquemas interpretativos, lo que les permite ir avanzando de forma progresiva en su estudio y lograr, a partir de una reestructuración, acercamientos constantes hacia el cambio conceptual. Para ello es necesario que al realizar cada actividad se recuperen las ideas previas que poseen los estudiantes con relación al tema que se trata, en este caso sería el relacionado con el proceso de la fotosíntesis, ya que serán el punto de partida para iniciar el diálogo y confrontación de éstas entre ellos mismos, lo cual permitirá que se establezca un ambiente de participación activa entre todos los estudiantes.

Antes de iniciar la primera sesión de la presente estrategia didáctica, se aplicará un instrumento que permita recuperar las ideas previas que tienen los estudiantes sobre la fotosíntesis (anexo 1) y al finalizar su desarrollo se aplicará el mismo instrumento que se utilizó al inicio (anexo 9) que servirá como parámetro para reconocer el nivel de cambio que los maestros hayan logrado, con respecto al cambio conceptual que se proponían alcanzar.

Para llevar a cabo la aplicación de la propuesta didáctica que propicie el cambio conceptual de las ideas previas que los maestros tienen sobre el proceso de la fotosíntesis, se proponen seis sesiones de clase; cada una con una duración de dos horas, en la que se consideran tres fases: inicio, desarrollo y semicierre, durante las cuales se realizarán una serie de actividades relacionadas con el tema antes mencionado.

PRIMERA SESIÓN.

Fase 1. Inicio

Actividades de apertura.

Durante esta primera fase se aplicará un cuestionario que consta de diez preguntas relacionadas con el proceso de la fotosíntesis, con el propósito de indagar sobre algunas de las ideas previas que poseen los maestros con respecto al proceso indicado líneas arriba.

Después de transcurrido este tiempo se revisarán los cuestionarios por parte del maestro y al mismo tiempo, utilizando la técnica de “lluvia de ideas”, se comentarán algunas de las ideas previas expuestas por los maestros en el instrumento aplicado, lo cual tendrá una duración de 15 min.

Mediante el planteamiento de algunas preguntas como: ¿es lo mismo nutrirse que alimentarse?, ¿de qué se alimentan los animales y de qué las plantas?, ¿cómo llevan a cabo la nutrición los dos tipos de organismos?, ¿el aumento de masa y el crecimiento de las plantas es directamente proporcional a la cantidad de agua que consumen?; se provocará un conflicto cognitivo con relación a los conocimientos que se tienen respecto a estos temas, el cual será discutido en equipos de cuatro maestros cada uno durante 15 min.

Una vez que los maestros hayan llegado a un consenso, con respecto a las preguntas planteadas, se procederá a confrontar dichas ideas con el experimento de Jan Baptista Helmont, con el propósito de que reestructuren sus ideas previas del aumento de masa y crecimiento de los vegetales y su relación con la cantidad de agua que consumen, mediante la realización de una actividad, en equipos de cuatro maestros cada uno.

Fase 2. Desarrollo

Actividades de desarrollo

Concluido este lapso se les proporcionará un documento que contiene la información teórica correspondiente a los conceptos de alimentación y nutrición, que dan origen a otros dos conceptos, organismos autótrofos y organismos heterótrofos y un texto que contenga una breve información sobre el experimento realizado por Helmont (desarrollo de la actividad, anexo 2), las lecturas y la realización de la actividad les permitirá, a partir de una confrontación propiciada por un debate, revisar las ideas expresadas durante la discusión realizada anteriormente y elaborar un documento en el que se manifieste el resultado de ésta y las que se construyan después de realizadas las actividades mencionadas. El tiempo estimado para llevar a cabo este ejercicio es de 40 min.

Fase 3. Semicierre

Actividades de cierre

En esta fase se retomarán los cuestionarios aplicados a los maestros y mediante la lectura de algunas ideas previas relacionadas con el tema,

manifestadas por algunos de éstos y las ideas surgidas de la realización de la actividad hecha en la fase de desarrollo, para promover un debate con los equipos que permita contrastar la idea inicial que se tenía sobre el crecimiento y aumento de masa de las plantas; con el propósito de reconocer si hubo una reestructuración de ésta y como consecuencia un avance hacia el cambio conceptual, que sobre el proceso de la fotosíntesis que tienen los maestros, se pretende lograr. Antes de finalizar la sesión se pedirá a los maestros que realicen una actividad extra escolar, la cual consistirá en una pequeña investigación relacionada con los conceptos estudiados (desarrollo de la actividad, anexo 3). Tiempo para llevar a cabo esta fase 30 min.

SEGUNDA SESIÓN.

Fase 1. Inicio

Actividades de apertura

A través de una sesión de preguntas y respuestas propiciada por el asesor y los maestros-estudiantes, se conocerán las interpretaciones a las que llegaron éstos, como resultado de las observaciones que realizaron durante la investigación que se les solicitó llevaran a cabo, así mismo, se procederá a completar la actividad que se inicio en la primera sesión, con el propósito de dar respuesta a una de las preguntas planteadas en ésta y que se encuentra relacionada con ésta

Posteriormente se proyectará un video que contiene información relacionada con los conceptos de alimentación y nutrición de las plantas, con el propósito de confrontar éstos con las ideas manifestadas por los maestros-estudiantes al inicio de la sesión. Se sugieren 30 min. realizar estas actividades.

Fase 2. Desarrollo

Actividades de desarrollo

Se formarán equipos de cuatro maestros-estudiantes cada uno, ya integrados se les entregará un documento donde se les plantea una situación que tiene como propósito propiciar un conflicto cognitivo relacionado con la importancia que tienen las plantas para todos los seres vivos que existen sobre la Tierra; el cual contiene una serie de preguntas que nos permite explorar algunas de sus ideas previas con respecto al proceso de la fotosíntesis (desarrollo de la actividad, anexo 4) Tiempo estimado para la realización de esta actividad 30 min.

Para conocer las respuestas proporcionadas por cada equipo, se les pedirá que sean comentadas ante el grupo, con el propósito de reconocer las coincidencias y diferencias que existan, que les permita llegar a un consenso, el cual será retomado posteriormente para ir anexando a éste otros elementos relacionados con dicho proceso. Tiempo estimado 15 min.

Por medio del análisis y la reflexión de una lectura relacionada con los cloroplastos y las clorofilas; se conocerán las características e importancia que tienen estas estructuras celulares para que se lleve a cabo la fotosíntesis, así como su relación con la luz solar y la determinación de la coloración de las hojas de las plantas; para lo cual se realizará también, como complemento una actividad experimental relacionada con la extracción de clorofila que se encuentra en las hojas (desarrollo de la actividad, anexo 5). Tiempo para la realización 45 min.

Fase 3. Semicierre

Actividades de cierre

Con el propósito de recuperar elementos conceptuales relacionados con las actividades que se llevaron a cabo, se realizará con los maestros-estudiantes un análisis e interpretación de los resultados obtenidos y de las observaciones que durante éstas se hicieron, se promoverá un debate en el que se discutan las ideas más relevantes construidas por ellos, después se elaborará, en conjunto, un texto que refleje la comprensión del tema y su incorporación a los esquemas interpretativos que poseían con respecto al proceso de la fotosíntesis, para reestructurarlos, lo que permitirá aproximarlos al cambio conceptual que se pretende lograr. Tiempo para su realización 25 min.

Se solicitará a los maestros-estudiantes que realicen dos actividades extra clase, las cuales se mencionan a continuación: que en equipos de cuatro, construyan un modelo representativo del cloroplasto, empleando materiales como foami, unicel, plastilina, papel cascarón, etc.; señalando las partes que lo constituyen. Dicho modelo deberá ser llevado al salón de clases en la próxima sesión.

Así mismo, construirán dos modelos que serán observados durante cinco días por ellos, con el propósito de provocar un conflicto cognitivo, confrontando las ideas previas que poseen los maestros con respecto a la influencia de la luz blanca sobre las plantas y la importancia que ésta tiene en ese aspecto, de acuerdo a las longitudes de onda que tiene cada uno de los colores que la

conforman para la realización del proceso fotosintético, utilizando como referencia la teoría propuesta por J. Maxwell y el experimento de I. Newton (desarrollo de la actividad, anexo 6).

TERCERA SESIÓN.

Fase 1. Inicio.

Actividades de apertura

Esta sesión se iniciará con la presentación de los modelos del cloroplasto contruidos por los equipos, los cuales serán presentados por cada uno de ellos ante el grupo, mencionando sus características generales, elementos que lo constituyen; y la función que desempeñan; principalmente la de la clorofila, en la realización del proceso fotosintético, con el propósito de recuperar aquellos conceptos tratados en la segunda sesión y con la experiencia que la construcción de dichos modelos les proporcionó. Tiempo estimado 35 min.

Fase 2. Desarrollo

Actividades de desarrollo

Se entregará a cada uno de los maestros-estudiantes una hoja que contiene varias preguntas que deberán ser contestadas en un tiempo no mayor a los 15 min., con el propósito de conocer algunas ideas previas que los maestros tienen sobre algunos aspectos relacionados con el proceso que se está tratando; una vez concluido este periodo se formarán equipos de cuatro maestros cada uno para que intercambien sus respuestas y realicen una actividad (desarrollo de la actividad anexo 7). Las preguntas son: ¿Por qué se dice que la fotosíntesis se realiza en dos etapas o fases, una luminosa y una oscura?, ¿significa esto que la primera se lleva a cabo durante el día y la otra durante la noche? ¿Crees que las plantas que tienen hojas de diferentes colores al verde, también pueden realizar el proceso de la fotosíntesis? ¿Por qué?

Posteriormente, se socializarán los comentarios elaborados en cada equipo, comentándolos al resto de sus compañeros de clase; una vez escuchados, el profesor problematizará sus ideas relacionadas con las fases luminosa y oscura de la fotosíntesis, al hacer una analogía de éstas tomando como ejemplo lo que ocurre cuando se pone en marcha un automóvil, ya que su funcionamiento también se inicia con una etapa en que se emplea un tipo de energía que se puede ver (la gasolina) para dar inicio a otro proceso mediante el cual se transforma en otra energía (mecánica) que permitirá su movimiento, es decir,

propiciará un conflicto cognitivo que se tratará de dilucidar mediante un debate en el que el profesor participará como mediador de las discusiones que se den entre los maestros.

Con el propósito de tener acceso a la parte teórica, a continuación se hará una lectura comentada de un texto que contiene información relacionada con los procesos que se realizan en las fases luminosa y oscura del proceso fotosintético. Tiempo para realizar las actividades 45 min.

Fase 3. Semicierre Actividades de cierre

Una vez realizada la lectura se propiciará la contrastación de las ideas previas expresadas en el primer cuestionario, con las ideas construidas como resultado de la lectura comentada y a partir de este ejercicio, en equipos de cuatro, elaborarán un documento en el que se refleje el resultado de dicha contrastación y que permita detectar la posible transformación de las ideas previas manifestadas por los maestros.

Se les solicitará que realicen una actividad extraclase que consistirá en investigar brevemente como se lleva a cabo la fase luminosa, que elementos o factores intervienen, en cuantas etapas se realiza y que productos se obtienen al finalizar ésta. El resultado de este trabajo será llevado a la siguiente sesión para su conocimiento y análisis.

CUARTA SESIÓN.

Fase 1. Inicio. Actividades de apertura

Aplicando la técnica “lluvia de ideas” se recuperará la información obtenida en la investigación realizada, la cual será utilizada por el asesor para establecer la diferencia que existe entre los llamados conocimientos previos y las ideas previas que poseen los maestros-estudiantes, lo cual permitirá reconocer, si parte de lo investigado se ve reflejado en la actividad que se realizará en la fase de desarrollo para propiciar su confrontación. Tiempo para esta actividad 30 min.

Fase 2. Desarrollo

Actividades de desarrollo

Mediante la lectura de un documento que se les proporcionará a los maestros, que tiene la información teórica conceptual correspondiente a la fase luminosa los maestros tendrán acceso a ésta, después se les solicitará que formen equipos de seis integrantes para que elaboren un mapa conceptual que permita recuperar los contenidos más relevantes del documento y realicen una actividad para confrontar sus ideas sobre la importancia que tienen los procesos que se llevan a cabo en la fase luminosa y lo resultante de ésta, con el experimento llevado a cabo por Priestley (desarrollo de la actividad, anexo 8), una vez realizadas las actividades propuestas, cada equipo comentará los resultados obtenidos al resto del grupo, con el propósito de socializarlos e intercambiar ideas mediante un debate; en el cual el asesor intervendrá como mediador de la discusión que se establezca entre los participantes. Tiempo para su realización 20 minutos.

Fase 3. Semicierre

Actividades de cierre

La parte final de la fase anterior servirá como parte de la evaluación de adquisición de conocimientos que los maestros-estudiantes hayan logrado hasta este momento, la cual se complementará en esta fase final con la construcción de modelos que representen los sistemas I y II de la fase luminosa del proceso de la fotosíntesis, en la cuál se efectúa la fotofosforilación y la fotólisis del agua, anexando una breve explicación de cómo se llevan a cabo éstas; empleando materiales como plastilina, papel cascarón o ilustración, unicel, foamy, etc.. Tiempo estimado 40 min.

Como actividad extraescolar se les solicitará que realicen una pequeña investigación para dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿Cómo se establece la relación entre la fase luminosa y la fase oscura del proceso de la fotosíntesis llamada ciclo de Calvin?, ¿con qué otro nombre se le conoce a dicho ciclo? ¿Por qué crees que es importante para las plantas vegetales?

QUINTA SESIÓN.

Fase 1. Inicio.

Actividades de apertura

La sesión se iniciará comentando con los maestros-estudiantes algunas de las respuestas que proporcionaron en el cuestionario que se les aplicó la sesión anterior, para iniciar una discusión que les permitirá justificarlas y al mismo tiempo reflexionar sobre ellas para contrastarlas con algunos de los mapas conceptuales elaborados en la sesión anterior.

A continuación se pedirá a los maestros socializar la información obtenida en la investigación realizada, lo cuál se llevará acabo, primero, comentándola en equipos de cuatro y como resultado de esta actividad elaborarán un documento que proporcione los elementos más importantes de su discusión, los cuales serán dados a conocer a los demás integrantes del grupo por medio de un debate en el que participará el asesor como mediador, para reconocer las semejanzas y diferencias que pudieran encontrarse y que permitan, posteriormente, llegar a un consenso. Tiempo para su realización 35 min.

Fase 2. Desarrollo

Actividades de desarrollo

Por equipos, se proporcionará a los maestros-estudiantes un documento que contenga la información teórica conceptual relacionada con el ciclo de Calvin (anexo 11) para ser leído por sus integrantes, poniendo énfasis en el esquema que lo representa, con el propósito de hacer una interpretación de éste y explicarlo de acuerdo a como lo hayan entendido; una vez concluida esta actividad se les solicitará que elaboren en un cuarto de papel ilustración los dos esquemas de las fases que constituyen la fotosíntesis: la luminosa y la oscura, con la intención de observar de manera general la relación que existe entre los sistemas I y II de la primera con los procesos que se llevan a cabo en la segunda y el o los productos que se obtienen de dicha complementariedad.

Fase 3. Semicierre

Actividades de cierre

Se solicitará a los maestros-estudiantes que elaboren, por equipo, un documento que contenga las ideas que se hubieran construido como resultado de las observaciones realizadas durante la realización de la actividad anterior y

de la discusión que propiciaron éstas, dicho documento debe reflejar el conocimiento y manejo de ciertos elementos teóricos con respecto, al tema estudiado, pero interpretados con su propio lenguaje. Tiempo estimado 30 min.

Como actividad extraclase se les solicitará que por equipo, elaboren, con el material y de la forma como lo consideren más pertinente, una presentación que les permita explicar frente al grupo como se lleva a cabo el proceso de la fotosíntesis. (Power point, acetatos, etc.).

SEXTA SESIÓN.

Fase 1. Inicio.

Actividades de apertura

Esta última sesión tiene como propósito evaluar el conocimiento científico construido por los maestros-estudiantes, respecto al proceso de la fotosíntesis, mediante la presentación y explicación de su material elaborado para tal propósito; si los maestros lo consideran necesario, al final de cada exposición se harán algunas precisiones relacionadas con algunos aspectos conceptuales que se hayan mencionado. Al término de todas las presentaciones, mediante una exposición de ideas por parte de los éstos, se construirá la fórmula general que representa este proceso químico: Tiempo para su realización 60 min.

Fase 2. Desarrollo

Actividades de desarrollo

Se realizará una actividad que tiene como objetivo contrastar sus ideas previas relacionadas con la sustancia que elaboran, en primera instancia, las plantas, como resultado de la realización del proceso de la fotosíntesis (desarrollo de la actividad, anexo 9). Tiempo para su realización 40 min.

Fase 3. Semicierre

Actividades de cierre

Se aplicará a los maestros-estudiantes un instrumento de evaluación con el propósito de conocer algunas ideas o conceptos que como resultado de la aplicación de la propuesta didáctica hayan construido o reconstruido los maestros, provocando un cambio conceptual de las ideas previas que sobre el proceso de la fotosíntesis, manifestaron al inicio de ésta (anexo 10).

4.2. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA.

Al concluir la elaboración de la propuesta didáctica, se consideró necesario aplicarla con propósitos exploratorios, para poder apreciar si la secuencia didáctica planteada para su desarrollo incluía los elementos adecuados para lograr los propósitos planteados de manera general y particular, en dicha propuesta; para poder llegar a esta conclusión se siguieron las actividades sugeridas en cada una de las sesiones de la secuencia didáctica, lo cuál nos permitiría a partir de algunos datos estadísticos obtenidos, reconocer si los maestros-estudiantes al final de ésta habrían logrado el cambio conceptual esperado sobre el proceso de la fotosíntesis.

4.3. RESULTADOS.

La información que se obtuvo después de aplicar los cuestionarios de ideas previas y de evaluación del aprendizaje, a los maestros-estudiantes, al término del desarrollo de la propuesta didáctica (secuencia didáctica) se organizó en las siguientes tablas para ser interpretados sus resultados posteriormente.

4.4. IDEAS PREVIAS DETECTADAS.

Las tablas de las ideas previas contienen las respuestas de los maestros-estudiantes a los que se les aplicó el primer cuestionario, los cuales eran maestros-estudiantes de la Especialización “La enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales”. que se impartió en la Universidad Pedagógica Nacional, para detectar sus esquemas interpretativos con respecto al proceso de la fotosíntesis.

CUESTIONARIO 1. (Anexo 1)

Pregunta 1. Algunas de las sustancias que las plantas necesitan para nutrirse son:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. el agua y la tierra	5	33
B. el dióxido de carbono y el sol	4	26.6
C. el oxígeno y el agua	5	33
D. la glucosa y los lípidos	1	.008

Pregunta 2. ¿Cómo obtienen las plantas sus nutrientes?

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. absorbiéndolos por la raíz	8	53.3
B. absorbiéndolos por las hojas	0	0
C. a través de los cloroplastos	5	33
D. realizando un proceso químico	2	13.3

Pregunta 3. ¿Cuál es el nombre del proceso mediante el cuál se nutren las plantas?

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. nutrición	1	6.6
B. fotosíntesis	12	80
C. alimentación	2	13.3
D. respiración	0	0

Pregunta 4. ¿En que parte o estructura celular se realiza principalmente esta función?

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. la flor	0	0
B. el tallo	2	13.3
C. el cloroplasto	5	33.3
D. la hoja	5	33.3

Pregunta 5. ¿Las plantas realizan el proceso fotosintético?

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. de día y de noche si hay luz	5	33.3
B. solo de noche	2	13.3
C. solo de día	1	6.6
D. de día y de noche si no hay luz	4	26.6

Pregunta 6. El oxígeno resultante de este proceso, las plantas lo:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. producen	4	26.6
B. sintetizan	1	6.6
C. liberan	8	53.3
D. absorben	0	0

Pregunta 7. La energía conocida como “moneda universal” utilizada por las plantas para elaborar sus propios nutrientes es:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. el ADN	1	6.6
B. el PTA	1	6.6
C. el RNA	1	6.6
D. el ATP	10	66.6

Pregunta 8. ¿De que se nutren las plantas?

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. dióxido de carbono y agua	3	20
B. sol y tierra con minerales	4	26.6
C. azúcares, grasas y proteínas	2	13.3
D. agua y tierra con minerales	3	20

Pregunta 9. El principal objetivo de este proceso de fotosíntesis es:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. consumir agua y sales minerales	0	0
B. producir oxígeno	7	46.6
C. absorber dióxido de carbono	1	6.6
D. producir materia orgánica	4	26.6

Pregunta 10. El color verde de la clorofila, se debe a que lo:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. absorbe y refleja	6	40
B. captura y transmite	1	6.6
C. transmite y refleja	3	20
D. absorbe y transmite	3	20

Pregunta 11. La energía solar, fotosintéticamente activa se encuentra entre las longitudes de onda:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. 280 y 420	2	13.3
B. 800 y 910	0	0
C. 300 y 910	1	6.6
D. 400 y 700	2	13.6

Pregunta 12. La longitud de onda electromagnética es la distancia que existe entre:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A valle y valle	0	0
B. cresta y cresta	5	33.3
C. cresta y valle	4	26.6
D valle y cresta	3	20

Pregunta 13. La importancia de que las plantas realicen este proceso es que si no lo hicieran:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. no existirían las formas alimenticias	2	13.3
B. los organismos aerobios no existirían	3	20
C. no habría vida sobre la Tierra	1	6.6
D. no pasaría nada	6	40

CUESTIONARIO 2. (anexo 10).

Pregunta 1. Algunas de las sustancias que las plantas necesitan para nutrirse son:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. el agua y la tierra	3	20
B. el dióxido de carbono y el sol	2	13.3
C. el oxígeno y el agua	1	.008
D. la glucosa y los lípidos	9	60

Pregunta 2. ¿Cómo obtienen las plantas sus nutrientes?

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. absorbiéndolos por la raíz	1	6.6
B. absorbiéndolos por las hojas	0	0
C. a través de los cloroplastos	2	13.3
D. realizando un proceso químico	12	80

Pregunta 3. ¿Cuál es el nombre del proceso mediante el cuál se nutren las plantas?

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. nutrición	0	0
B. fotosíntesis	12	80
C. alimentación	3	20
D. respiración	0	0

Pregunta 4. ¿En que parte o estructura celular se realiza este proceso?

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. la flor	0	0
B. el tallo	0	0
C. el cloroplasto	8	53.3
D. la hoja	4	26.6

Pregunta 5. ¿Las plantas realizan el proceso fotosintético?

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. de día y de noche si hay luz	12	80
B. solo de noche	1	6.6
C. solo de día	1	6.6
D. de día y de noche si no hay luz	0	0

Pregunta 6. El oxígeno resultante de este proceso, las plantas lo:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. producen	1	6.6
B. sintetizan	1	6.6
C. liberan	10	6.6
D. absorben	2	13.3

Pregunta 7. La energía conocida como “moneda universal” utilizada por las plantas para elaborar sus propios nutrientes es:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. el ADN	2	13.3
B. el PTA	0	0
C. el ARN	0	0
D. el ATP	13	86.6

Pregunta 8. ¿De que se nutren las plantas?

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. dióxido de carbono y agua	1	6.6
B. sol y tierra con minerales	0	0
C. azúcares, grasas y proteínas	13	86.6
D. agua y tierra con minerales	1	6.6

Pregunta 9. El principal objetivo de este proceso de fotosíntesis es:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. consumir agua y sales minerales	4	26.6
B. producir oxígeno	1	6.6
C. absorber dióxido de carbono	1	6.6
D. producir materia orgánica	8	53.3

Pregunta 10. El color verde de la clorofila, se debe a que lo:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. absorbe y refleja	6	40
B. captura y transmite	0	0
C. transmite y refleja	2	13.3
D. absorbe y transmite	6	40

Pregunta 11. La energía solar, fotosínteticamente activa se encuentra entre las longitudes de onda:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. 280 y 420	2	13.3
B. 800 y 910	1	6.6
C. 300 y 910	3	20
D. 400 y 700	9	60

Pregunta 12. La longitud de onda electromagnética es la distancia que existe entre:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. un valle y otro valle	1	6.6
B. una cresta y otra cresta	2	13.3
C. una cresta y un valle	6	40
D. un valle y una cresta	5	33.3

Pregunta 13. La importancia de que las plantas realicen este proceso es que si no lo hicieran:

RESPUESTAS	No ALUMNOS	PORCENTAJE
A. no existirían las plantas	6	40
B. los organismos aerobios no existirían	3	20
C. no habría vida sobre la Tierra	7	46.6
D. no pasaría nada	1	6.6

4.5. INTERPRETACIÓN.

Como puede observarse en los cuadros anteriores, las ideas previas expresados por los profesores-estudiantes se ven representados en las respuestas que dieron durante la aplicación del cuestionario No 1 (ver anexo), los cuales son semejantes a las que manifiestan la mayoría de los alumnos que cursan los tres niveles educativos (primaria, secundaria y medio superior) que atienden los profesores-estudiantes líneas arriba mencionadas; también se puede inferir que algunos de ellos no contestaron algunas preguntas para no comprometerse, lo cual se externo posteriormente, durante el desarrollo de las sesiones de la secuencia didáctica.

En la aplicación del cuestionario No 2 (anexo 10), las respuestas proporcionadas nos permiten ver que hubo, en algunos casos, un avance significativo hacía el cambio conceptual (transformación de sus ideas previas) que como propósito se planteó la propuesta didáctica, en otros fue ligero o poco significativo dicho acercamiento a este y en el resto de los profesores-alumnos (1-2), no hubo cambio alguno, es decir, siguieron conservando sus ideas previas, ya que mantuvieron las ideas mencionadas al inicio del desarrollo del tema.

4.6. CONCLUSIONES

El diseño, construcción y aplicación de una propuesta didáctica que parta del reconocimiento de las ideas previas que poseen los maestros, en este caso sobre el proceso de la fotosíntesis, con un enfoque constructivista que permita promover el cambio conceptual, apoyándose en el desarrollo histórico del concepto de la fotosíntesis, es posible y necesario hacerlo, no solamente para

el tratamiento de este tema en específico sino para el de cualquier otro tema relacionado con las ciencias.

La utilización de la “Modelización” como estrategia didáctica es una alternativa que los maestros debemos considerar para lograr mejores aprendizajes en nuestros alumnos, ya que mediante la realización de actividades y construcción de modelos relacionados con el concepto de la “fotosíntesis” se pueden describir y explicar los conceptos científicos (fenómenos naturales), traduciéndose en la transformación de sus ideas previas.

El uso de un enfoque constructivista es un factor importante para propiciar el logro de los aprendizajes de los maestros, ya que se propicia a partir del planteamiento de conflictos cognitivos, la construcción o reconstrucción de sus ideas previas para promover un cambio conceptual de éstas, lo cual redundará en beneficio de sus propios alumnos y de su práctica docente en general.

La historia de la evolución de un concepto o de la ciencia en general, es una fuente de información muy valiosa para el diseño de las secuencias didácticas y para la detección de ideas previas de los maestros, por ello se propone, se tome como eje el desarrollo histórico de los conceptos científicos en la planificación de la enseñanza. Así mismo, proporcionará la transformación de las ideas que tienen sobre la ciencia, al considerarla como algo acabado, es decir, que lo que se conoce sobre ella es lo último y no puede sufrir cambios en el futuro.

También es de gran importancia promover que los docentes accedan a investigaciones realizadas con respecto a cuestiones epistemológicas sobre todo de corte constructivista, que le permitan reconocer el enfoque que se encuentra implícito en los diferentes programas de ciencias que trabajan en las aulas; teorías del aprendizaje para poder conocer las características que cada una de estas tiene y a partir de su análisis y reflexión ubicar cual de ellas están utilizando; así mismo las relacionadas con los conceptos de ideas previas y cambio conceptual, considerado éste como una transformación de las ideas que poseen sus alumnos y los conduzcan a una aproximación de los conceptos científicos.

NOTA. Al final de los anexos se encuentran descritas, de manera condensada, las seis sesiones que conforman la secuencia didáctica (anexos 11- 16).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnold, B y Simpson, N. (1978). An investigation of development of de concept of photosynthesis to CSE “O” grade, Averddeen College of Education.

Ausubel, D., *et al.* (1976). Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo, Editorial Trillas, México.

Bachelard, G. (2000) “La formación del espíritu científico”, Editorial Siglo XXI, México.

Barberá, O y Valdés. P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: Una revisión. Enseñanza de las Ciencias, Sevilla, España.

Barker, M. y Malcom, C. (1989). Photoshntesis-can our pupils see the wood for the trees?, Journal of Biological Education.

Barker, M. y Malcom, C. (1989). Teaching and Learning about photoshntesis. Part. 1: An assesment in terms of students prior knowledge, Science Education.

Benlloch, M. (1997). Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias, Editorial Aprendizaje Visor, Madrid, España.

Cañal, P. (1992). ¿Cómo mejorar la enseñanza sobre la nutrición de las plantas verdes, Enseñanza de las ciencias, Junta de Andalucía, España.

Carretero, M. y Limón, M. (1997). Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la conocimiento escolar. Paidos, Barcelona, España.

Chan, S. (1996). Focus on photoshyntesis, Science Education, España.

Charrier, M. (2001). Estudio sobre las concepciones de futuros maestros y Profesores Argentinos acerca de la fotosíntesis y la respiración, Enseñanza de las ciencias 2, Sevilla, España.

Charrier, M., Cañal, P. y Vega, R. (1997). 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, (Enviado a enseñanza de las ciencias), Sevilla, España.

Charrier, M. (1997). El conocimiento didáctico del contenido sobre la fotosíntesis. Estudio de las concepciones y de la práctica de los profesores del 3er. Ciclo de la educación general básica Argentina, Enseñanza de las ciencias, Sevilla, España.

Claxton, G. (1991). Educating the inquiring mind. The challenge for school science, Londres. (Trad. cast. de G. Sánchez: Educación mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela, Madrid, España.

Coll, C. (1996). “Constructivismo escolar: ni hablamos siempre de lo mismo ni lo hacemos desde la misma perspectiva epistemológica”. Anuario de Psicología, 69, Cataluña, España.

De la rosa, M. *et al* (1992). Fotosíntesis: sol, agua, tierra y aire, en Mundo Científico No.38, Vol. 13., México.

Driver, R. y Erickson G. (1983). Theories in action: Some theoretical and empirical issues in the study of student´ conceptual frameworks in science, Studies in Science Education, Madrid, España.

Driver, R. y Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. Studies in Science Education, Madrid España.

Driver, R., Asoko H., Leach, J. Mortimer, E. y Scot, P. (1998). La epistemología constructivista y la didáctica de las ciencias: ¿Coincidencia o complementariedad?. Enseñanza de las ciencias. España.

García, B. *et al* (1999). The ideas of primary school teachers concerning the development of procederus. The presence of these contents in school. Comunicación presentada en: Second International Conference of the European Science Education Research Association, Kiel.

García, B. *et al*. (2003). Análisis del trabajo práctico en textos escolares de primaria y secundaria, en Enseñanza de las ciencias, Coruña, España.

García, E., Luna, M. y Wamba, A. (1999). El análisis de la intervención en el aula: Instrumentos y ejemplificaciones, Investigación en la escuela No 39, Sevilla, España.

Glaserfeld, E. von. (1995). “Introducción al constructivismo radical”, en Watzlawick, P “La realidad inventada”, ¿Cómo sabemos lo que queremos saber?, Ed. Gedisa, Buenos Aires, Argentina.

Hashweh, M. (1986). Towards an explanation of conceptual change, (European Journal of Science Education, Vol. III).

Hewson, P. (1981). A Conceptual Change Approach to Learning Science (European Journal of Science Education, Vol. 3).

Hierrezuelo, M. *et al* (2002). La ciencia de los alumnos. Distribuciones Fontamara, México.

<http://ideasprevias.cintrum.unam.mx> 2048

<http://gened.emc.maricopa.edu/Bio/BIO181/BIOBK/BioBookTOC.html>

Jouve, N. (2003). Enseñanza-aprendizaje de la Biología, II Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales, España

Kimball, J. (1982). Biología celular, Fondo Educativo Interamericano S.A. de C.V., México.

Kuhn, D. (1971). La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica, México.

Lastrs, L. *et al* (1998). Utilización de demostraciones experimentales como un recurso didáctico, Investigación Educativa, Argentina.

Lijnse y Klaassen. (2004). “Didactical Structures as an outcome of research on teaching – learning secuenes?”, International Journal vol. 26, No 5. pp. 537-554.

Marín, N. (2003). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias, en Enseñanza de las Ciencias, Almería, España.

Mayr, E. (2000). ¿Cómo explica la biología al mundo vivo?, en Así es la Biología, Debate SEP, México.

Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de los profesores de ciencias en formación inicial de primaria y secundaria, Facultad de Educación, Universidad de Extremadura, España.

Michelene, T. (1987). New Perspectives on Conceptual Change. Earli. New York.

Moreno, Armella y Waldegg, G (1998). La epistemología constructivista y la didáctica de las ciencias: ¿Coincidencia o complementariedad? Enseñanza de las Ciencias, España.

Nasson, A y De Haan. (1980). El mundo biológico, Editorial Limusa, México.

Oram, R. *et al* (1983). Biología: Sistemas vivientes, CECSA de C.V., México.

Porlan, R. *et al* (1997). Constructivismo y enseñanza de las ciencias, Diada, Editora S.L., Sevilla, España.

Posner. *et al* (1982). Accommodation of a Scientific Conception :Toward a Theory of Conceptual Change (Science Education Vo. 66). Sevilla, España

Pozo, J. (1989). Teorías Cognitivas del Aprendizaje, Ediciones Morata, España.

Pozo, J. *et al* (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia : Una interpretación desde la psicología cognitiva. Enseñanza de las Ciencias. Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid.

Pozo, J. (2003). ¿Puede la educación científica sustituir el saber cotidiano de los alumnos?, II Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales, España

Pozo, J. y Crespo M. (1998). Aprender y enseñar ciencia, Ediciones Morata, España.

Tiberghien, A. (1994). “Modeling as a Basic for analyzing teaching-learning situation”. Learning and instruction,

Sére, M. (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimientos práctico y de actitudes hacia la ciencia?, en Enseñanza de las ciencias, Almería, España.

Smallwood, W (1986). Biología, Publicaciones Cultural S.A. de C.V., México.

Smith, E., y Anderson, C. (1984). Plants as producers: a case of elementary science teaching, Journal of research in science teaching, No. 21, España.

Staver, J. (1999). Constructivism: Sound theory for explicating the practice of science and science teaching, in Journal of research in science teaching, España.

Strike y Posner. (1992). “A revisionist theory of conceptual change”. En R.A. Duchsl y R.J. Hamilton (eds.). Philosophy of science, cognitive psychology and educational practice, Albany, New York.

Tsai, Ch. (1999). Laboratory exercises help me memorize the scientific truths: A study of eight graders scientific epistemological views and learning in laboratory activities, Science Education, No. 654, España

Ville, C. (1996). Biología, Mc.Graw Hill Interamericana, México.

Vosniadou, S. y col. (2001) ‘Designing Learning Environments to Promote Conceptual Change in Science’. Learning and Instruction 11 Elsevier Science Ltd. U.S.A.

Wandersee, J.H.; Mintzes, J.J. y Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. En D. Gabel (ed.) Handbook of research on science teaching and learning, Nueva York.

Zubiria, h. (2004). El constructivismo en los procesos de enseñanza-aprendizaje en el siglo XXI, Editores Plaza y Valdés S.A. de C.V., México.

ANNEXES

Anexo 1

CUESTIONARIO

Este cuestionario es un instrumento que tiene como propósito recuperar algunas ideas previas o esquemas explicativos que poseen los maestros que realizan su práctica docente en educación básica (primaria y secundaria) impartiendo las materias de Ciencias Naturales y Biología respectivamente, con respecto al tema de la Fotosíntesis.

Tu colaboración es de suma importancia, motivo por el cual te pedimos responder con la mayor sinceridad posible. Gracias

Nombre: _____

INSTRUCCIONES: Subraya el enunciado que corresponda a la respuesta correcta.

1. Algunas de las sustancias que las plantas necesitan para nutrirse son:
 - a) el agua y la tierra
 - b) el dióxido de carbono y el Sol
 - c) el oxígeno y el agua
 - d) la glucosa y lípidos

2. ¿Cómo obtienen las plantas sus nutrientes?
 - a) absorbiéndolos por la raíz
 - b) absorbiéndolos por las hojas
 - c) a través de los cloroplastos
 - d) realizando un proceso químico

3. ¿Cuál es el nombre del proceso mediante el cual se nutren las plantas?
 - a) nutrición
 - b) fotosíntesis
 - c) alimentación
 - d) respiración

4. ¿En que parte o estructura celular se realiza principalmente esta función?

- a) la flor
- b) el tallo
- c) el cloroplasto
- d) la hoja

5. ¿Durante que periodo (s) realizan las plantas el proceso fotosintético?

- a) de día y de noche si hay luz
- b) sólo de noche
- c) sólo de día
- d) de día y de noche aún sin luz

6. El oxígeno que las plantas vierten al ambiente es:

- a) producido por ellas
- b) sintetizado
- c) liberado
- d) absorbido y luego reincorporado

7. La energía, conocida como “moneda universal”, utilizada por las plantas es el:

- a) ADN
- b) PTA
- c) RNA
- d) ATP

8. ¿De que se nutren las plantas?

- a) dióxido de carbono y agua
- b) Sol y tierra con minerales
- c) Azúcares, grasas y proteínas
- d) Agua y tierra con minerales

9. ¿El principal objetivo de este proceso de fotosíntesis es?

- a) consumir agua y sales minerales
- b) producir oxígeno
- c) absorber dióxido de carbono
- d) producir materia orgánica

10. El color verde de la clorofila, se debe a que lo:

- a) absorbe y refleja
- b) captura y transmite
- c) transmite y refleja
- d) absorbe y transmite

11. La luz solar, fotosintéticamente activa se encuentra entre las longitudes de onda de:

- a) 280 y 420
- b) 800 y 910
- c) 300 y 910
- d) 400 y 700

12. La longitud de onda electromagnética es la distancia que existe entre:

- a) valle y valle
- b) cresta y cresta
- c) creta y valle
- d) valle y cresta

13. La importancia de que las plantas realicen este proceso, es que si no lo hicieran:

- a) no existirían las formas alimenticias
- b) los organismos aerobios no existirían
- c) no habría vida sobre la Tierra
- d) la trama alimenticia sería diferente

Anexo 2

ACTIVIDAD

Propósito:

Provocar un conflicto cognitivo de las ideas previas que tienen los maestros sobre el crecimiento y aumento de masa que tienen los vegetales y su relación con la cantidad de agua que consumen.

Para su realización se requerirán los siguientes materiales:

1 planta pequeña, en su maceta

1 báscula

1 litro de agua

Procedimiento:

- 1 Pesen la planta en la báscula y anoten su peso en una hoja de papel y consérvenla.
- 2 Viertan el litro de agua sobre la tierra de la maceta; colóquenla en un lugar donde le de la luz directamente, durante dos días.
- 3 Lleven la maceta con la planta al salón de clases, a la siguiente sesión y pésenla nuevamente.

¿Cuál creen que será su peso si le han agregado un litro de agua, que es equivalente a un kilo?.

- 4 Observen su peso actual, compáralo con el anterior y contesten las siguientes preguntas.

1. ¿Existe alguna diferencia, entre los dos pesos de la planta?. De ser así, anota cual es ésta.

Anexo 3

ACTIVIDAD

Propósito:

Reconocer, a partir de la construcción de los siguientes modelos, que la construcción del concepto de la fotosíntesis fue resultado de una serie de investigaciones que se realizaron a través de la historia.

Para su realización se requerirán los siguientes materiales:

3 plantas pequeñas

3 cajas de zapatos

1 vaso de unicel del No.10

2 sobres de algodón

10 semillas de alpiste o trigo

1 pliego de papel celofán color verde

1 masking tape

agua

Procedimiento.

- 1 Coloca en el fondo del vaso un poco de algodón, extiéndelo y humedécelo un poco, deposita sobre éste unas semillas de alpiste o trigo.
- 1 Mete una planta pequeña dentro de una caja de zapatos ciérrala y sállala totalmente, utilizando el masking tape.
- 2 Coloca una planta pequeña dentro de una caja de zapatos, ciérrala y has un orificio de aproximadamente 2 cm. de diámetro en una de sus caras laterales.

- 1 Introduce una planta pequeña dentro de una caja de zapatos y tápala con papel celofán de color verde.

Describe brevemente lo observado y formula una hipótesis con respecto a lo acontecido en cada actividad.

Anexo 4

DOCUMENTO DE TRABAJO

Propósito:

Plantear a través de una situación problemática, un conflicto cognitivo que provoque contradicción con las ideas previas que tiene el maestro con respecto a los elementos que requieren las plantas para realizar el proceso de la fotosíntesis.

Lee con cuidado el siguiente texto y reflexionen sobre las preguntas que se les hacen antes de darles respuesta.

- 1 Se encuentran ubicados en el año 2099 y son astronautas, como tales se les asigna la tarea de viajar a un planeta muy lejano que de acuerdo a una serie de observaciones realizadas por un gran número de científicos de todo el mundo, tiene las mismas características atmosféricas que la Tierra tenía hace millones de años; su tarea consiste en iniciar un proceso que lo haga habitable para el hombre y otros animales.

1. ¿Qué harían para lograrlo?

2.- ¿Cuáles serían los elementos más idóneos para transformar la atmósfera existente, en otra con características diferentes e igual a la de nuestro Planeta?

Justifiquen sus respuestas

Anexo 5

ACTIVIDAD

Propósito:

Confrontar las ideas previas que tienen los maestros con respecto a la relación que existe entre la respiración y el proceso de la fotosíntesis que realizan las plantas, con el experimento de John Priestley.

Para su realización se requerirán los siguientes materiales:

2 insectos pequeños (moscas, grillos, cochinillas, etc.)

2 frascos medianos de vidrio transparente con tapa, secos y limpios.

2 etiquetas.

1 ramito pequeño de cualquier planta.

Procedimiento.

- 2 Rotulen las dos etiquetas para identificar cada frasco, con los números 1 y 2.
- 3 Coloquen dentro del frasco No.1 dos insectos y ciérrenlo herméticamente.
- 4 Coloquen otros dos insectos en el frasco No.2 y el ramo pequeño de la planta que escogieron.
- 5 Dejen los dos frascos en un sitio donde les de la luz directamente y realicen observaciones periódicas, durante 12 horas.
- 6 Dibujen lo que hicieron.

7 Describan brevemente lo que ocurrió en cada frasco y contesten las siguientes preguntas:

¿A qué creen que se debió lo ocurrido en el frasco No.1.

De acuerdo a lo observado en el frasco No. 2, formulen una hipótesis que pueda proporcionar una respuesta a lo sucedido en éste

¿Cómo explicarías la relación que se establece entre el proceso de la respiración y el proceso de la fotosíntesis, tomando en cuenta los gases que se liberan en cada uno de ellos?.

¿Cuál consideran que fue el propósito de Lavoisier al realizar un experimento semejante a éste, tomando como antecedente el que llevo a cabo John Priestley.

Anexo 6

ACTIVIDAD

Propósito:

Reconocer que las plantas tienen una “materia verde” que es la encargada de incorporar el CO₂, y de realizar el proceso de la fotosíntesis; de acuerdo a lo descubierto por Dutrochet, B. Caventou y J. Pelletier.

Para su realización se requerirán los siguientes materiales:

- 4 o 5 hojas verdes de una planta.
- 1 frasco pequeño con alcohol.
- 1 recipiente metálico o refractario.
- 1 parrilla eléctrica.
- 1 embudo pequeño.
- 1 pedazo de papel filtro de 15 cm por lado.
- 1 pinzas para depilar.
- 1 mortero con pistilo
- 1 frasco pequeño (de alimento para bebe)
- Un poco de agua de la llave

Procedimiento.

- 1 Coloquen dentro del recipiente metálico un poco de agua e introduce las hojas verdes; conecta la parrilla y dejen que hierva el agua durante unos 5 minutos.
- 2 Con las pinzas para depilar saquen cuidadosamente las hojas y pónganlas dentro del mortero, agregar un poco de alcohol y machacarlas.

- 3 Colocar el embudo en la boca del frasco y poner encima el papel filtro; vertir sobre éste la sustancia que obtuvieron al machacar las hojas.
- 4 Después, en un cuarto o salón totalmente oscuro, proyectar una luz sobre el frasco. También se puede hacer utilizando una caja completamente cerrada que tenga un orificio en uno de sus lados por el cual se pueda proyectar la luz y otro más pequeño en la parte superior por el que se pueda observar.

Dibuja lo que hiciste y contesta.

¿Qué sustancia obtuviste?

¿Qué ocurrió al aplicarle la luz?

¿A qué crees que se deba esto?

Comenta con tus compañeros y profesor lo que observaste y obtengan conclusiones

Anexo 7

ACTIVIDAD

Propósito:

Reconocer que los vegetales contienen también otros pigmentos además de la clorofila y poseen la capacidad de realizar el proceso de la fotosíntesis.

Para su realización se requerirán los siguientes materiales:

5 hojas vegetales de diferentes colores (café, amarillo, rojizo, etc.)

1 licuadora o triturador

10 frascos pequeños

1 cuarto de pliego de papel filtro

1 lápiz graso

10 etiquetas

1 poco de alcohol y de acetona

Un poco de agua de la llave

Procedimiento.

- 1 Licuar cada uno de los vegetales, por separado, con un poco de agua.
- 2 Lavar bien el recipiente donde se licuaron los vegetales, cada vez que se utilice.
- 3 Vaciar las mismas cantidades de los diferentes líquidos en cada uno de los frascos, los cuales deben estar limpios y secos.
- 4 Agregarles un poco de agua, alcohol y acetona. Si se desea acelerar el procedimiento, se pueden colocar los frascos en baño maría.
- 5 Dejarlos reposar durante quince minutos.

- 6 Filtrar las soluciones obtenidas, en otros frascos limpios y rotularlos, escribiendo el nombre de su contenido con el lápiz graso o en pequeñas etiquetas.
- 7 Cortar cintas de papel filtro (de 2 cm x 7 cm) y colocarlas, una en cada frasco.

Observa lo que ocurre y explícalo brevemente.

¿A qué crees que se debe esto?

¿Consideras que las plantas a las que pertenecen estas hojas, también pueden realizar el proceso de la fotosíntesis? Justifica tu respuesta.

Anexo 8

ACTIVIDAD

PROPÓSITO

Confrontar la idea previa que tienen los maestros en el sentido de que toda la luz “blanca” es utilizada por las plantas en la realización del proceso de la fotosíntesis, con la teoría propuesta por James Maxwell y el experimento de Isaac Newton.

Para su realización se requerirán los siguientes materiales:

2 cajas de leche o jugo de un litro, vacías y secas (se recomienda que las cajas sean largas)

5 pliegos de papel celofán: rojo, azul, verde, amarillo y blanco

1 pliego de cartoncillo negro

1 masking tape

1 tijeras

4 sobres de algodón

100 gramos de alpiste o de trigo

1 gotero

Un poco de agua de la llave

Procedimiento:

- 1 Recorta a cada caja, la parte donde se forma el pico para vaciar el líquido de su interior (fig.1); guarda las tiras recortadas porque las utilizaras más tarde.

- En el fondo de cada caja haz una cama de algodón que abarque también el pico de ésta.
- Con el gotero, humedece todo el algodón y con las tiras que guardaste haz tres compartimientos en cada caja, dejando el pico descubierto (fig. 2).
- Distribuye en el interior de cada compartimiento unas 10 o 12 semillas de alpiste o trigo, después cubre cada uno de éstos con un color de papel diferente, procurando que no se mezclen los colores (fig. 3).
- Deja las dos cajas en un lugar donde les de la luz durante tres días, quítales el papel celofán y el cartoncillo; observa que ocurrió en cada uno de los compartimientos con las semillas que depositaste en ellos.
- De acuerdo a tus observaciones, elabora un cuadro que contenga los siguientes aspectos: color, tamaño, número de semillas germinadas, etc.

¿A qué crees que se deban las diferencias presentadas en las semillas que se colocaron en cada uno de los compartimientos?

¿Cómo justificarías el uso del papel celofán de diferentes colores y no solamente el blanco?

Escribe, con base en los resultados obtenidos tu hipótesis con respecto a la importancia que tiene la luz “blanca” y contrástala con la idea que tenias antes de hacer esta actividad.

A partir de un debate, propiciado por el profesor, se contrastarán las respuestas proporcionadas por los maestros, lo que permitirá reconocer si se está avanzando hacia un cambio conceptual.

Anexo 9

ACTIVIDAD

Propósito:

Comprobar que las plantas elaboran materia orgánica.

Para su realización se requerirán los siguientes materiales:

1 pequeña planta de hojas grandes.

1 cristalizador o vidrio de reloj.

1 vaso de precipitados.
un poco de alcohol de 96°.

un poco de lugol.

2 rectángulos de cartoncillo negro (5cm x 8cm).

4 clips, 1 frasco con tapa y 1 gotero.

un poco de almidón.

1 recipiente metálico.

Procedimiento:

- 1 Cubrir dos o tres hojas de la planta, por ambos lados, (sin retirarlas de la maceta) con los rectángulos de cartoncillo negro, sujetándolos con los clips.
- 2 Dejar de esta manera la maceta de tres a cinco días, en un sitio donde les dé la luz solar de forma directa.
- 3 Transcurrido ese tiempo cortar las hojas de la planta y quitarles el cartoncillo.
- 4 En un recipiente metálico con agua, poner a hervir las hojas cinco minutos.

- 5 Sacar las hojas del recipiente, pasarlas al frasco de vidrio, el cual debe contener un poco de alcohol para que queden cubiertas por el mismo y tapanlo herméticamente. Dejarlo reposar durante 24 horas
- 6 Transcurrido este tiempo, hervir otra vez las hojas durante cinco minutos.
- 7 Retirar las hojas del agua con la cuchara y colocarlas de manera extendida sobre el cristalizador o vidrio de reloj, agregarles cinco o seis gotas de lugol y dejarlas en estas condiciones durante quince minutos.
- 8 Retirar las hojas del cristalizador y observarlas.
- 9 Vertir agua hasta la mitad, dentro del tubo de ensayo y agregarle una pizca de almidón; agitarlo y cuando haya reposado, agregarle cinco gotas de lugol.

¿Qué ocurrió con la sustancia que se encuentra dentro del tubo de ensayo? ¿A que crees que se deba esto?

¿Qué sucedió con las hojas?, descríbelo brevemente.

¿Existe alguna relación entre las dos actividades? ¿Por qué?

Escribe la conclusión a la que llegas, justificándola.

Anexo 10

CUESTIONARIO

Este cuestionario es un instrumento que tiene como propósito recuperar algunas ideas previas o esquemas explicativos que poseen los maestros que realizan su práctica docente en educación básica (primaria y secundaria) impartiendo las materias de Ciencias Naturales y Biología respectivamente, con respecto al tema de la Fotosíntesis.

Tu colaboración es de suma importancia, motivo por el cual te pedimos responder con la mayor sinceridad posible. Gracias

Nombre: _____

INSTRUCCIONES: Subraya el enunciado que corresponda a la respuesta correcta.

1. Algunas de las sustancias que las plantas necesitan para nutrirse son:
 - a) el agua y la tierra
 - b) el dióxido de carbono y el Sol
 - c) el oxígeno y el agua
 - d) la glucosa y lípidos

2. ¿Cómo obtienen las plantas sus nutrientes?
 - a) absorbiéndolos por la raíz
 - b) absorbiéndolos por las hojas
 - c) a través de los cloroplastos
 - d) realizando un proceso químico

3. ¿Cuál es el nombre del proceso mediante el cual se nutren las plantas?
 - a) nutrición
 - b) fotosíntesis
 - c) alimentación
 - d) respiración

4. ¿En que parte o estructura celular se realiza principalmente esta función?
- a) la flor
 - b) el tallo
 - c) el cloroplasto
 - d) la hoja
5. ¿Durante que periodo (s) realizan las plantas el proceso fotosintético?
- a) de día y de noche si hay luz
 - b) sólo de noche
 - c) sólo de día
 - d) de día y de noche aún sin luz
6. El oxígeno que las plantas vierten al ambiente es:
- a) producido por ellas
 - b) sintetizado
 - c) liberado
 - d) absorbido y luego reincorporado
7. La energía, conocida como “moneda universal”, utilizada por las plantas es el:
- a) ADN
 - b) PTA
 - c) RNA
 - d) ATP
8. ¿De que se nutren las plantas?
- a) dióxido de carbono y agua
 - b) Sol y tierra con minerales
 - c) Azúcares, grasas y proteínas
 - d) Agua y tierra con minerales

9. ¿El principal objetivo de este proceso de fotosíntesis es?

- a) consumir agua y sales minerales
- b) producir oxígeno
- c) absorber dióxido de carbono
- d) producir materia orgánica

10. El color verde de la clorofila, se debe a que lo:

- a) absorbe y refleja
- b) captura y transmite
- c) transmite y refleja
- d) absorbe y transmite

11. La luz solar, fotosintéticamente activa se encuentra entre las longitudes de onda de:

- a) 280 y 420
- b) 800 y 910
- c) 300 y 910
- d) 400 y 700

12. La longitud de onda electromagnética es la distancia que existe entre:

- a) valle y valle
- b) cresta y cresta
- c) creta y valle
- d) valle y cresta

13. La importancia de que las plantas realicen este proceso, es que si no lo hicieran:

- a) no existirían las formas alimenticias
- b) los organismos aerobios no existirían
- c) no habría vida sobre la Tierra
- d) la trama alimenticia sería diferente

Anexo 11

SECUENCIA DIDACTICA

PRIMERA SESIÓN

FASE	PROPÓSITOS	ACTIVIDADES	TIEMPO
INICIO	<p>Recuperar ideas previas que poseen los maestros con respecto al proceso de la fotosíntesis (cuestionario)</p> <p>Propiciar uno o varios conflictos cognitivos</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicación de un instrumento que permitirá indagar sobre algunas de las ideas previas de los maestros, relacionadas con el proceso de la fotosíntesis.(Anexo 1). 2. A través de la técnica "lluvia de ideas" se recuperarán algunas de las ideas expuestas en el instrumento. 3. Mediante las preguntas: ¿cómo se alimentan los animales y cómo los vegetales y cómo se nutren ambos? Se propiciará un conflicto cognitivo, el cual será discutido en equipos de cuatro maestros cada uno. 	<p>15 min.</p> <p>10 min.</p> <p>25 min.</p>
INTERMEDIA	<p>Proporcionar parte de los elementos teóricos relacionados con el proceso de la fotosíntesis</p> <p>Elaborar un pequeño escrito que incluya algunos de los conceptos construidos</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. A partir de un documento escrito se tendrá acceso a la información teórica relacionada con los conceptos de alimentación y nutrición, de los cuales se derivarán otros dos conceptos como organismos heterótrofos y organismos autótrofos, la cual se complementará con un video corto. En que consiste ,<que información proporciona 2. Elaboración, por parte de los maestros, de un documento que contenga algunos de los conceptos cuales tratados, como resultado del análisis que se realice de la lectura del documento antes mencionado.. 	<p>30 min.</p> <p>20 min.</p>
FINAL	<p>Contrastar las ideas previas de los maestros con los conceptos construidos</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contrastación de algunas ideas construidas por los maestros, con las descritas en el instrumento que se aplicó al inicio. 2. Socialización de conclusiones elaboradas en clase con respecto a los conceptos construidos o reconstruidos por los maestros. Como se dará esa socialización 3. Actividad : Realización de una actividad experimental extraclase (anexo 2) ¿? A que modelo del desarrollo de la ciencia corresponde? 	<p>25 min.</p>

ANEXO 12

SEGUNDA SESIÓN

FASE	PROPÓSITOS	ACTIVIDADES	TIEMPO
INICIO	<p>📁 Recuperar ideas construidas por los maestros, de las observaciones hechas sobre la actividad experimental que llevaron a cabo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. A través de la interacción entre los maestros y el profesor se conocerán las interpretaciones a las que llegaron éstos, como resultado de las observaciones realizadas durante la actividad experimental. 2. Contrastar las ideas y resultados obtenidos, con la información contenida en un video que se proyectará durante la sesión. 	<p>15 min.</p> <p>20 min.</p>
INTERMEDIA	<p>➤📄 Propiciar un conflicto cognitivo.</p> <p>📖 Conocer algunas conceptualizaciones que los estudiantes tienen sobre la importancia de los cloroplastos y la clorofila.</p> <p>➤🔧 Realizar una actividad relacionada con la clorofila</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conformar equipos de cuatro maestros cada uno, propiciar un conflicto cognitivo relacionado con la importancia que tienen las plantas para todos los seres vivos. 2. Se les plantea la siguiente situación: "Como astronautas que son se les asigna la tarea de lograr que un planeta que tiene las mismas características atmosféricas que tuvo la Tierra hace millones de años (reductora) pueda ser habitable por el hombre y otros animales". ¿Cómo le harían, que tipo de organismos utilizarían para hacerlo?. Justifiquen su respuesta (anexo 3) 3. Conocer las características e importancia de los cloroplastos y clorofilas en el proceso de la fotosíntesis, por medio del análisis y reflexión de una lectura relacionada con el tema 4. Realización de una actividad experimental relacionada con la clorofila. (anexo 4) (en que consiste 	<p>5 min.</p> <p>15 min.</p> <p>30 min.</p> <p>15 min.</p>
FINAL	<p>➤📁 Recuperar elementos conceptuales relacionados con los resultados obtenidos en la actividad.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis e interpretación de los resultados obtenidos de las actividades realizadas, para elaborar un documento que contenga elementos conceptuales relacionados con el tema tratado. 2. Investigar y construir un modelo representativo del cloroplasto (unicel, plastilina, foami ,etc.), señalando las partes que lo conforman. 3. Construir un modelo que permita provocar un conflicto cognitivo relacionado con la importancia que tiene la longitud de onda de la luz para la fotosíntesis. (anexo 5) 	<p>25 min.</p> <p>Actividad extraclase</p>

ANEXO 13

TERCERA SESIÓN

FASE	PROPÓSITOS	ACTIVIDADES	TIEMPO
INICIO	<ul style="list-style-type: none"> ➤📄 Intercambiar la información obtenida que haya resultado de las observaciones realizadas sobre el modelo construido extraclase, a través de la interacción entre los maestros. ➤📄 Conocer algunas ideas previas que poseen los maestros respecto a las fases o etapas en los que se realiza la fotosíntesis. 	1. Formar equipos de cuatro integrantes cada uno para que compartan los resultados obtenidos de la investigación realizada y la construcción del segundo modelo.	20 min.
		2. Compartir con el grupo, mediante el intercambio con los demás equipos, las conclusiones a las que hayan llegado cada uno de ellos.	10 min.
		3. A través de la interacción entre los maestros y el profesor se recuperarán aquellos conceptos que se pudieron construir con la experiencia realizada	15 min.
INTERMEDIA	<ul style="list-style-type: none"> ➤📁 Provocar un conflicto cognitivo entre las ideas previas de los estudiantes y la información teórica presentada. 	1. Por medio de las preguntas: ¿por qué se dice que la fotosíntesis se realiza en dos fases, una luminosa y una oscura?, ¿significa esto que una se lleva a cabo durante el día y la otra durante la noche?; justificar su respuesta. Se problematizarán las ideas que los maestros tengan sobre estos aspectos para provocar un conflicto cognitivo.	15 min.
		2. Se formarán equipos de cuatro maestros para que intercambien ideas y lleguen a un consenso o conclusión.	15 min.
		3. Se socializarán los comentarios construidos por cada equipo, al resto del grupo.	
		4. Se realizara una lectura comentada sobre el tema, para tener acceso a la parte teórica abordada	20 min.
FINAL	<ul style="list-style-type: none"> ➤📄 Contrastar las ideas previas que tenían los maestros al iniciarse el tema de la fotosíntesis con los conocimientos científicos construidos durante el desarrollo de éste. 	1. Con la participación del profesor como mediador se propiciará la contrastación de las ideas previas que los maestros manifestaron al inicio de la primera sesión hasta ésta última, con el aspecto teórico construido.	30 min.
		2. Investigar brevemente en que consiste la fase luminosa y que es lo más importante de ésta (productos que se obtienen); así como la fase oscura y lo más importante que ocurre durante su realización.	Actividad extraclase

ANEXO 14

CUARTA SESIÓN

FASE	PROPÓSITOS	ACTIVIDADES	TIEMPO
INICIO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conocer el resultado de la confrontación entre las ideas previas y los conocimientos científicos construidos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicando la técnica "lluvia de ideas" se preguntará de manera directa a los maestros que ideas tenían respecto a los subtemas abordados hasta este momento. 	30 min.
INTERMEDIA	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Proporcionar información teórica correspondiente a los procesos que se llevan a cabo en los sistemas I y II de la fase luminosa de la fotosíntesis.. ➤ Reconocer los niveles de cambio conceptual logrado por los maestros. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mediante la utilización de una lectura y la proyección de un video se proporcionará información teórica-conceptual, relacionada con el proceso de la fotofosforilación (fase luminosa). 2. Socialización de los conocimientos científicos construidos por los maestros, respecto a este tema, a través del intercambio de ideas y comentarios de la lectura realizada. 	<p>30 min.</p> <p>20 min.</p>
FINAL	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Construir modelos que permitan representar de forma objetiva los elementos que constituyen los sistemas I y II de la fase luminosa (fotofosforilación). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. En equipos de cuatro maestros cada uno, construir modelos para representar la forma en que se realizan los sistemas I y II de la fase luminosa, empleando materiales como unicel, plastilina, madera, papel cascarón, etc. 2. Realizar una pequeña investigación que permita dar respuesta a las preguntas ¿qué relación existe entre la fase oscura de la fotosíntesis y el llamado Ciclo de Calvin y con qué otro nombre se le conoce a dicho ciclo? 	<p>30 min</p> <p>Actividad extraclase</p>

ANEXO 15

QUINTA SESIÓN

FASE	PROPÓSITOS	ACTIVIDADES	TIEMPO
INICIO	➤ Conocer las respuestas elaboradas por los maestros, como resultado de la investigación realizada	1. A partir de una discusión sobre que entre los maestros, mediada por el profesor, se recuperará la información obtenida por éstos, de la investigación realizada.	20 min.
		2. Se comentará, socializando la información, la relación que existe entre la fase luminosa y la fase oscura de la fotosíntesis.	15 min.
INTERMEDIA	➤ Construir modelos que permitan representar de manera objetiva el Ciclo de Calvin o reducción del carbono.	1. En equipos de cuatro maestros cada uno y empleando diferentes tipos de materiales como plastilina, unicel, madera, foami, etc., se construirá un modelo del Ciclo de Calvin.	35 min.
		2. Con este modelo construido y el de los sistemas I y II se tratará de establecer la relación que existe entre ellos para realizar la fotosíntesis en su totalidad.	30 min.
FINAL	➤ Elaboración de un documento final sobre la fotosíntesis	1. Elaboración de un documento en el que se refleje la relación antes mencionada y su complementariedad en el proceso fotosintético	20 min.

ANEXO 16
SEXTA SESIÓN

FASE	PROPÓSITOS	ACTIVIDADES	TIEMPO
INICIO	<p>➤ Recuperar, de manera general, los conocimientos científicos construidos con relación al proceso de la fotosíntesis.</p>	<p>1. Por medio de una discusión y socialización mediada por el profesor, se recuperará la información obtenida con relación al proceso de la fotosíntesis, durante las cinco sesiones anteriores..</p> <p>2. Por equipos de cuatro estudiantes cada uno, se explicarán de forma verbal y utilizando materiales didácticos como acetatos, videos, uso del cañón, etc., los modelos construidos por los estudiantes.</p>	<p>20 min.</p> <p>40 min.</p>
INTERMEDIA	<p>➤ Comprobar de manera experimental, que el producto final de la fotosíntesis es un compuesto orgánico.</p>	<p>1. Se realizará una actividad experimental que permita corroborar que las plantas verdes elaboran materia orgánica (glucosa) y liberan oxígeno, como resultado del proceso fotosintético que realizan. (anexo 7)</p>	35 min.
FINAL	<p>➤ Identificar el avance del cambio conceptual logrado por los maestros, con respecto a sus ideas previas sobre la fotosíntesis.</p>	<p>1. Reconceptualización teórica de la fotosíntesis como proceso químico.</p> <p>2. Construcción de la fórmula general que representa este proceso químico.</p> $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ <p>3. Aplicación de un instrumento para identificar el nivel de cambio conceptual logrado por los maestros. (anexo 8)</p>	<p>20 min.</p> <p>20 min</p>