



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
BIOLOGÍA

**Estrategia enfocada a una actividad experimental para el
tema de fotosíntesis**

TESIS

Que para optar por el grado de:
Maestra en Docencia para la Educación Media Superior

PRESENTA

Miriam Franco Berrones

Tutor principal:
Dr. Hugo Virgilio Perales Vela
Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Miembros del comité tutor:
Dra. en E. Patricia Rosas Becerril
Dirección General del CCH.
Ciudad Universitaria

Dr. Miguel Ángel Martínez Rodríguez
Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. Junio, 2019.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A Dios por enseñarme con amor y paciencia a través de la libertad y de lo que ha permitido en mi camino.

A mis papás, gracias por el amor que me han dado, por enseñarme donde se encuentra la fuerza y la alegría para enfrentar lo que se presenta en la vida.

A Silvia, Juan Pablo y Bety. Gracias por ser únicos, por permitirme aprender a ver la vida desde perspectivas diferentes. Gracias por su apoyo, escucha y compañía.

A Elías. Gracias por tu ayuda para terminar la maestría y esta tesis, éste trabajo también es tuyo. Gracias por enseñarme a descubrir quién soy y creer que puedo hacer grandes cosas, gracias por tu amor y apoyo.

A mis abuelitos, Jesús Berrones y Tomasa Briones, aunque ya no estén aquí, me inspiran y me recuerdan la importancia de la vocación del maestro.

A los alumnos que se han presentado en mi camino y a los que vendrán.

AGRADECIMIENTOS

A la MADEMS por permitirme afrontar retos y responsabilidades, por ayudarme a aprender a través de los errores y la escucha, ayudarme a comprender que no hay perfección pero que tenemos la capacidad de construir y guiar.

A los maestros que me han inspirado hasta este momento, gracias por haber compartido parte de su visión de la vida y del aprendizaje. Gracias por ayudarme a descubrir el mundo, descubrir quién soy y de lo que soy capaz.

A los profesores, M. en D. Beatriz Cuenca, M. en D. Julio Pérez Cañedo, M. en D. Diego Capitaine; a los estudiantes de CCH Azcapotzalco y CCH Vallejo, durante la práctica docente, gracias por permitirme iniciar el descubrimiento de mi estilo docente y a conocerme como persona en mis fortalezas y debilidades, gracias por su enseñanza.

A mis compañeros de generación de MADEMS, principalmente a Alejandra y Fany. A todos les agradezco su ayuda y opiniones durante la maestría.

Agradezco al Dr. Hugo Perales por la confianza y ayuda para la realización de este trabajo. Gracias por transmitirme desde la carrera el amor y la dedicación que tiene por lo que enseña y hacia quienes enseña.

A mis tutores: Dr. Miguel Ángel Martínez Rodríguez, Dra. Nora Elizabeth Galindo Miranda, Dra. Patricia Rosas Becerril, Dr. Adrián Cuevas Jiménez, por su disposición para realizar correcciones al trabajo de tesis y su guía para llevar a cabo este proyecto.

A la M. en D. Laura Elena Ortiz Aguirre por su disposición para permitirme trabajar en su grupo.

Al M. en D. Moisés Gómez Palacios de CCH Vallejo por permitirme realizar la aplicación de la estrategia en SILADIN.

A CONACYT por el apoyo otorgado para realizar esta investigación.

Cuando aprendes, enseña. Cuando recibes, da.- Maya Angelou

Aprende como si fueses a vivir siempre.- Mahatma Gandhi.

Siempre incito a mis alumnos a que utilicen el conocimiento terrenal como el primer peldaño hacia lo divino.- San Juan Bosco.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo general diseñar, aplicar y evaluar una estrategia de enseñanza enfocada a una actividad experimental para la comprensión del tema de fotosíntesis como parte del programa de Biología I del CCH. Como proceso de transformación de energía, este tema adquiere relevancia por los errores conceptuales existentes, además de que, gracias a esta vía metabólica, el carbono y la energía, quedan disponibles para la red alimentaria y el oxígeno que es necesario para la respiración aerobia. Su comprensión sirve para la construcción de conocimientos y habilidades relacionadas con el desarrollo humano y sus repercusiones sobre el ambiente.

La propuesta metodológica y su aplicación se realizaron durante 7 sesiones, en un total de 10 horas de trabajo. La población de estudio estuvo conformada por estudiantes de bachillerato, inscritos en el tercer semestre del CCH plantel Vallejo.

La estrategia tuvo como objetivo general que el alumno comprendiera que la fotosíntesis es un proceso de transformación de energía luminosa en energía química. Se fundamentó en el Ciclo de aprendizaje de Lawson, que tiene en cuenta el enfoque constructivista sobre el aprendizaje, con una estructura cuyas fases fueron: exploración, introducción de conocimientos y aplicación.

La etapa de exploración de conocimientos se enfocó en la elaboración de una predicción basada en los conocimientos e ideas previas para la interpretación de una demostración experimental inicial de fluorescencia de un extracto de clorofila. Para la etapa de introducción de conocimientos se procedió a la observación de una actividad experimental en donde se retomaron y comprobaron las predicciones. En la etapa de aplicación, al final de la estrategia los estudiantes compararon los datos de fluorescencia de la actividad experimental; de forma cualitativa en extractos de clorofila obtenida de hojas verdes y hojas amarillas y de forma cuantitativa en ambos tipos de hojas con el uso de un fluorómetro.

Con el fin de verificar la comprensión de la fotosíntesis como proceso de transformación de energía luminosa en energía química, se analizaron las respuestas dadas al cuestionario de preguntas abiertas y a la actividad experimental. Los resultados obtenidos permiten concluir que la metodología propuesta para el estudio promueve el reconocimiento de la fotosíntesis en cuanto a la fase dependiente de la luz y de conceptos relacionados como: cloroplasto, pigmentos fotosintéticos, materia orgánica e inorgánica. Sin embargo, es fundamental la comprensión de la fase independiente de la luz ya que es necesaria una integración de estos conocimientos para la comprensión de la fotosíntesis. Se sugiere que, de acuerdo con la disponibilidad de tiempo y recursos, se realice una actividad experimental relacionada con el Ciclo de Calvin, tareas de búsqueda de información y observación de videos relacionados con el proceso fotosintético, con el fin de lograr la integración de los conocimientos. En cuanto a la evaluación de las habilidades de predicción, observación y explicación, a partir de las respuestas del KPSI previo y posterior a la intervención frente a grupo, se concluye que la predicción requiere previa ejemplificación de su elaboración a través de la identificación de las condiciones en las que ocurre un fenómeno y su relación con las causas que lo originaron; en la observación se trabajaron habilidades del pensamiento a través de la estrategia, como registro, descripción, comparación y comunicación; finalmente, la habilidad de explicación se mantiene en el nivel de intuición.

Palabras clave: actividad experimental, fotosíntesis, Ciclo de Aprendizaje, POE, fluorómetro

ABSTRACT

The present study had as a main goal to design, apply and evaluate a teaching strategy focused on an experimental activity for the comprehension of the photosynthesis topic as part of the Biology's I Program at CCH.

As an energy transformation process, this topic acquires relevance due to the existing conceptual errors, and because, thanks to this metabolic pathway, carbon and energy are left available for the food web and oxygen, necessary for the aerobic respiration. Its comprehension serves for the construction of knowledge and skills related with the human development and its repercussions in the environment.

The methodological proposal was applied in 7 sessions, in a total of 10 hours. The population of the study was composed by high school students, enrolled in the third semester of CCH Branch of Vallejo.

The strategy had as a general objective the student's comprehension of photosynthesis as a process of light energy transformation into chemical energy. Its basis was the Lawson's Learning Cycle, with a constructivist approach to learning, a structure which phases were: exploration, knowledge introduction and application.

The exploration stage focused in the elaboration of a prediction, based on prior knowledge and ideas for the interpretation of an initial experimental demonstration of fluorescence of chlorophyll.

For the stage of introduction of knowledge, observations were made to an experimental activity, in which, predictions were retaken and proved. In the application stage, at the end of the teaching strategy, students compared the data of fluorescence from the experimental activity; in a qualitative manner from chlorophyll extracts obtained from green and yellow leaves, as in a quantitative manner in both types of leaves using a fluorometer. In order to evaluate comprehension of photosynthesis as an energy transformation process from light energy into chemical energy, results were analyzed based on the answers given to the open questionnaire and to the experimental activity. Lastly, results showed that the proposed methodology for this study promotes the photosynthesis recognition regarding the light dependent phase and related concepts as: chloroplast, photosynthetic pigments, organic and inorganic matter. Nevertheless, the comprehension of the light independent phase is necessary for an integration of this knowledge for further understanding of photosynthesis. For it is suggested, according to the availability of time and resources, an experimental activity related to the Calvin Cycle, information search tasks and video observation related to the photosynthetic process to be done, with the purpose of achieving the integration of this knowledge.

As to the evaluation of prediction, observation and explanation skills, from the answers given to the KPSI, both previous and posterior to the intervention before a group, it concludes that prediction requires previous exemplification of how to do it by identifying conditions in which the phenomena occurs and its relation to the causes that originated it; thinking skills were practiced through observation, such as, registry, description, comparison and communication; explanation skill remained at an intuition level.

Keywords: experimental activity, photosynthesis, Learning Cycle, POE, fluorometer

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	V
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	IX
ABREVIATURAS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	5
Objetivos particulares.....	5
CAPÍTULO I. FORMACIÓN EN CIENCIAS.....	6
CAPÍTULO II. CONTEXTUALIZACIÓN.....	9
2.1 El Colegio de Ciencias y Humanidades.....	9
2.2 Aprendizaje significativo en el Colegio de Ciencias y Humanidades.....	9
2.3 Biología en el Colegio de Ciencias y Humanidades.....	11
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	14
3.1 Actividades experimentales.....	14
3.2 Análisis conceptual de la fotosíntesis.....	16
3.3 Errores conceptuales de la fotosíntesis.....	27
3.4 Estrategias para la formación en ciencias.....	29
METODOLOGÍA.....	31
4.1 Escenario y tiempo de intervención.....	31
4.2 Población de estudio.....	31
4.3.1 Ciclo de Aprendizaje de Lawson.....	32
4.3.2 Instrumentos de evaluación y recursos educativos.....	34
4.4.1 Primera sesión.....	38
4.4.2 Segunda sesión.....	39
4.4.3 Tercera sesión.....	39
4.4.4 Cuarta sesión.....	40
4.4.5 Quinta sesión.....	40
4.4.6 Sexta sesión.....	40
4.4.7 Séptima sesión.....	41

4.5 Evaluación de la estrategia	41
RESULTADOS	44
Respuestas a la actividad experimental.....	53
Respuestas a los cuestionarios.....	54
DISCUSIÓN	57
CONCLUSIONES	68
REFERENCIAS	71
ANEXOS	76
Anexo 1. Programa de Biología I.....	76
Anexo 2. Programa de Biología I. Unidad 2.....	78
Anexo 3. Planeaciones	80
Anexo 4. POE (Predigo, Observo, Explico)	86
Anexo 5. Rúbrica de cuadro POE.....	88
Anexo 6. Pre-test.....	89
Anexo 7. Texto para evaluación diagnóstica	90
Anexo 8. Actividad fase luminosa.....	94
Anexo 9. Actividad experimental	96
Anexo 10. Actividad Ciclo de Calvin	101
Anexo 11. Post-test	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ecuación global de la fotosíntesis.....	18
Figura 2. Estructura del cloroplasto.....	19
Figura 3a. Espectro de absorción de la clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> y carotenoides en el espectro de luz visible.....	20
Figura 3b. Estructura química de la clorofila <i>a</i> y clorofila <i>b</i>	20
Figura 4. Representación simplificada de la emisión de fluorescencia.....	21
Figura 5. Emisión de fluorescencia en un extracto de clorofila.....	22
Figura 6. Fluorómetro Fluor Pen FP para la medición cuantitativa de fluorescencia.....	22
Figura 7. Esquema del transporte electrónico en la fotosíntesis.....	23
Figura 8. Representación del flujo de energía en la fase dependiente de la luz en la membrana tilacoidal del cloroplasto.....	24
Figura 9. Ciclo de Calvin o Ciclo reductivo de las pentosas (C3).....	26
Figura 10. Porcentaje de explicación de conceptos por los alumnos al cuestionario.....	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Comparación de resultados del pre-test y post-test, donde se aprecia el cambio en el estudio o práctica de conceptos y habilidades previo y posterior a la intervención.....	45
Gráfica 2. Comparación de resultados del pre-test y post-test con respecto al nivel de dominio de conceptos.....	47
Gráfica 3. Resultados promedio de la práctica de las habilidades para observar y para explicar, previo y posterior a la estrategia.....	48

ABREVIATURAS

ADP	Adenosín Difosfato
ATP	Adenosín Trifosfato
CCH	Colegio de Ciencias y Humanidades
e-	electrón
EMS	Educación Media Superior
FP	Fluor Pen
G3P	Gliceraldehído-3-fosfato
H₀	Hipótesis nula
H_a	Hipótesis alternativa
KPSI	Knowledge and Prior Study Inventory
MADEMS	Maestría en Docencia para la Educación Media Superior
m²·s	metros al cuadrado por segundo
μm	micrómetros
mV	miliVolts
NADP+	Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato en su forma oxidada
NADPH	Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato en su forma reducida
nm	nanómetros
Pi	Fósforo inorgánico
POE	Corresponde a las actividades de: P redicción, O bservación, E xplicación
PSII	Fotosistema II (Photosystem II)
RubisCo	ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa/oxigenasa
RuBP	ribulosa bisfosfato
S	segundo
SILADIN	Sistema de Laboratorios para el Desarrollo y la Innovación
UV	Ultravioleta

INTRODUCCIÓN

La Educación Media Superior (EMS) adquiere un complejo sentido tanto por las metas que se puede plantear como por las características del estudiante, debido a que se ubica entre la formación media básica y la profesional.

Una de las metas que la EMS se propone es que los aprendizajes sean útiles y propicien la participación de los individuos para interpretar una realidad cada vez más tecnificada, aunada al desarrollo de una actitud crítica fundamentada ante los desafíos ambientales a que se enfrentan.

Es debido a esto que se considera necesaria no solamente la formación en conceptos básicos en las ciencias, como parte de la EMS, sino también el desarrollo de actitudes relacionadas con la objetividad, la observación, la discusión y manejo de argumentos, las habilidades de búsqueda e interpretación de datos y conceptos, la participación en equipo.

No solamente por su ubicación dentro del sistema educativo se requiere favorecer la enseñanza de la ciencia, sino que, de acuerdo con la historia de la EMS en México, se requiere que su enseñanza tenga un enfoque multidisciplinario, con base en trabajo colaborativo y que reconozca el papel complementario de la tecnología (Alvarado, 2014).

En este sentido, el CCH como parte de la EMS, se propone formar en ciencia, a través de las asignaturas de física, química y biología como parte del área de las ciencias experimentales.

Sin embargo, en ocasiones el contenido abstracto y complicado de la ciencia ocasiona dificultades en la comprensión de conceptos científicos y se ha reportado que un alto porcentaje de jóvenes carece de los conocimientos y habilidades científicas básicas.

Uno de los temas que forman parte del programa de Biología, es el de la transformación de energía, en el que el aprendizaje del proceso de fotosíntesis es fundamental para la comprensión de temas posteriores en el currículo, como los relacionados al flujo de energía y sus transformaciones. Se considera que la comprensión de este concepto es una de las bases para el logro de los propósitos de la EMS relacionados con el desarrollo de responsabilidad individual y social, que permitan establecer una relación sociedad ambiente.

Se reporta que alumnos universitarios de primer ingreso, no relacionaban a la fotosíntesis con el proceso que permite a un organismo elaborar sus propias biomoléculas y alimentos (Tirado y López, 1994); que las transformaciones de energía solar en energía química por lo general no se mencionan, a pesar de mencionar que las plantas necesitan luz (Cañal *et al.*, 2006). De acuerdo con estos datos, se puede apreciar la importancia de la introducción de los conceptos básicos de energía, para la comprensión de su captura por las plantas.

Dicho esto, es importante mencionar que las dificultades en la comprensión de temas abstractos como el de fotosíntesis, se debe a que se lleva a cabo una enseñanza tradicionalista, ocasionando desinterés por la ciencia en general (Beltrán, 2009).

Se conoce que la inclusión de actividades experimentales como recurso en las estrategias de enseñanza, permiten promover un aprendizaje significativo, gracias a que parten de experiencias donde se conjuga el conocimiento entre lo que viene desde el exterior y lo que hay en el interior del estudiante (Espinoza *et al.*, 2016).

Además, las actividades experimentales permiten fomentar la motivación, participación y el intercambio de ideas, a través de las interacciones entre los alumnos, entre los profesores y entre ambos, con lo cual se propicia la construcción social del conocimiento científico (Díaz y Hernández, 2010), el desarrollo de una actitud reflexiva acerca de cómo su actividad personal y social repercuten en el manejo y cuidado del ambiente, además de propiciar una actitud ética ante el avance del conocimiento científico y la tecnología.

A pesar de que los docentes tienen conocimiento de los beneficios de las actividades experimentales en la formación en ciencias, hay diversos problemas para realizarlas. Uno de ellos son las deficientes condiciones de equipamiento y funcionamiento de los laboratorios curriculares. Sin embargo, aun cuando se tienen recursos tecnológicos disponibles, los docentes llegan a realizar actividades experimentales sin hacer uso de ellos.

Un ejemplo de los equipos disponibles en el CCH, son los sensores que permiten la medición de parámetros. Uno de ellos, el fluorómetro, Fluor Pen FP 100 (Photon Systems Instruments©, Czech Republic), mide la fluorescencia emitida por la clorofila, entre otras variables, en muestras de plantas y algas. Este sensor permite medir parámetros, almacenarlos y mostrarlos sin necesidad de que esté conectado a la computadora. Sin embargo, no se hace uso de los mismos por el desconocimiento de su funcionamiento por parte de los profesores.

Cabe mencionar que en las pocas actividades prácticas que se realizan, predomina una enseñanza tradicional, sustentada mayoritariamente en demostraciones y trabajos prácticos rígidos, que poco aporta al desarrollo conceptual de los alumnos y que no apoya al enfoque educativo de los bachilleratos (ENCCH, 2012).

Se hace necesario, por tanto, disponer de una diversidad de actividades que no se limiten a la descripción, uso de una simulación o a la mera visualización de un video sobre actividades experimentales. Es necesario activar los conocimientos previos de los estudiantes, la argumentación y el análisis de lo que se ha presenciado. Son indispensables, por tanto, actividades experimentales que ayuden a los alumnos a relacionar hechos con modelos, y fenómenos observados con predicciones realizadas previamente (Corominas, 2013).

Por lo anterior, las estrategias utilizadas en el proceso de enseñanza y aprendizaje deben ser diversas, y organizadas tomando en cuenta los propósitos generales del curso, los propósitos de cada unidad y los aprendizajes que se pretenden en éstas. De la misma forma, deben partir de los conocimientos previos de los alumnos propiciando el aprendizaje gradual y continuo de conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores.

De acuerdo con el programa de estudios aprobado en 2016 para la asignatura de Biología I del CCH (Anexo 1), los propósitos generales de la materia en los cuáles se enfoca la estrategia son:

- Que el alumno interprete que la biología es una ciencia que emplea métodos, entre ellos, el científico experimental para construir conocimiento.
- Que el alumno reconozca que la biología estudia a los sistemas biológicos.

Además, el tema de fotosíntesis como parte de la Unidad 2, contribuye con el logro de los aprendizajes, que los alumnos logren identificar las estructuras y componentes celulares para que reconozcan a la célula como la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos.

El proceso de fotosíntesis como parte del tema de Transformación de energía, tiene como propósito el logro del aprendizaje de:

- Que el alumno reconozca al cloroplasto como principal organelo encargado de transformación energética.

Por lo anterior, se justifica el diseño, aplicación y evaluación de una estrategia enfocada a una actividad experimental, que contribuya al logro del aprendizaje de la fotosíntesis como proceso de transformación de energía.

JUSTIFICACIÓN

Numerosas investigaciones ponen de manifiesto que los alumnos tienen dificultades en la comprensión de conceptos científicos y de que un alto porcentaje de jóvenes carece de los conocimientos y habilidades científicas básicas (Moreno, 2005; Ortiz y Cervantes, 2015). En este sentido, la enseñanza de las ciencias adquiere relevancia en la investigación educativa.

Una de las ciencias necesarias para la formación de la futura ciudadanía ante el desarrollo humano y sus repercusiones sobre el ambiente, es la Biología. Esta ciencia, supone un reto en su enseñanza y aprendizaje por sus contenidos abstractos y por las interpretaciones erróneas o simplistas de algunos contenidos como el de fotosíntesis.

Se conoce que el tema de fotosíntesis suele propiciar en los alumnos un aprendizaje memorístico desde la educación básica, sin llegar a comprender su fundamento como proceso de obtención de energía, que permita la comprensión de temas más complejos como los relacionados al flujo de energía en los ecosistemas.

Por lo tanto, resultan necesarias estrategias para la enseñanza y comprensión de temas abstractos como el de fotosíntesis y para el desarrollo de habilidades relacionadas con la ciencia. Las actividades experimentales promueven el desarrollo de habilidades relacionadas con la formación en ciencia a través de la experiencia y resultan potenciales facilitadoras para que el maestro sea un guía y un apoyo para que el alumno investigue y adquiera conocimientos. Por lo que los objetivos del presente trabajo son:

OBJETIVO GENERAL

Diseñar, aplicar y evaluar una estrategia de enseñanza enfocada a una actividad experimental para la comprensión del tema de fotosíntesis como proceso de transformación de energía.

Objetivos particulares

- Diseñar una estrategia enfocada a una actividad experimental para la enseñanza del tema de fotosíntesis.
- Desarrollar en los alumnos las habilidades de predicción, observación y explicación relacionadas con la actividad experimental para la comprensión del contenido declarativo.
- Evaluar la comprensión del tema de fotosíntesis mediante la herramienta del cuadro POE y las explicaciones dadas al trabajo de la actividad experimental.

CAPÍTULO I. FORMACIÓN EN CIENCIAS

Numerosos estudios enmarcados en la sociología de la ciencia, sobre todo desde la perspectiva postmoderna, han mostrado que la ciencia como actividad humana se construye socialmente y, por tanto, está sometida a las influencias de la sociedad y su cultura; a la vez, también influye en ellas como consecuencia de una interacción mutua, que es propia de cualquier sistema humano (Manassero *et al.*, 2002). Resultado de esta interacción mutua es la influencia que la ciencia ha tenido y tiene en temas de importancia para la humanidad, como la salud, la alimentación, los recursos energéticos, la conservación del medio ambiente, el transporte, las comunicaciones y las tecnologías de la información, sin dejar de lado los riesgos existentes en las aplicaciones del progreso científico del mundo actual (Solbes y Vilches, 2004).

Consideraciones como las anteriores llevan a evidenciar la relación entre Ciencia y Sociedad, en la cual la educación es fundamental en el aseguramiento de una formación y cultura científica que permita a los alumnos como futuros ciudadanos, comprender y administrar la vida cotidiana, enfrentar e integrarse de manera crítica y autónoma a ella y ser capaces de tomar decisiones en un mundo impregnado por los avances científicos y tecnológicos (Nieda y Macedo, 1997; Soussan, 2003).

Por tanto, es deber del sistema educativo facilitar la adquisición de una adecuada y pertinente formación en las ciencias en las escuelas. Sin embargo, a pesar de los cambios en la concepción de la enseñanza y del aprendizaje, existe consenso de que esta enseñanza es inadecuada en sus objetivos, contenidos y métodos.

En México, la Educación Media Superior cuyo propósito es coadyuvar al desarrollo integral de los alumnos, es decir, atendiendo sus dimensiones física, emocional e intelectual, que lo preparen para la vida y el trabajo, así como para vivir en democracia y para ejercer la ciudadanía, se han identificado varios problemas hacia los cuales dirigir esfuerzos. Entre los principales problemas destacan: una gran dispersión de programas (alrededor de 300), diversidad de instituciones y tamaño de las escuelas que es resultado del elevado número de estudiantes, profesores y planteles escolares; la subsistencia a incluir demasiados contenidos en los programas que dificulta profundizar en el estudio de algunos temas; la falta de estrategias didácticas, que propicia el aprendizaje memorístico (Alcántara y Zorrilla, 2010).

El concepto de enseñanza de la ciencia se ha delimitado a lo que se identifica como ciencias experimentales y vinculado con el uso de determinado tipo de materiales que el estudiante pueda manipular. Se ha enfocado en propiciar la realización de tareas como observar, registrar

cuidadosamente lo observado, predecir a partir de lo observado, realizar sucesivas pruebas o ensayos, reflexionar sobre lo ocurrido y finalmente establecer ciertas conclusiones. Estas actividades demandan el desarrollo de habilidades que posibilitan otros múltiples aprendizajes como los relacionados con las ciencias sociales, por lo tanto, pueden ser consideradas como habilidades relacionadas con la investigación científica, esto es, como habilidades investigativas.

Por lo anterior, resulta más pertinente hablar de formación para la investigación que de enseñanza de la ciencia, esto con el fin de evitar una visión reduccionista y donde el desarrollo de habilidades se vea como proceso que posibilita no sólo la realización de investigación, sino también de múltiples tareas complejas que el ser humano realiza en todos los ámbitos de su existencia (Moreno, 2005).

Al referirnos a la formación de los alumnos, es necesario considerar el papel y las funciones que juega el docente en este proceso. Como propiciador del logro de los objetivos educativos en situaciones dadas, se considera que el docente debe poseer o trabajar en el desarrollo de los siguientes conocimientos, que giran en torno a tres ejes principales (Soussan, 2003):

1. Los conocimientos y los métodos propios de los contenidos que se deben enseñar.
2. Los conocimientos relativos a la gestión de los aprendizajes: aspectos didácticos y pedagógicos de la disciplina enseñada; aspectos de la psicología cognitiva; aspectos de evaluación.
3. Los conocimientos relativos al sistema educativo: conocimientos de la institución escolar, su organización, sus finalidades y los ligados a las necesidades de la sociedad.

Uno de los principales problemas en la enseñanza de la ciencia en México es la dificultad que tienen los docentes de encontrar y diseñar estrategias de enseñanza adecuadas para que sus alumnos se apropien del conocimiento científico.

Frecuentemente la elaboración de estrategias por parte de los docentes no toma en cuenta la experiencia de los alumnos como sus ideas previas en torno a los fenómenos naturales. Esto conduce a que los alumnos construyan significados diferentes a los que el profesor pretende enseñar, y la manera que tienen los alumnos de resolver este conflicto cognitivo es separando la ciencia que se les enseña en la escuela de sus propias experiencias en la vida cotidiana.

Dicho lo anterior, se ha puesto de manifiesto que una concepción constructivista que privilegie las actividades experimentales (García y Calixto, 1999) tiene gran relevancia en el proceso de

formación científica. Su utilización contribuye a la comprensión procedimental de la ciencia y constituye, un elemento fundamental en la elaboración de modelos científicos escolares, en donde se pueden conocer las habilidades que posee el alumno para desarrollar las actividades de montaje de experiencias con la finalidad de afianzar los conocimientos y actitudes adquiridas en el aula.

La tecnología ha permitido el desarrollo de herramientas e instrumentos que sirven para la medición de parámetros y cuya incorporación en actividades experimentales permita la comprensión de fenómenos. Sin embargo, el uso de estas herramientas tecnológicas, son poco frecuentes en las estrategias de los docentes para abordar temas en ciencias.

CAPÍTULO II. CONTEXTUALIZACIÓN

2.1 El Colegio de Ciencias y Humanidades

El proyecto del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) surgió ante una creciente demanda de ingreso a la EMS en la zona metropolitana; para resolver la desvinculación existente entre diversas instancias de la UNAM, así como para impulsar la transformación académica de la Universidad con una nueva perspectiva curricular y nuevos métodos de enseñanza (ENCCH, 2018).

Los aspectos didácticos propuestos para el logro de la transformación educativa se enfocaron en:

- La crítica al enciclopedismo y la apuesta por materias básicas, que permitieran fomentar la vivencia y la experiencia de los métodos y lenguajes.
- Privilegiar un tipo de cultura centrado en el aprender a aprender.
- La concepción del “maestro como orientador” en el proceso de aprendizaje y promotor de una enseñanza activa; el profesor como guía y compañero.

El 26 de enero de 1971, el proyecto del Colegio fue aprobado para constituir posteriormente el Modelo Educativo que, a pesar de sufrir una serie de intervenciones, mantiene sus propósitos iniciales. Uno de ellos es su propósito de ser un bachillerato propedéutico y de cultura básica.

Ante la imposibilidad de enseñarlo y aprenderlo todo, el Colegio selecciona los contenidos para concentrarse en lo esencial que es promover que los alumnos piensen por sí mismos, a expresarse y poseer los principios de la cultura científica y humanística, es decir, ofrecer los conocimientos y aprendizajes básicos que sirvan de preparación para ingresar a la licenciatura y para su vida profesional, además de fomentar las actitudes y habilidades necesarias para que se apropie de conocimientos y asuma valores que sirvan en su intervención en la realidad social que le toca vivir, de manera crítica y responsable.

2.2 Aprendizaje significativo en el Colegio de Ciencias y Humanidades

Como parte del Modelo educativo de la institución, el aprendizaje significativo se fundamenta en el constructivismo como perspectiva epistemológica, retomando aspectos esenciales de las teorías de aprendizaje desarrolladas por Piaget, Vigotsky y Ausubel.

Un aspecto esencial que el aprendizaje significativo retoma de la Psicología genética de Piaget, parte de la convicción de que el desarrollo cognitivo es el resultado de un proceso de construcción, por el que el niño va edificando y corrigiendo activamente su conocimiento, a lo largo de etapas de creciente complejidad (Delgado *et al.*, 2012).

De Vigotsky se asume que el aprendizaje únicamente puede ser explicado en términos de interacción social. Consiste en la internalización de instrumentos culturales que pertenecen al grupo humano en el cual nacemos, destacando que los productos culturales son transmitidos a través de la interacción social. Por tanto, se considera que el aprendizaje viene desde fuera hacia adentro, de lo social a lo individual (Barreto *et al.*, 2006).

De la teoría de Ausubel se retoma que el aprendizaje se produce en un contexto educativo. Considera que el aprendizaje por descubrimiento no debe ser presentado como opuesto al aprendizaje por exposición (recepción), ya que éste puede ser igual de eficaz, si se cumplen unas características. Así, el aprendizaje escolar puede darse por recepción o por descubrimiento y lograr un aprendizaje significativo. El principio fundamental de su teoría radica en indagar lo que el alumno sabe, es decir, develar el conocimiento previo antes de presentar los nuevos conocimientos (Delgado *et al.*, 2012).

Dicho lo anterior, el Colegio tiene como propósitos a los pilares de: aprender a aprender, aprender a hacer y aprender a ser (ENCCH, 2018).

El aprender a aprender significa la apropiación de una autonomía en la adquisición de nuevos conocimientos congruente con la edad de los alumnos.

Aprender a hacer se refiere, en primera instancia, a la adquisición de habilidades que supone conocimientos y elementos de métodos diversos y, en consecuencia, determina enfoques pedagógicos y procedimientos de trabajo en clase.

Finalmente, el aprender a ser, enuncia el propósito de atender a la formación del alumno no sólo en la esfera del conocimiento científico e intelectual, sino en valores humanos, cívicos y particularmente éticos.

Por tanto, la formación del Colegio se propone propiciar en el alumno la capacidad de saber cómo aprende y la capacidad para adquirir nuevos conocimientos.

En este sentido, el aprendizaje significativo concibe al alumno como centro del quehacer académico, quien es sujeto de la cultura y de su propia educación, y concibe al aprendizaje como un proceso, algo que el alumno desarrolla a lo largo de su formación y se le apoya para

que transfiera un conocimiento o una habilidad a un contexto nuevo o diferente del que originalmente se adquirió o aprendió (Perkins, 1999).

El alumno toma un papel activo, crítico y protagónico en el aprendizaje; como autor y actor de su propio proceso, el alumno manipula y organiza el conocimiento.

En cuanto al aprendizaje, éste es un proceso reflexivo en el que el conocimiento pueda ser utilizado de manera flexible, aun estando estrechamente vinculado a los conceptos centrales y a las formas de trabajo o metodologías de las disciplinas científicas y humanísticas. Se concibe como el proceso que permite al alumno organizar y reelaborar el conocimiento, ser autónomo y consciente de su progreso intelectual, donde el alumno integra el conocimiento a sí mismo y lo ubica en la memoria permanente. Este aprendizaje puede ser información, conductas, actitudes o habilidades.

Cabe señalar que este aprendizaje podrá desarrollarse a partir de lo que el alumno perciba como estrechamente relacionado con su supervivencia o desarrollo, mientras que no aprenderá bien (o será un aprendizaje que se ubica en la memoria a corto plazo) aquello que considera ajeno o sin importancia.

Por tanto, la labor docente es fundamental en el logro de un aprendizaje significativo, ya que es el profesor quien proporcione al estudiante ambientes adecuados y útiles para el desarrollo de sus capacidades de construcción de significados a partir de las experiencias de aprendizaje (Araya, 2014).

Esto exige que el docente muestre dominio del contenido disciplinario, así como la capacidad de identificar y generar los conocimientos y estrategias que conduzcan a los alumnos a construir aprendizajes para con ello desarrollar nuevos conocimientos, núcleo del aprender a aprender. Para lograr lo anterior se requiere de un profesor que comprenda lo decisivos que son la participación, el trabajo grupal y la actividad productiva de los alumnos en la apropiación de los contenidos de la materia (ENCCH, 2018).

2.3 Biología en el Colegio de Ciencias y Humanidades

La Biología es una de las asignaturas del Área de Ciencias Experimentales del Colegio. Forma parte de las ciencias naturales que se distingue de las ciencias sociales, por sus métodos e instrumentos para acceder a su objeto de estudio, sus principios y formas de interpretación en su acercamiento a la realidad.

Como ciencia, la biología se propone dar explicaciones objetivas y racionales de la naturaleza en el contexto social, económico y cultural de la época, por tanto, se concibe la construcción del conocimiento biológico como proceso en constante transformación y no como productos invariables y acabados. Esta construcción de conocimiento científico como proceso requiere de la socialización y contraste de puntos de vista, consenso y trabajo colectivo para explicar el mundo natural, donde la comunicación es fundamental.

Además, la biología vista como actividad científica, parte de la solución de problemas donde la observación y experimentación son procesos importantes en la construcción del conocimiento y conduce al establecimiento de conceptos, leyes y teorías. Aspectos como la identificación de problemas, la elaboración de explicaciones y predicciones, o la contrastación de hipótesis son igualmente importantes (DGCCH, 2006).

Actualmente, el avance en el conocimiento biológico, que se caracteriza por una especialización y complejidad, ha derivado en conocimientos cada vez más fragmentados, en los que se dificulta establecer relaciones entre las partes y la totalidad.

La construcción de conocimientos biológicos objetivos, a través de un enfoque integral de la biología como disciplina, teniendo como eje estructurante a la evolución y cuatro ejes complementarios para construir el conocimiento en la disciplina: el pensamiento evolutivo, el análisis histórico, las relaciones sociedad–ciencia–tecnología–ambiente y las propiedades de los sistemas biológicos.

Dicho lo anterior, dentro del Plan de Estudios del Colegio, las asignaturas de Biología I y II, que se cursan en el tercero y cuarto semestre, pretenden contribuir a la formación en cultura básica del alumno bachiller, no solo para que conozca las características de los sistemas biológicos y sus fundamentos, sino que le ayude en el desempeño en su vida.

Además, en estas asignaturas se pretende que el alumno adquiera habilidades cognitivas que le permitan detectar problemáticas y saber elaborar cuestionamientos que lo lleven a la búsqueda de respuestas, a través de diversos métodos, como el experimental, sin perder de vista el contexto del momento que está viviendo, comprender su realidad social que exige compromiso y valores humanos para que asuma los retos que conlleva la pérdida de especies, la crisis ecológica, la búsqueda de nuevas formas de obtención de energía, enfermedades, etcétera (ENCCH, 2018).

Con el fin de desarrollar una cultura general en las asignaturas de Biología I y II se pretende dotar a los alumnos de:

- Los conocimientos globales o principios que sustentan a esta ciencia y que a los alumnos se les presentan en forma de teorías.
- Las habilidades básicas para tener acceso a la información biológica y a su utilización para un mejor desempeño en su vida adulta.

En estos cursos se busca que los alumnos aprendan a ofrecer explicaciones objetivas acerca de los sistemas biológicos, al integrar conceptos y principios, con el desarrollo de habilidades, actitudes y valores, que les permitirán construir, deconstruir y reconstruir, y con ello valorar el conocimiento biológico. Así mismo, los valores y las actitudes desarrollados les permitirán integrarse a la sociedad, asumiéndose como parte de la naturaleza, con respeto hacia ella y con una posición ética en cuanto a las aplicaciones del conocimiento biológico.

Diferente los propósitos de las asignaturas de Biología III y IV, que se enfocan a profundizar en la cultura biológica y contribuir con una formación propedéutica para realizar estudios profesionales en el Área de Ciencias Químico–Biológicas y de la Salud (ENCCH, 2018).

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1 Actividades experimentales

Las ciencias nacen y se desarrollan desde la práctica a la teoría y de nuevo se comprueban en la práctica, por tal motivo la actividad experimental es muy importante para comprender su esencia y sistema de conocimientos, de cómo se aprenden y cómo se enseñan (Domingos *et al.*, 2013).

De acuerdo con investigaciones, la experiencia de los fenómenos científicos por parte de los alumnos se basa en aquellos fenómenos y experimentos que pueden percibir a través de los sentidos. Además, las analogías, metáforas o modelos, tienen un papel importante en la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes.

En este sentido, las actividades experimentales son trabajos prácticos que permiten despertar la curiosidad y por tanto, motivar a los alumnos para el desarrollo del pensamiento científico, que se enfoca en el razonamiento sobre fenómenos percibidos.

A través de estas actividades, se destaca el desarrollo de la indagación y la experimentación que son fundamentales en el aprendizaje de las ciencias (Corominas, 2013; Caamaño, 2004), ya que estas promueven habilidades como: la observación, problematización, hipótesis, experimentación, análisis y discusión, elaboración de conclusiones. La promoción de estas habilidades a su vez permitirá el desarrollo de dar explicaciones a los hechos, la adquisición de conocimientos teórico-metodológicos y el cuestionamiento del entorno natural y social.

La observación permite percibir el fenómeno por medio de nuestros sentidos o con la ayuda de aparatos e instrumentos. El fenómeno percibido se analiza con la información existente, para hacer inferencias y formular juicios de los factores que lo producen.

El problema surge cuando, de las observaciones o de la información sobre el fenómeno, se presentan hechos sobre los cuales no hay una explicación, surgiendo interrogantes.

La hipótesis es la respuesta lógica provisional al problema, apoyándose en los conocimientos y observaciones que se tienen sobre el fenómeno. Se pretende establecer una relación causa-efecto entre los factores que participan. Por lo general se plantea de la siguiente forma: Si ocurre A (un hecho conocido), entonces sucederá B (predicción del efecto que ocasionan las variables o factores).

El experimento tiene como propósito comprobar la hipótesis. Consiste en la repetición del fenómeno en condiciones controladas de los factores que en él intervienen.

Para el análisis y discusión de resultados, se recogen, organizan y se revisan los datos obtenidos. Se confrontan los resultados, para interpretarlos y se pueden comparar con los resultados de otras investigaciones relacionadas para apoyar o refutar los obtenidos, definir errores o resaltar aciertos.

Se concluye con la interpretación de los resultados de los hechos observados en el experimento, y en la evaluación de las hipótesis para la confirmación o rechazo de éstas. Cuando una hipótesis ha sido apoyada por resultados consistentes de varios experimentos y observaciones, se establece una teoría, que al mostrar las relaciones entre los hechos (causa-efecto), aclaran la comprensión de los fenómenos naturales o resuelven el problema planteado (Trejo Benítez y Trejo De Hita, 2016).

Cabe destacar que la experimentación para la enseñanza difiere de la que se realiza en la investigación científica, ya que su propósito principal no es la generación de nuevo conocimiento a través de un extenso proceso que conduzca finalmente a la formulación de una ley o teoría. Los experimentos efectuados con fines didácticos tienen siempre el carácter de una verificación mediante el redescubrimiento, la inducción o la comprobación (Arca *et al.*, 1990).

Además, las actividades experimentales pueden facilitar que el maestro pase de ser un transmisor de conocimientos a un guía y un apoyo, permitir la reflexión sobre la forma en que el alumno investiga y adquiere conocimientos. Sin embargo, a pesar del conocimiento de los beneficios de las actividades experimentales en el desarrollo de habilidades y actitudes en torno a la ciencia, no se les da la debida utilidad y relevancia a las actividades experimentales como estrategias para coadyuvar a la construcción del conocimiento científico. Esto se debe a diferentes factores, tales como la falta de laboratorio o equipo que impide llevarlas a cabo y el desconocimiento, por parte de los profesores, del uso adecuado del material, equipo de laboratorio y de los riesgos asociados (García y Calixto, 1999).

En concreto, uno de los problemas es el desconocimiento del uso de herramientas tecnológicas por parte de los profesores, además de considerar los riesgos de una utilización excesiva o

inadecuada por parte de sus alumnos, principalmente en relación con el proceso de pensamiento y la realización de actividades (Alcántara y Zorrilla, 2010).

Sin embargo, coincidiendo con Cabero (2005), hay que percibir la tecnología no como instrumento técnico sino como instrumento cultural de la mente y formativo a la vez, esto es tener una perspectiva sobre sus efectos cognitivos.

En este sentido, los sensores son herramientas habitualmente de naturaleza óptico electrónica, utilizadas para la obtención, almacenamiento, tratamiento, difusión y transmisión de la información, que permiten la medición de factores fisicoquímicos, que dan a los estudiantes la oportunidad de observar y cuantificar o medir fenómenos reales.

Es claro que para enfrentar las realidades del mundo de hoy y de la dinámica del conocimiento en la realidad actual, se requieren grandes cambios en las actitudes de los profesores y en la transformación de las estrategias para lograr un aprendizaje significativo en los estudiantes (Alcántara y Zorrilla, 2010).

Por tanto, resulta necesario disponer de una diversidad de actividades experimentales que activen los conocimientos previos de los estudiantes y favorezcan el análisis de lo que se observa; que ayuden a los alumnos a relacionar los fenómenos observados con predicciones realizadas previamente; que no se limiten a la realización de un experimento.

3.2 Análisis conceptual de la fotosíntesis

Debido a que una parte fundamental de la función docente se enfoca en el dominio del contenido disciplinar, en este apartado se presenta información y conceptos esenciales con respecto al proceso de fotosíntesis, que, además, sirvieron como base para el desarrollo de la estrategia enfocada en la actividad experimental.

La fotosíntesis es el proceso celular que utiliza fotones, es decir, los paquetes de luz o energía electromagnética para llevar a cabo la síntesis de biomoléculas. Es uno de los procesos metabólicos más importantes, ya que es el mecanismo a partir del cual los seres vivos disponen de una fuente externa de energía.

Se le ubica dentro de la nutrición autótrofa que realizan los fotótrofos y se define como la transformación de materia inorgánica a orgánica por medio de la luz solar, o bien, la transformación de la energía luminosa a energía química (Allamong y Mertens, 1987).

Al ser un proceso de transformación de energía es necesario abordar el concepto de energía, que se rige por los siguientes principios:

- La energía se puede transformar de un tipo a otro
- Principio de conservación de la energía de la primera ley de la termodinámica: La energía no se crea ni se destruye.
- Implicación de la segunda ley de la termodinámica: toda transformación de la energía es ineficiente.

Se distinguen diferentes tipos de energía, como son:

Energía lumínica: tipo de energía de radiación electromagnética que se propaga en el espacio en forma de ondas, por tanto, exhibe características de las vibraciones u oscilaciones y son: amplitud (intensidad lumínica), longitud de onda, frecuencia y periodo (Allamong y Mertens, 1987).

En el espectro de radiación electromagnética que clasifica y ordena las ondas electromagnéticas de acuerdo a sus diferentes longitudes de onda y frecuencias, se ubica a la energía luminosa dentro del espectro visible, que es una fracción de radiación que podemos observar con nuestros ojos, cuya longitud de onda está comprendida entre los 400 y 700 nm.

La energía luminosa presenta diferentes propiedades de acuerdo a cómo se propaga en el espacio al chocar con un cuerpo, estas son: reflexión, absorbanza y transmisión.

La absorción es un proceso muy ligado al color. Los colores luz mezclados forman la luz blanca. Cuando la luz blanca choca con un objeto una parte de los colores que la componen son absorbidos por la superficie y el resto son reflejados. Las componentes reflejadas son las que determinan el color que percibimos (Allamong y Mertens, 1987).

Si un objeto refleja todas las longitudes de onda, el objeto se observará a simple vista de color blanco y si el objeto absorbe todas las longitudes de onda, entonces, se verá de color negro.

Queda claro, entonces, que el color con que percibimos un objeto depende del tipo de luz que le enviamos y de las longitudes de onda que este sea capaz de reflejar.

Además, la luz no sólo transmite energía en forma de onda y en cualquier cantidad de forma continua, sino que se transmite en forma de partículas llamadas fotones. Estas partículas son unidades pequeñas con una cantidad de energía que es transferible en su totalidad y no en fracciones.

Energía química: la energía química es aquella que está en los enlaces químicos entre moléculas, la cual puede desprenderse en forma de electrones que reaccionan o se unen a otras moléculas, en forma de calor o en forma de luz con menor energía.

Energía cinética: es la energía de los objetos en movimiento.

Energía térmica: energía cinética de las partículas o moléculas en movimiento.

Al igual que otros procesos bioquímicos y de acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, en la fotosíntesis se conserva la energía a través de la transformación del agua y el dióxido de carbono (reactivos), en productos como los azúcares y oxígeno por medio de reacciones de óxido-reducción (Allamong y Mertens, 1987).

El agua es la fuente de los electrones y los protones que reducen al CO₂ para formar compuestos orgánicos que sirven como energía y para liberar oxígeno.

De esta forma la ecuación que describe el proceso es:

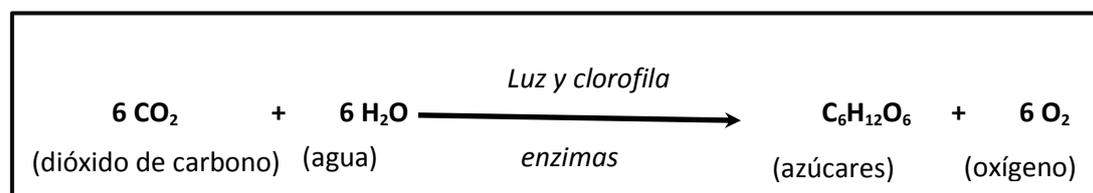


Figura 1. Ecuación global de la fotosíntesis.

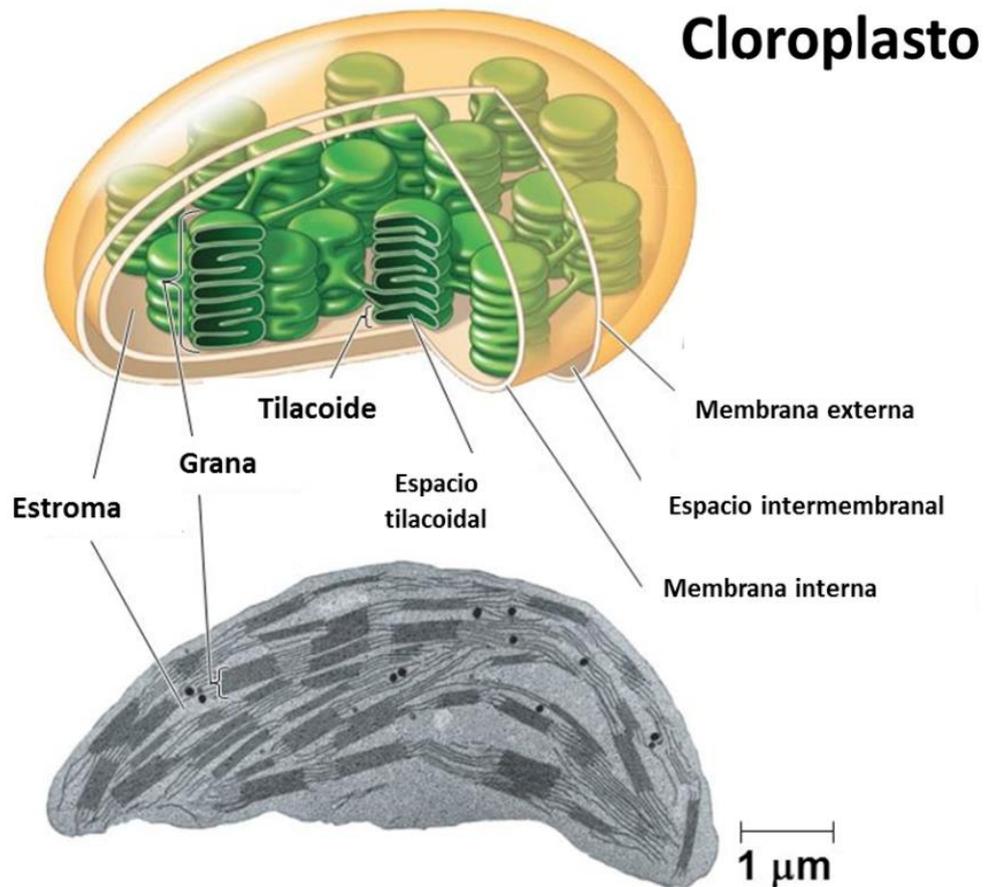
La ecuación anterior describe el proceso global, que ocurre en dos fases: fase dependiente de la luz y fase independiente de la luz o Ciclo de Calvin.

En la fase dependiente de la luz ocurre la captación de la energía por los pigmentos que absorben la luz, convirtiéndola en energía química, en forma de ATP y NADPH. En este proceso, los átomos de hidrógeno se separan de la molécula de agua y se emplean para reducir al NADP⁺, liberándose oxígeno como producto, además de participar en la fosforilación del ADP a ATP (Allamong y Mertens, 1987).

Los productos de la primera fase, el ATP y el NADPH, sirven como energía para efectuar la reducción del dióxido de carbono a compuestos orgánicos para la célula.

En organismos eucariontes autótrofos, estas fases ocurren en diferentes zonas dentro de los cloroplastos.

Los cloroplastos (Figura 2), son organelos generalmente globulares, de 1 a 10 micrómetros de diámetro, constituidos por una membrana externa y una membrana interna que rodean al estroma. En el estroma se encuentran los tilacoides, estructuras en forma de discos que se agrupan en grana. Cada tilacoide está formado por una membrana que rodea el lumen tilacoidal, en esta membrana del tilacoide, se encuentran inmersos los fotosistemas que participan en la fase dependiente de la luz.



© 2014 Pearson Education, Inc.

Figura 2. Estructura del cloroplasto.

Superior: representación esquemática del cloroplasto.

Inferior: cloroplasto visto a través de Microscopía Electrónica de Transmisión (MET).

Los organismos eucariontes que realizan fotosíntesis poseen dos fotosistemas, cada uno formado por pigmentos antena colectores de luz, que la transmiten a un complejo-proteína llamado centro de reacción, que incluye una molécula de clorofila *a*. Ésta clorofila tiene dos picos de absorción máxima, uno en azul a 420 nm y uno en rojo a 680 nm, longitudes de onda que son absorbidas. La luz verde no se absorbe por la clorofila, razón por la que las hojas al ser iluminadas con luz blanca, reflejan color verde (Figura 3a).

Esta capacidad de algunos compuestos para absorber fotones, depende de su estructura atómica, en particular de los electrones que rodean su núcleo atómico (Figura 3b). Cuando un fotón golpea un átomo o una molécula capaz de absorber la luz a una determinada longitud de onda, como lo son los pigmentos fotosintéticos, se produce una absorción de energía por parte de los electrones, los cuales se elevan a un nivel mayor de energía y por tanto encontrándose en lo que se llama estado excitado (Martínez y Moctezuma, 2006).

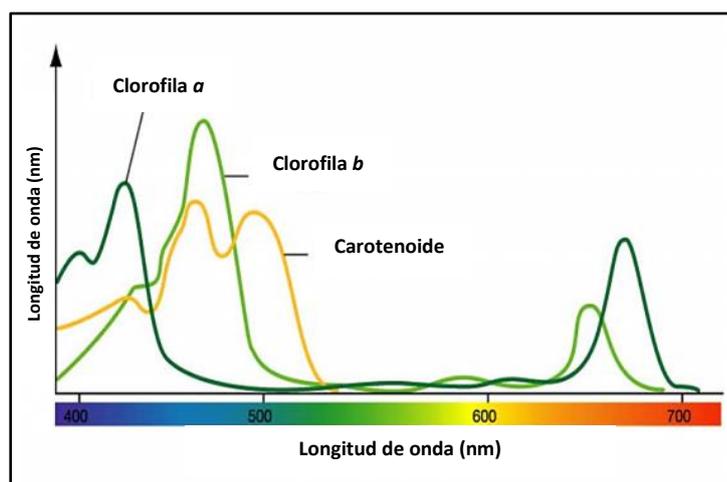


Figura 3a. Espectro de absorción de luz de la clorofila *a*, clorofila *b* y carotenoides en el espectro de luz visible (linkpat.info, 2018).

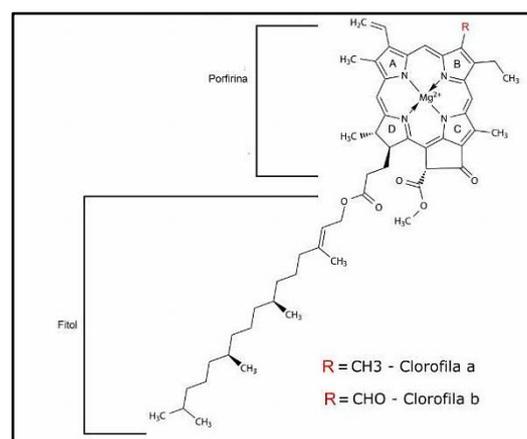


Figura 3b. Estructura química de la clorofila *a* y clorofila *b* (Lebedev, 2018).

Esta molécula excitada puede regresar a su estado inicial de baja energía o estado basal, con la emisión de energía en forma de calor y luz a una mayor longitud de onda y por tanto, con menor energía (Figura 4). A esta emisión de luz se le llama fluorescencia (Nickelsen, 2015).

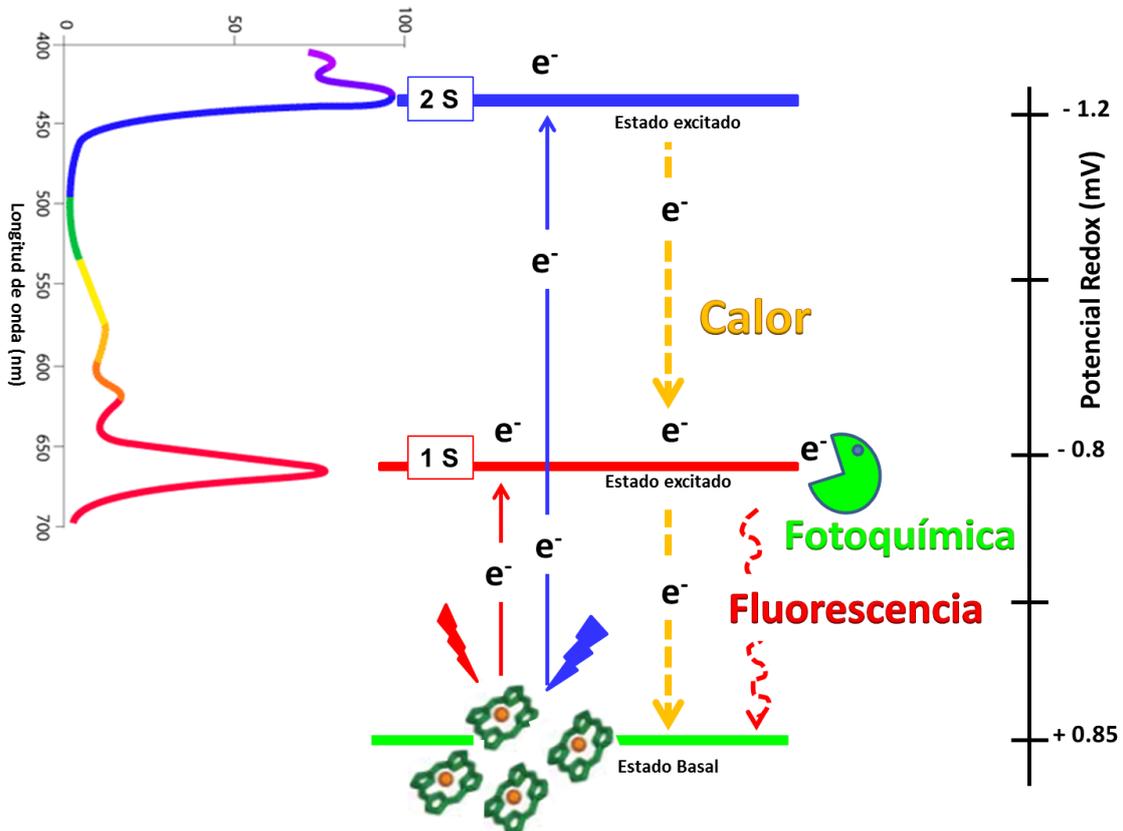


Figura 4. Representación simplificada de la emisión de fluorescencia (Perales *et al.*, 2018).

En el núcleo del centro de reacción, las moléculas de clorofila a absorben la energía de la luz, lo que promueve uno de sus electrones externos en estado basal de energía a un estado excitado de mayor energía. La molécula de clorofila a puede regresar a su estado basal liberando la energía absorbida a través de tres mecanismos: liberación de calor; emisión de fluorescencia y uso de la energía para trabajo fotoquímico. El electrón de la clorofila a no regresa a la molécula sino que es atrapado por un primer aceptor de electrones que se reduce para posteriormente impulsar el trabajo fotoquímico de la fase luminosa de la fotosíntesis.

La clorofila emite fluorescencia a 685 nm en la región del rojo en el espectro de luz visible, sin embargo, la fluorescencia en rojo es despreciable a la vista, ya que se libera sólo en un 3% y los tejidos de las plantas dificultan su percepción (Nickelsen, 2015).

A través de técnicas como la extracción de clorofila con acetona o alcohol y hacer incidir un haz de luz de longitud de onda corta con mucha energía se puede visualizar la fluorescencia de la clorofila (Figura 5) y puede cuantificarse a través de técnicas no invasivas y rápidas como los fluorómetros, diseñados específicamente para detectarla (Figura 6).



Figura 5. Emisión de fluorescencia en un extracto de clorofila.



Figura 6. Fluorómetro Fluor Pen FP para la medición cuantitativa de fluorescencia.

Otra ruta que toman las moléculas excitadas es la de reaccionar fácilmente con otras moléculas, debido a su estado rico en energía en el que puede perder electrones.

Es así como en la fase dependiente de la luz del proceso fotosintético, la energía lumínica atrapada en la molécula de clorofila *a* del Fotosistema II, impulsa los electrones a un nivel de energía superior. Estos electrones son reemplazados en la molécula de clorofila *a* por electrones que provienen de moléculas de agua que se escinden liberando protones (H⁺) y gas oxígeno.

De esta forma, la energía absorbida pasa por los pigmentos antena hasta el centro de reacción con clorofila *a*, de donde los electrones salen hacia una cadena de complejos proteicos de transporte de electrones (Figura 7).

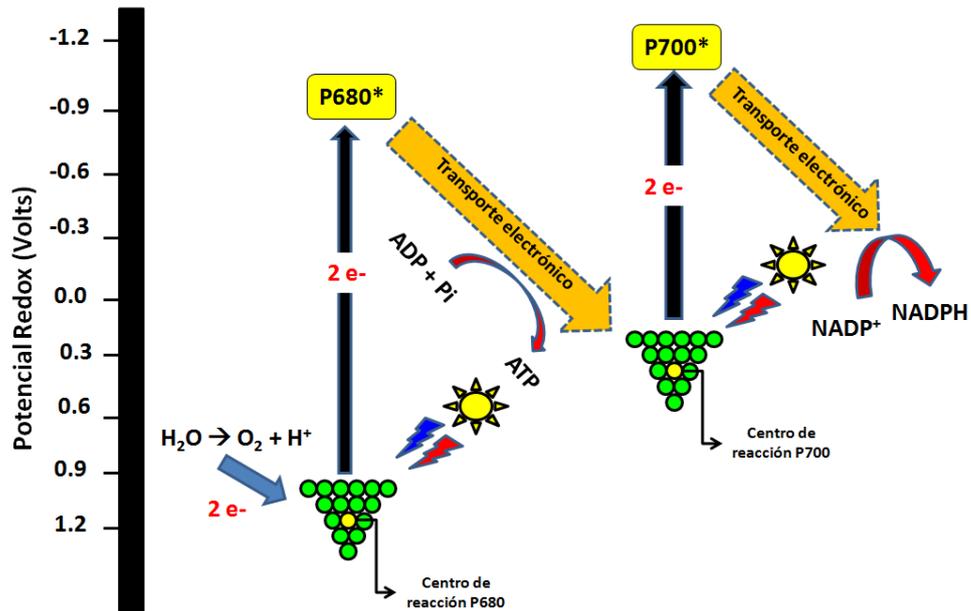


Figura 7. Esquema del transporte electrónico en la fotosíntesis (Perales *et al.*, 2018).

La energía luminosa absorbida por los pigmentos antena y que llega hasta los centros de reacción con clorofila *a*, que se excitan a longitudes de onda de 680 y 700 nm respectivamente. Las flechas indican el cambio del estado energético de los electrones, de un estado menor de energía a uno más alto o más electronegativo desde el que ceden su energía dando como resultado final la reducción del $NADP^+$ a NADPH.

Al fluir los electrones por el Fotosistema II, se bombean protones a través de la membrana ocasionando un gradiente electroquímico que permite la función de la ATP sintasa, la cual mediante el movimiento de los protones del lumen tilacoidal al estroma genera la molécula de energía (Perales *et al.*, 2018).

Así, los productos de la fase dependiente de la luz son NADPH y ATP (Figura 8), moléculas de energía que posteriormente participan en la fijación del CO₂ durante el ciclo de Calvin, correspondiente a la fase independiente de la luz (Allamong y Mertens, 1987).

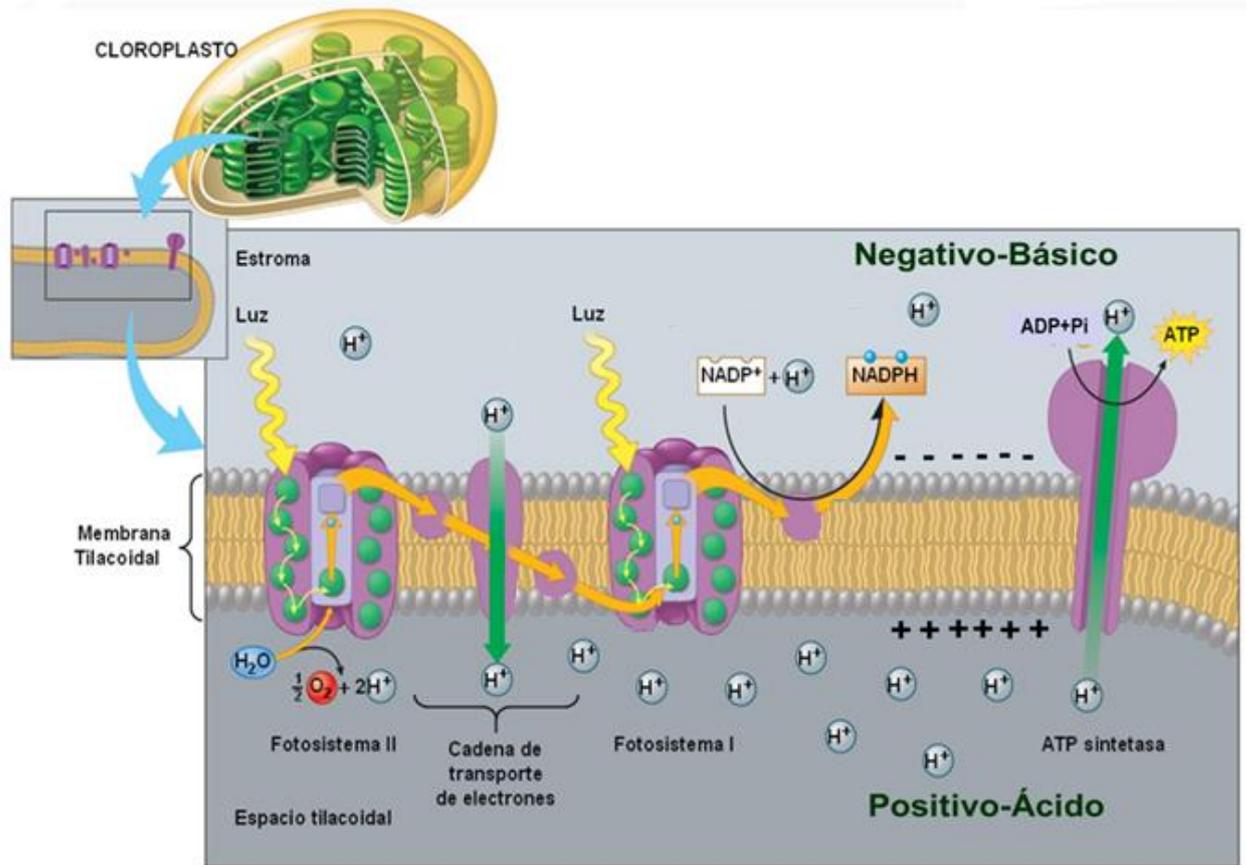


Figura 8. Representación del flujo de energía en la fase dependiente de la luz en la membrana tilacoidal del cloroplasto (Fitzpatrick y Tunbridge, 2016). Una vez que la luz incide, el electrón que se excita recorre el camino indicado por las flechas. Como resultado se produce NADPH y hay bombeo de protones (H⁺) del espacio tilacoidal hacia el estroma que sirve para la producción de ATP.

Fase independiente de la luz

La incorporación del CO₂ en los hidratos de carbono por los organismos fotosintetizadores, es un proceso que tiene lugar en el estroma del cloroplasto, suele denominarse Ciclo de Calvin, en honor a su descubridor Melvin Calvin o Ciclo C₃ (Ciclo reductivo de las pentosas) (Nickelsen, 2015).

Dado que las reacciones del Ciclo de Calvin (Figura 9) pueden tener lugar sin la luz si se suministra ATP y NADPH suficiente, se las ha llamado reacciones oscuras o fase oscura, siendo que a estas reacciones se las ha incluido como parte del proceso de fotosíntesis. Sin embargo, el nombre de reacciones oscuras o fase oscura de la fotosíntesis, no se considera adecuado ya que las reacciones del ciclo de Calvin también tienen lugar cuando la planta está iluminada, siempre y cuando haya ATP y NADPH disponible. Por lo tanto, es más adecuado el término de fase independiente de la luz (Allamong y Mertens, 1987), Ciclo de Calvin o Ciclo reductivo de las pentosas (C3).

La ecuación neta del Ciclo de Calvin es:



Por cada tres moléculas de CO_2 que se incorporan, existe una ganancia neta de una molécula de gliceraldehído-3-fosfato. La fijación de seis CO_2 en una molécula de hexosa como la fructosa tiene lugar a expensas de 12 NADPH y 18 ATP.

Las reacciones del ciclo pueden dividirse en tres fases (Figura 9):

Fijación del carbono: La fijación del carbono, el mecanismo por el que se incorpora el CO_2 inorgánico a las moléculas orgánicas, consta de una única reacción.

La ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa/oxigenasa (RuBisCO) cataliza la carboxilación de la ribulosa-1,5-bisfosfato para formar dos moléculas de 3-fosfoglicerato. Las plantas que producen 3-fosfoglicerato como primer producto estable de la fotosíntesis se denominan plantas C3.

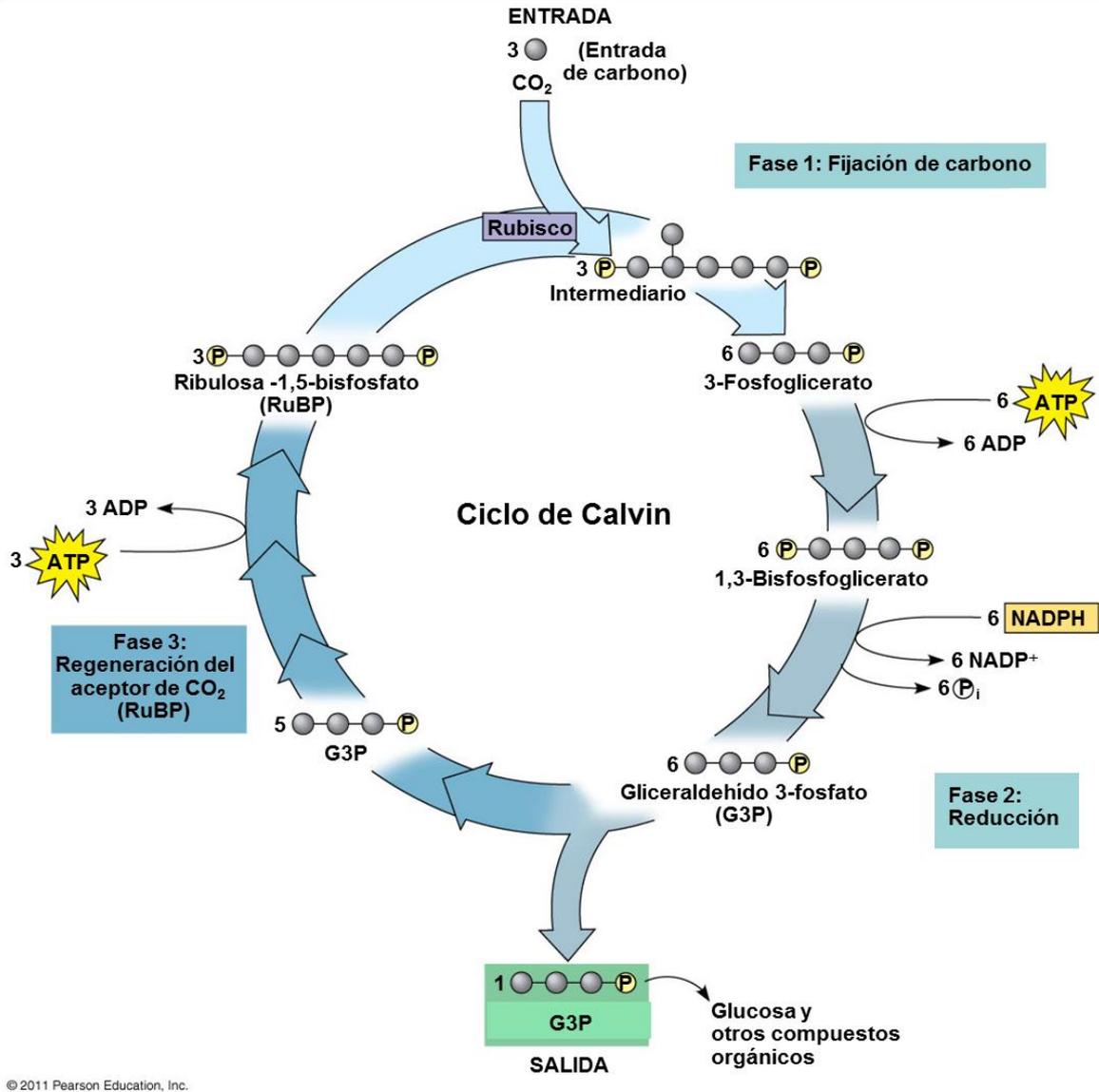
La RuBisCO es la enzima marcapasos del Ciclo de Calvin, ya que gracias a esta se incorpora el carbono inorgánico del CO_2 a moléculas orgánicas. Esta enzima suele describirse como la más abundante del mundo, debido a que las plantas producen un número de copias de la enzima, que frecuentemente constituye aproximadamente la mitad de la proteína soluble de una hoja.

2. Reducción: La siguiente fase del ciclo consta de dos reacciones. Suponiendo que se fosforilen seis moléculas de 3-fosfoglicerato a expensas de seis moléculas de ATP se formaría 1,3-bisfosfoglicerato. Esta última molécula se reduciría para formar seis moléculas de gliceraldehído-3-fosfato, utilizando NADPH como reductor.

3. Regeneración: suponiendo que se fijaran seis moléculas de CO_2 , la producción neta de carbono fijado por la célula en el ciclo de Calvin sería de una molécula de gliceraldehído-3-

fosfato. Las otras cinco moléculas de gliceraldehído-3-fosfato se procesan en las restantes reacciones del ciclo de Calvin para regenerar tres moléculas de ribulosa-1,5-bisfosfato.

Finalmente, la molécula restante de gliceraldehído-3-fosfato (o su isómero dihidroxiacetona-3-fosfato), o bien se utiliza dentro del cloroplasto en la síntesis de almidón, o bien se exporta al citoplasma donde puede emplearse en la síntesis de sacarosa u otros metabolitos.



© 2011 Pearson Education, Inc.

Figura 9. Ciclo de Calvin o Ciclo reductivo de las pentosas (C3).

3.3 Errores conceptuales de la fotosíntesis

Las ideas previas o derivadas del sentido común son un obstáculo para el aprendizaje, pues no permiten que los conocimientos se incorporen de forma estable y coherente. El alumno no es capaz de utilizar los conocimientos para explicarse correctamente los fenómenos naturales. Estas ideas se elaboran a partir de la interacción de los alumnos con los fenómenos naturales cotidianos y la información superficial que reciben del ambiente familiar y social, de los medios de comunicación; además de la falta de un razonamiento formal.

Las ideas derivadas del sentido común en los alumnos son difíciles de erradicar porque los acompañan desde su infancia. Tienen gran estabilidad y persistencia porque se obtienen a partir de la experiencia y parecen útiles para explicar fenómenos en la vida ordinaria. Sin embargo, estas ideas son científicamente incorrectas (Trejo Benítez y Trejo De Hita, 2016).

Con respecto a los nombres utilizados para designar estas ideas, los autores usan términos tales como: ideas previas, errores conceptuales, preconceptos, concepciones, entre otros, sin embargo, las características comunes que presentan son:

- a. Los alumnos consideran aspectos muy limitados y centran su atención sobre las características más sobresalientes o representativas.
- b. Tienden a basar su razonamiento en características observables de la situación problema y rechazan hacer un análisis de ésta, sólo ven el lado aparente de las cosas.
- c. Observan más los cambios que las situaciones estables y su forma de razonamiento explica estos cambios en forma de secuencias causales lineales.
- d. Los alumnos no razonan sobre lo posible, se quedan en el estadio de las afirmaciones, conciben sólo las cosas que son capaces de hacer por sí mismos o de las que pueden elaborar una representación

Además, los alumnos involucran creencias incompatibles con el conocimiento científico, las cuales están muy difundidas en su entorno social e incluso académico, impidiendo la asimilación de teorías complejas u ocasionando variación de pensamientos, provocando ideas deformadas y poco estimulantes de la ciencia (Calixto y García, 2011).

Uno de los fenómenos que constituye un proceso asociado a un concepto, es la fotosíntesis. De acuerdo con diversas investigaciones, se tiene conocimiento de errores conceptuales que impiden la comprensión de este proceso. Nos referiremos a errores conceptuales, ya que el término concepto se da a la idea que nos da una representación mental de un fenómeno u

objeto que nos rodea, que es utilizado por lo general como una descripción de una regularidad entre hechos u otros conceptos, en donde un hecho es definido como un registro de acontecimientos (Novak, 1984).

Uno de los errores conceptuales asociados a este proceso, es que los alumnos se refieren a la energía, como un medio para producir calor; desconocen dónde queda contenida la energía como resultado de la fotosíntesis, además de que las transformaciones de energía solar en energía química por lo general no se mencionan, a pesar de mencionar que las plantas necesitan luz (Cañal *et al.*, 2006).

Es importante mencionar que los errores conceptuales se mantienen en adultos y en alumnos universitarios de primer ingreso, como lo reportan Tirado y López, donde los alumnos no relacionan a la fotosíntesis con el proceso que permite a un organismo elaborar sus propios alimentos (Tirado y López, 1994). De acuerdo con estos datos, se puede apreciar la importancia de la introducción de los conceptos básicos de energía, para la comprensión de su captura por las plantas.

3.4 Estrategias para la formación en ciencias

Existen diversas definiciones dadas a las estrategias de enseñanza, sin embargo, las que tienen un enfoque constructivista, las definen como todos aquellos procedimientos que el docente utiliza para la construcción conjunta con el alumno, del aprendizaje significativo, como un conjunto de actividades mentales cumplidas por el sujeto, en una situación particular de aprendizaje, para facilitar la adquisición de conocimientos (Martínez y Zea, 2004).

Se considera que son procedimientos que el docente utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los alumnos (Martínez y Zea, 2004). Con esto, se puede decir que son el medio o recursos, las herramientas, procedimientos, pensamientos, conjunto de actividades mentales y operación mental que se utilizan para lograr aprendizajes.

La importancia de la formación en las ciencias experimentales radica no sólo en la apropiación de los conocimientos básicos, sino que lo más importante es el desarrollo de habilidades para un pensamiento lógico, crítico y razonado; es decir, la construcción de formas de pensamiento que les den a los alumnos las herramientas para el análisis y la percepción de los fenómenos naturales que les rodean (Trejo Benítez y Trejo De Hita, 2016).

De acuerdo con el Modelo Educativo del Colegio, en los programas de estudio de la asignatura de Biología, se mencionan dos enfoques que guían la estructuración de los contenidos y la metodología para el logro de los aprendizajes, en su propósito de que éstos sean significativos para el alumno: el enfoque disciplinario y el enfoque didáctico. El enfoque disciplinario guía la construcción del conocimiento y el enfoque didáctico destaca el uso de estrategias por parte del docente, que partan de los propósitos generales del curso, el propósito de la unidad y los aprendizajes que se pretendan en estas, considerando los conocimientos previos de los alumnos para propiciar el aprendizaje gradual y continuo de conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores (ENCCH, 2006).

Investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias han puesto de manifiesto que los principales problemas que se tienen para el aprendizaje significativo son: la falta del desarrollo del pensamiento formal y la presencia de graves errores conceptuales de los alumnos con respecto a los fenómenos naturales.

Lo anterior se debe a las ideas previas o derivadas del sentido común de los alumnos que se presentan por deficiencias en su razonamiento lógico. Otra causa es la enseñanza tradicional por

transmisión de conocimientos elaborados que no permite el aprendizaje significativo de los conceptos científicos, al no haber una acción didáctica orientada a actuar sobre estas ideas. Sin ello, las ideas previas terminan imponiéndose o se mezclan con los conceptos científicos sin establecer diferencias claras entre el conocimiento cotidiano y el científico (Trejo Benítez y Trejo De Hita, 2016).

Además, el aprendizaje de las ciencias y sus metodologías requieren del pensamiento racional formal o de un pensamiento hipotético-deductivo. Sin embargo, investigaciones demuestran que solo una parte de los adultos lo desarrolla, debido a que esta habilidad cognitiva no se alcanza espontáneamente (al menos no de forma generalizada) sino que es un proceso de interacción entre el sujeto y el medio. Por tanto, el pensamiento racional formal no es cuestión de maduración, sino de educación y formación en conocimientos procedimentales, en la solución de problemas y explicación de los fenómenos naturales (Rendón, 2005).

Por todo lo antes mencionado, es importante la utilización de estrategias que tengan como propósito el desarrollo de habilidades de pensamiento, propiciando la observación y la experimentación, la inducción, la deducción, la inferencia, que se adquieren mediante la práctica y la experiencia.

Se requieren estrategias que relacionen la nueva información con los conocimientos previos del alumno, propiciando la construcción del conocimiento de manera gradual, donde las explicaciones, los procedimientos y los cambios conseguidos sean la base a partir de la cual se logrará el aprendizaje de nuevos conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores más complejos y profundos.

METODOLOGÍA

El proyecto de investigación tuvo como finalidad diseñar, aplicar y evaluar una estrategia enfocada a una actividad experimental, que sirva como propuesta a la comprensión de la fotosíntesis como proceso de captura de la luz para la producción de energía química.

El diseño de esta investigación siguió lo planteado por Campbell y Stanley (1995) para el diseño de tipo cuasi-experimental, bajo un esquema de pre prueba-intervención-pos prueba a un grupo.

Para la realización del cuasi-experimento se seleccionó un grupo que ya estaba formado antes de la aplicación de la estrategia y la forma en la que surgió fue independiente de la intervención, por tanto, no se controlaron variables orgánicas como: la inteligencia, las actitudes, los intereses, la personalidad, el promedio, los hábitos y métodos de estudio o la clase social, ni el entorno cultural; en el grupo en el que se aplicó la estrategia (Hernández-Sampieri *et al.*, 2010).

4.1 Escenario y tiempo de intervención

El presente estudio se realizó en el CCH, Plantel Vallejo, el cual cuenta con aulas y laboratorios, además de aulas provisionales.

La intervención se llevó a cabo en 7 sesiones, en un total de 10 horas de trabajo, tiempo calculado sin considerar los imprevistos que se originaron por hacer uso de las aulas provisionales. La duración estimada para cada sesión fue de dos horas (lunes y miércoles) y de una hora (viernes). La mayor parte de la estrategia se realizó en las aulas provisionales del plantel Vallejo (sesiones 1, 3, 4, 6, 7), la actividad experimental en el laboratorio SILADIN CREA y una sesión (sesión 5) se llevó a cabo en el aula de audiovisuales en SILADIN.

4.2 Población de estudio

La intervención educativa se realizó en una población de estudio conformada por un grupo de estudiantes de bachillerato, inscritos en el tercer semestre del CCH plantel Vallejo, en el turno matutino.

La selección del grupo de clases se realizó por participación voluntaria de la maestra Laura Elena Ortiz en el proyecto, por lo que el grupo ya estaba establecido por el Colegio.

De este grupo de 21 estudiantes, el 52% fueron mujeres y el 48% hombres, con edades de entre 16 y 17 años.

4.3 Estrategia didáctica

4.3.1 Ciclo de Aprendizaje de Lawson

La estrategia se basó en el Ciclo de Aprendizaje de Lawson, desarrollado en 1989. Tiene un fundamento de tipo constructivista, además de que Lawson y sus colegas refieren un número considerable de investigaciones que reportan que el uso correcto del Ciclo de Aprendizaje en la educación científica es un método efectivo para ayudar a los estudiantes a cumplir los siguientes objetivos:

- Adquirir un conjunto de conceptos y de sistemas conceptuales significativos y útiles.
- Desarrollar habilidades de pensamiento independiente, creativo y crítico.
- Ganar confianza en su habilidad para aprender, aplicar su conocimiento, resolver problemas y tomar decisiones razonadas.

Estos objetivos se logran por medio del Ciclo de Aprendizaje asumiendo que el alumno tiene ideas sobre los fenómenos, que forman parte de su propio modelo explicativo y que interaccionan con los nuevos conocimientos. Como producto de dicha interacción se considera que el alumno puede aprender algo nuevo o puede seguir interpretando el fenómeno con sus propias ideas. Es por ello que este Ciclo de Aprendizaje resulta adecuado para su aplicación al modelo educativo de CCH por su fundamento de tipo constructivista.

Del Ciclo de Aprendizaje de Lawson se retomó la estructura organizativa de la enseñanza cuyas fases son: exploración, introducción de conocimientos y aplicación.

Siguiendo lo propuesto por Lawson, la fase de exploración tuvo como finalidad que el alumno explicara un fenómeno de fluorescencia en un extracto de clorofila obtenido a partir de hojas verdes o que intentara describirlo, para hacer explícitos sus conocimientos, modelos, procedimientos previos, identificándolos y contrastándolos con los nuevos conocimientos a aprender.

En la fase de introducción de conocimientos se planteó presentar al alumno situaciones progresivamente más abstractas comenzando por las más intuitivas, a manera de que más alumnos aprendieran o se acercaran al nuevo modelo con un nivel de abstracción mayor al que tenían al inicio.

Por tanto, durante esta fase se realizaron actividades didácticas y la actividad experimental en la que ocurriera la obtención de datos experimentales por parte de los alumnos que permitieran

la comprobación de sus predicciones iniciales. La profesora introdujo los conceptos del tema que explican el fenómeno observado inicialmente en un extracto de hojas verdes.

Cabe destacar que durante esta fase ocurrió la interacción con los alumnos (interacción profesora-alumno) y entre compañeros (interacción alumno-alumno), con el fin de que se contrastaran ideas, tanto entre alumno, como el contraste de los conocimientos previos con los presentados, situaciones que permitieran al alumno dirigir su propia actividad (Tacca, 2011).

Por último, la fase de aplicación tuvo como finalidad que el alumno interpretara lo presentado en un extracto de hojas amarillas, fenómeno que incluye los mismos conceptos ya discutidos y explorados en la fase anterior de la estrategia para el extracto de hojas verdes (Lawson *et al.*, 1989).

El Ciclo de Aprendizaje fue modificado tomando en cuenta el tiempo para lograr los propósitos y aprendizajes del Colegio que guiaron la estrategia, plasmados en su programa de estudios para Biología I.

De esta manera los propósitos que guiaron el diseño de la estrategia, retomando los establecidos en el programa, fueron los siguientes:

“Objetivo general: El alumno comprende que la fotosíntesis es un proceso de transformación de energía luminosa en energía química.

Declarativos

- Identifica a los pigmentos fotosintéticos como factores importantes en la captura de energía.
- Define conceptos principales del proceso de fotosíntesis.

Procedimentales

- Compara la actividad fotosintética en hojas amarillas y hojas verdes a través de una actividad experimental.
- Registra y describe sus observaciones identificando características de la actividad fotosintética.
- Explica claramente con base en conocimientos o resultados”.

Es importante mencionar que de estos objetivos se desprendieron objetivos particulares para cada sesión, los cuales guiaron las planeaciones didácticas que sirvieron en la aplicación de la estrategia frente a grupo.

4.3.2 Instrumentos de evaluación y recursos educativos

4.3.2.1 Cuadro POE

Con respecto a la evaluación de la estrategia, se empleó el instrumento POE para evaluar las habilidades que se trabajaron en las fases del Ciclo de Aprendizaje, en cuanto a sus fases de Exploración, Introducción de conocimientos y Aplicación.

La selección del instrumento POE, se realizó debido a que permite conocer las ideas iniciales de los alumnos con respecto a un tema, promueve la discusión, motiva a los alumnos a explorar conceptos y ayuda a los estudiantes a comprender conocimientos científicos (White y Gunstone, 1992).

El uso del instrumento siguió una secuencia en la que se elaboró una predicción (P) basada en los conocimientos e ideas previas, actitudes y creencias con los que interpretan fenómenos científicos, una vez que la hicieron se procedió a la observación (O) en donde se retomaron las predicciones y se revisó si éstas estuvieron de acuerdo con la observación. Finalmente, los alumnos dieron explicaciones (E).

De forma individual, los alumnos elaboraron y escribieron una predicción (P) basada en los conocimientos e ideas previas, actitudes y creencias con los que interpretan el fenómeno de fluorescencia (Anexo 4) observado a través de una demostración experimental con un extracto de hojas verdes al que se le hizo incidir un haz de luz. Posteriormente se preguntó sobre lo que pasaría en un extracto de hojas amarillas. Los alumnos realizaron predicciones iniciales que sirvieron de comparación con las explicaciones finales al terminar la aplicación de la estrategia. Por tanto, la evaluación de las habilidades procedimentales de observación, predicción y explicación, se realizaron mediante la comparación de las observaciones y explicaciones finales con las predicciones iniciales, escritas en el cuadro POE.

4.3.2.2 KPSI (*Knowledge and Prior Study Inventory*)

Para la evaluación de las habilidades cognitivas fue utilizado un Inventario de conocimientos tipo KPSI (*Knowledge and Prior Study Inventory*) por sus siglas en inglés, el cual sirvió de autoevaluación de conocimientos declarativos y procedimentales. Este instrumento se construyó con conceptos identificados como fundamentales para la comprensión del tema y su nivel de dominio (Anexo 6). Además, se incluyeron las habilidades procedimentales relacionadas con la predicción, observación y explicación, las cuales se propone desarrollar la estrategia.

Este instrumento permitió comparar los dos momentos cognitivos del estudiante, al ser aplicado antes de desarrollar la estrategia y después de concluir la misma.

Con el fin de verificar las respuestas de la autoevaluación en el pre test, se llevó a cabo una actividad diagnóstica que incluye la lectura de un texto y preguntas asociadas con respecto a conceptos de: energía electromagnética, pigmentos, materia orgánica e inorgánica, reactivos y productos de la fotosíntesis.

La introducción de conocimientos sobre la fase luminosa de la fotosíntesis constó de una actividad en equipo en la que los alumnos completaron un esquema sobre esta fase.

Se entregó el material didáctico para el desarrollo de la actividad experimental, el cual se enlista en el material didáctico mandado a los alumnos para su impresión (Anexo 9). En este material los alumnos respondieron a preguntas generadoras con respecto al contenido declarativo y procedimental necesario para la realización del experimento. Además, sirvió para la aclaración de los objetivos que guiaron la actividad experimental, que fueron:

Objetivo general: relacionar la concentración de pigmentos con la actividad fotosintética en hojas verdes (nuevas) y hojas amarillas (viejas) de una misma planta.

Objetivos específicos:

- Comparar cuantitativamente la actividad fotosintética en una hoja verde (“nueva”) y una hoja amarilla (hoja “vieja”) utilizando un medidor portátil de fluorescencia (fluorómetro).
- Comparar cualitativamente la concentración de clorofila y su emisión de fluorescencia en extractos de hojas verdes y hojas amarillas.
- Comparar cualitativamente los pigmentos y su emisión de fluorescencia en ambas hojas por separación cromatográfica.

4.3.2.3 Actividad experimental

La actividad experimental se enfocó a realizar un experimento en el que a través de la medición de la fluorescencia de la clorofila a , se conozca la actividad fotosintética en muestras de hojas amarillas y verdes, para que el alumno a su vez reconozca el papel de los pigmentos en este proceso.

El fluorómetro, Fluor Pen FP 100 (Photon Systems Instruments©, Czech Republic), es un equipo disponible en el Colegio y permite realizar mediciones de forma no invasiva y con un tiempo de respuesta corto. Además, la medición de la fluorescencia de la clorofila a es eficiente porque hace uso de una luz de medición de alta intensidad ($3000 \mu\text{moles de fotones/ m}^2\cdot\text{s}$) y un sistema

de detección muy selectivo para distinguir entre la fluorescencia excitada por la luz de medición (cosecha de la fluorescencia de la clorofila a) y las señales de la luz ambiental.

Conocemos que la liberación fotosintética de oxígeno es un proceso que está directamente relacionado con la absorción de la energía lumínica y el transporte electrónico en la membrana tilacoidal. Estos procesos pueden ser monitoreados a través de la emisión de fluorescencia de la clorofila a del Fotosistema II (PSII). La relación entre la emisión de fluorescencia de la clorofila a del PSII y el proceso fotosintético es directa. La energía luminosa absorbida por las moléculas de clorofila puede liberarse por tres vías:

- 1.- Puede ser usada para impulsar el proceso fotosintético (fotoquímico).
- 2.- Puede ser disipada como calor.
- 3.- Puede ser remitida como energía luminosa (fluorescencia) de menor energía.

Estos tres procesos ocurren simultáneamente y por lo tanto “compiten” entre sí, de tal forma que el incremento en la eficiencia de uno de ellos resultará en la disminución de los otros dos. La medición de la emisión de la clorofila a , provee información de la absorción, distribución y utilización de la energía electromagnética para llevar a cabo el proceso fotosintético (González *et al.*, 2008).

En este sentido, la función del docente durante la actividad experimental fue la de promover que el alumno desarrolle habilidades de observación en cuanto a la identificación y comparación de características en las hojas colectadas como muestra para el experimento, durante el desarrollo de este, guiando a los alumnos para que ellos mismos expliquen lo que realizan y así como para la verificación del registro de resultados.

Posteriormente, los alumnos discutieron las explicaciones acerca de lo observado durante la actividad experimental para dar en el pleno una explicación por equipo. En este proceso la negociación de significados es muy importante por lo que se evaluó a cada equipo a través de la observación del desarrollo de las discusiones y la colaboración, además de dar tiempo suficiente para que llegaran a acuerdos.

Finalmente se evaluó la relación que los alumnos establecen de los pigmentos con la actividad fotosintética a través de las dos explicaciones a la actividad experimental:

- Explicación final de pigmentos en ambos tipos de hojas
- Explicación a la actividad fotosintética en ambos tipos de hojas

4.3.2.4 Actividades didácticas

Las actividades didácticas tuvieron como objetivo principal fomentar la evaluación diagnóstica y formativa de los alumnos, además de tener como finalidad que el alumno interaccionara con la información (Díaz y Hernández, 2010) y el trabajo colaborativo. Cada una de las actividades didácticas se guío por los objetivos particulares para la planeación de cada sesión y que se desprendieron de los propósitos generales de la estrategia.

La Actividad 1 (Anexo 7) se inició mediante la pregunta dirigida de “¿Por qué las hojas de los árboles cambian de color en otoño?”. Esta actividad permitió realizar preguntas dirigidas para identificar preconcepciones (Campanario y Otero, 2000; Calixto y García, 2011) relacionadas con los conceptos a abordar como:

- 1.a. ¿Qué se requiere para que ocurra el proceso de fotosíntesis?
- 1.b. ¿Cuál es la función de cada uno de los elementos mencionados?

- 2.a. ¿Qué es la clorofila?
- 2.b. ¿Cuál es su función?

La última sesión se enfocó en el desarrollo de una actividad sobre el ciclo de Calvin (Anexo 3.6) en donde se retomaron las moléculas de energía obtenidas durante el proceso de fotosíntesis para la fijación de dióxido de carbono en carbohidratos, destacando la importancia de la disponibilidad de esta molécula orgánica en el ambiente.

4.3.2.5 Video

Se conoce que las representaciones visuales son esenciales para la comunicación de ideas en ciencia, principalmente porque se pueden representar objetos, procedimientos o procesos cuando no se tiene posibilidad de tenerlos en su forma real o tal y como ocurren (Ryoo y Linn, 2012), en este caso se presentó un video que permite observar aspectos básicos sobre la fisiología de las plantas y su relación con la nutrición, ubicando al cloroplasto como organelo de transformación de energía dentro de la planta.

Se consideró esencial la inclusión de este material como parte de la estrategia, debido a que permite a los alumnos que se involucren en un aprendizaje activo integrando la representación visual de diversos conceptos a sus conocimientos previos (Clark y Mayer, 2007). Además, el

video permitió la realización de preguntas dirigidas a los alumnos que sirvieran de evaluación sobre los conceptos abordados hasta este momento de la estrategia.

4.3.2.6 Cuestionario final

Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir que debe ser congruente con el planteamiento del problema en la investigación.

De acuerdo con los objetivos de la investigación, en cuanto a conocer la comprensión de los conceptos relacionados con el tema de fotosíntesis como proceso de transformación de energía y de las actividades experimentales como actividad que propiciara dicha comprensión, se elaboró un cuestionario de preguntas abiertas, que no delimitara de antemano las alternativas de respuesta y que permitiera verificar las respuestas dadas al instrumento KPSI a través de la expresión escrita que se trabajó también mediante el Cuadro POE (Hernández-Sampieri *et al.*, 2010).

Por tanto, se aplicó un cuestionario de preguntas abiertas de manera individual, que consistió cuatro preguntas que se construyeron a partir de los propósitos y contenidos del programa de Biología I, Unidad 2: Transformación de energía.

4.4 Fase de intervención

La aplicación se realizó en siete sesiones, las cuales se describen brevemente a continuación. En cada una se presenta el objetivo que guió la sesión y las actividades llevadas a cabo por los alumnos.

4.4.1 Primera sesión

Lunes, 13 de noviembre de 2017. 7:15-9 am. Aulas provisionales del plantel Vallejo

La primera sesión se enfocó a que el alumno identificara a la clorofila como pigmento principal en la transformación de energía (Anexo 3.1). Al tener este objetivo, se realizó una demostración experimental de fluorescencia de la clorofila, al hacer incidir un haz de luz a un extracto de hojas verdes para que los alumnos predijeran de forma individual lo que esperaban ver en una muestra extraída de hojas amarillas. Los alumnos escribieron de forma individual las

predicciones y observaciones en su cuadro POE. Se realizó el pre-test de forma individual y la Actividad 1 (Anexo 7) en equipo, que se inició mediante la pregunta dirigida de “¿Por qué las hojas de los árboles cambian de color en otoño?”. La actividad se evaluó mediante preguntas dirigidas.

4.4.2 Segunda sesión

Miércoles, 15 de noviembre de 2017. 7:30 a 9 am. Laboratorio SILADIN CREA.

Esta sesión se enfocó al desarrollo de la actividad experimental “Pigmentos fotosintéticos y actividad fotosintética en plantas” (Anexo 9) para lograr que el alumno relacione la concentración de pigmentos con la actividad fotosintética en hojas verdes y hojas amarillas de la misma planta (Anexo 3.2).

Se realizó la medición de la fluorescencia en hojas verdes y amarillas con un fluorómetro Fluor Pen FP 100, para posteriormente relacionar los valores numéricos obtenidos con la fluorescencia reflejada en color rojo en las muestras de clorofila extraída con acetona de ambos tipos de hojas. Además, se compararon pigmentos como carotenoides, clorofila *a* y *b* de forma cualitativa y su emisión de fluorescencia en ambos tipos de hojas, mediante separación cromatográfica.

Las observaciones realizadas se escribieron en el cuadro POE de forma individual (Anexo 4) y registraron los resultados en su material impreso para la actividad experimental (Anexo 9).

4.4.3 Tercera sesión

Viernes, 17 de noviembre de 2017. 7:30-8:00. Aula provisional

La sesión estuvo enfocada a desarrollar en los alumnos habilidades de observación y explicación, además de negociación en el trabajo en equipo, a través de una actividad en la que se respondiera a preguntas sobre la metodología realizada en la actividad experimental y los fundamentos de las técnicas en el laboratorio. La actividad se evaluó mediante observación del trabajo en equipo y al final de la sesión se retomaron las respuestas y se hizo la aclaración de dudas (Anexo 3.3).

4.4.4 Cuarta sesión

Miércoles, 22 de noviembre de 2018. 7:15-9:00 am. Aula provisional.

Se compararon las predicciones iniciales a lo que los alumnos esperaban ver en el experimento con la muestra de hojas amarillas y las observaciones registradas en la actividad experimental. Los resultados cualitativos se discutieron de forma grupal en esta sesión.

Posteriormente se realizó una actividad en equipo (Anexo 8) sobre la fase dependiente de la luz, en la que se destaca al cloroplasto como organelo en donde se realiza esta transformación de la energía.

También esta sesión se enfocó a retomar conceptos clave como: fotofosforilación, reducción, oxidación, ATP y NADPH, además de corregir errores y aclarar dudas (Anexo 3.4).

4.4.5 Quinta sesión

Viernes, 24 de noviembre de 2017. Sala de audiovisuales SILADIN. 7:20-8 am

Con el uso de un video sobre nutrición vegetal se evaluó la comprensión de los conceptos abordados en la actividad previa sobre la fase dependiente de la luz (Anexo 3.5), mediante preguntas dirigidas para la descripción del proceso observado.

El video empleado permite ver cómo es la fisiología de las plantas y su relación con la nutrición. Además, ubica al cloroplasto como organelo de transformación de energía dentro de la planta.

4.4.6 Sexta sesión

Lunes, 27 de noviembre de 2017. Aula provisional. 7:30-9 am.

Se hizo una evaluación por medio de preguntas dirigidas para retomar los productos de la fase dependiente de la luz en la fotosíntesis. Posteriormente, se realizó una actividad sobre el Ciclo de Calvin (Anexo 3.6) con el fin de que los alumnos identifiquen el uso de las moléculas de energía de la fase dependiente de la luz para la producción de compuestos como la glucosa.

4.4.7 Séptima sesión

Miércoles, 29 de noviembre de 2017. Aula provisional. 7:30-9 am.

Esta última sesión se enfocó a hacer un resumen con los alumnos sobre todo el proceso de fotosíntesis a través de completar por medio de preguntas dirigidas, la ecuación general de la fotosíntesis (fase dependiente de la luz y fase independiente).

Se retomaron los resultados cuantitativos de fluorescencia y se dio una explicación sobre las mediciones que realiza el fluorómetro. Una vez que se aclararon dudas, los alumnos en equipo explicaron los resultados obtenidos para escribirlo de forma individual en su actividad experimental y para dar una explicación final en su cuadro POE. Finalmente se realizó la aplicación del post-test (Anexo 3.6).

4.5 Evaluación de la estrategia

A partir de las respuestas del KPSI previo y posterior a la intervención frente a grupo, se obtuvieron los porcentajes de afirmación al estudio de los conceptos o de la práctica de la actividad.

Con el fin de verificar la comprensión de la fotosíntesis como proceso de transformación de energía luminosa en energía química en cuanto al contenido declarativo, se analizaron los resultados con base en las respuestas dadas al cuestionario de preguntas abiertas y a la actividad experimental.

El cuestionario de preguntas abiertas fue elaborado con la intención de evidenciar de forma argumentativa, en qué medida los estudiantes comprendieron y la estrategia pudo contribuir a ello.

De acuerdo con Hernández-Sampieri *et al.*, se siguió el siguiente procedimiento para cerrar las preguntas abiertas del cuestionario:

1. Se analizaron todos los cuestionarios respondidos por los alumnos del grupo en el que se realizó la investigación.
2. Se observó la frecuencia con que aparece cada respuesta a las preguntas.
3. Se hizo una clasificación de las respuestas en rubros, de acuerdo con un criterio lógico, cuidando que fueran mutuamente excluyentes.

4. Se dio un nombre o título a cada rubro para tener un patrón general de respuesta.
5. Se obtuvo el porcentaje de frecuencia de las respuestas para cada rubro.

Debido a que la estrategia educativa tuvo su fundamento en el constructivismo para su diseño, la evaluación de las habilidades tuvo su fundamento en estos principios a través del uso de una rúbrica.

La rúbrica es un instrumento de evaluación que permite recabar datos para investigaciones, así como para proporcionar información útil en el desempeño docente y su función de tutor. La rúbrica se basa en una escala cuantitativa o cualitativa asociada a criterios preestablecidos que permite valorar conocimientos, habilidades y actitudes. La rúbrica consiste en una matriz de valoración que se compone de dos ejes. Las columnas del eje vertical especifican el parámetro que será evaluado y en el eje horizontal se registran los diferentes niveles de desempeño, lo que permite asignar un mayor o menor puntaje según lo demostrado por el alumnado (Hernández, 2012).

Por tanto, la evaluación de las habilidades de predicción, observación y explicación se realizó con el uso de una rúbrica, en la que se incluyeron categorías con relación a las subhabilidades necesarias para su desarrollo en diferentes niveles (Anexo 5).

De esta forma se obtuvieron las calificaciones para cada una de las habilidades de los cuadros POE de 16 alumnos. Se compararon los promedios de calificación previa y posterior a la intervención frente a grupo.

Se realizó una prueba T de Student a los promedios obtenidos, con el fin de conocer si hay una diferencia estadísticamente significativa en el dominio de las habilidades previo y posterior a la estrategia, principalmente de la observación y explicación, las cuales se trabajaron durante toda la intervención a partir de la demostración experimental inicial.

Para la prueba de hipótesis se establecieron las siguientes hipótesis:

H_0 = No hay diferencia entre las medias de calificación de la habilidad previa y posterior a la estrategia.

H_a = Hay diferencia entre las medias de calificación de la habilidad previa y posterior a la estrategia.

Cabe señalar que, en la evaluación de las estrategias tanto de enseñanza como de aprendizaje, se deben tomar en cuenta los elementos que pudieran ser identificados a lo largo del proceso y están presentes de diversas formas. La investigación educativa no se limita a estudiar el proceso en el intento de evaluar lo que sucedió con la estrategia que se llevó a cabo. Por lo tanto, además de considerar los cuestionarios, cuadros POE y actividades escritas, se tomaron en cuenta los eventos, sucesos y elementos que ocurrieron durante el proceso.

En este sentido, además de los instrumentos utilizados como evaluación formal, se realizó en todo momento una evaluación continua de manera visual, verbal y a través de comentarios a los alumnos que sirviera como evaluación formativa.

Asimismo, se registraron observaciones sobre lo ocurrido al final de cada sesión, que permitió tener información para realizar el análisis de los resultados.

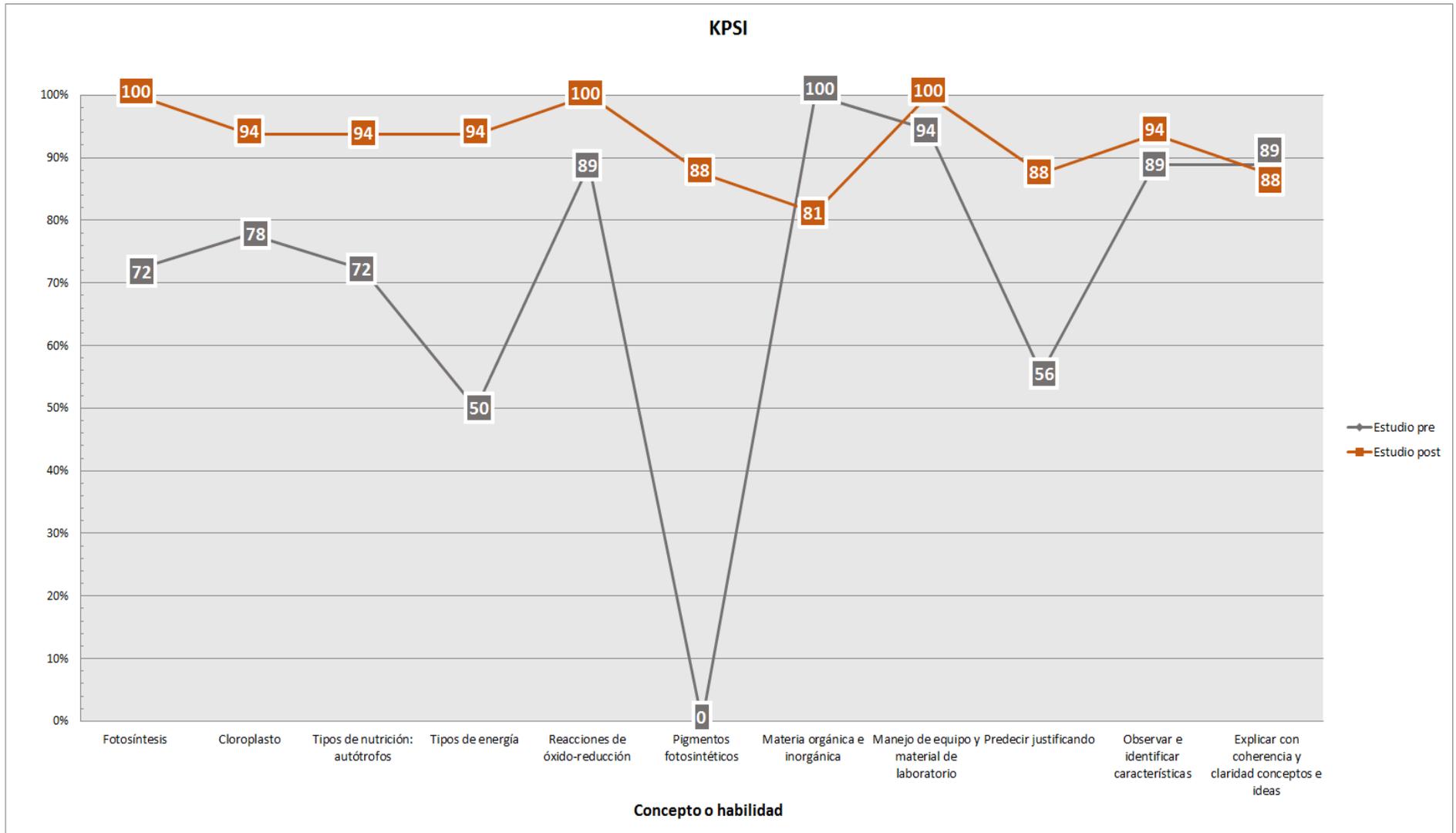
RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente, se utilizó un inventario de conocimientos tipo KPSI como test para conocer los conceptos y habilidades manejados por los alumnos previo y posterior a la estrategia. De acuerdo con los resultados obtenidos se aprecia que posterior a la estrategia hubo un cambio en la autoevaluación de los alumnos en cuanto al estudio o práctica de conceptos y habilidades (*Gráfica 1*).

De todos los conceptos, ningún alumno mencionó haber tenido un estudio previo del concepto de “pigmento fotosintético”. Otro de los conceptos desconocido por la mitad de los alumnos fue el de “tipos de energía”.

Por otro lado, los conceptos con estudio previo por la mayor parte de los alumnos son los de “materia orgánica e inorgánica” y “reacciones de óxido-reducción”, con el 100% y 89% de mención por los alumnos. Del 70 al 80% de los alumnos mencionan tener una práctica previa de los conceptos de “fotosíntesis”, “cloroplasto” y “tipos de nutrición: autótrofos”, la cual aumenta hasta en 100% en el caso del concepto de fotosíntesis, según la autoevaluación de los alumnos.

De las habilidades, más de la mitad del grupo expresó tener la menor práctica en predecir justificando, la cual se evaluó con mayor práctica después de la estrategia (88%).

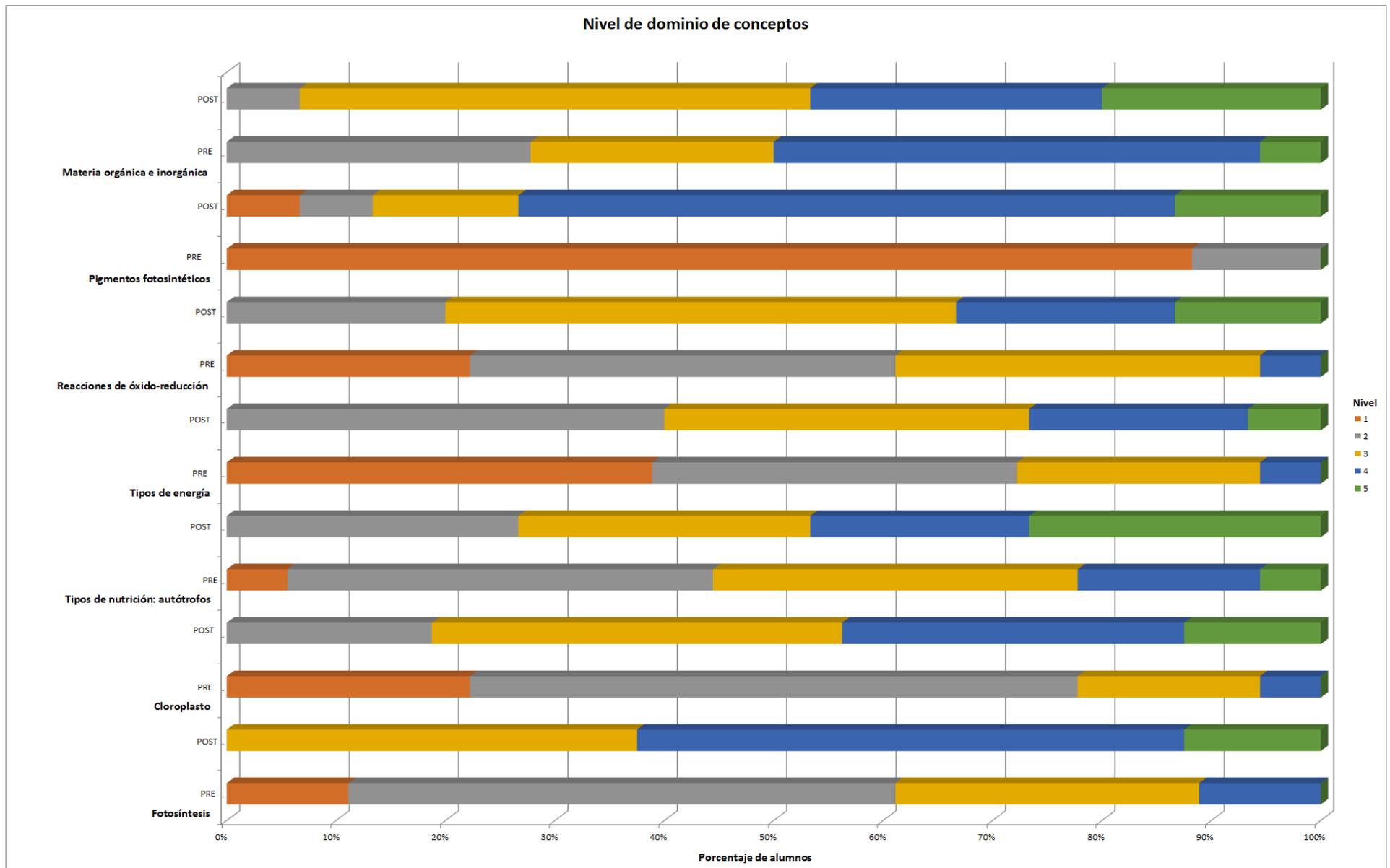


Gráfica 1. Comparación de resultados del pre-test y post-test, donde se aprecia el cambio en el estudio o práctica de conceptos y habilidades previo y posterior a la intervención.

Además de tener información sobre el estudio previo de los conceptos por parte de los alumnos, ellos auto evaluaron su nivel de dominio previo y posterior a la aplicación de la estrategia (*Gráfica 2*).

En cuanto al nivel de dominio de cada uno de los conceptos, más del 70% de los alumnos mencionaron tener niveles de dominio entre 1 y 2 que corresponden al desconocimiento de los conceptos de “pigmentos fotosintéticos”, “tipos de energía” y “cloroplasto”, diferente a lo mencionado después de la estrategia, en donde más de la mitad el grupo o cerca de la mitad, expresa comprender o dominar el concepto como para enseñarlo a un compañero. Es el caso de los conceptos de: “pigmentos fotosintéticos”, con el 73% de alumnos que mencionan tener los niveles de dominio más altos; “fotosíntesis” con 63%; “materia orgánica” y “tipos de nutrición: autótrofos” con 47% respectivamente y “cloroplasto” con 41%.

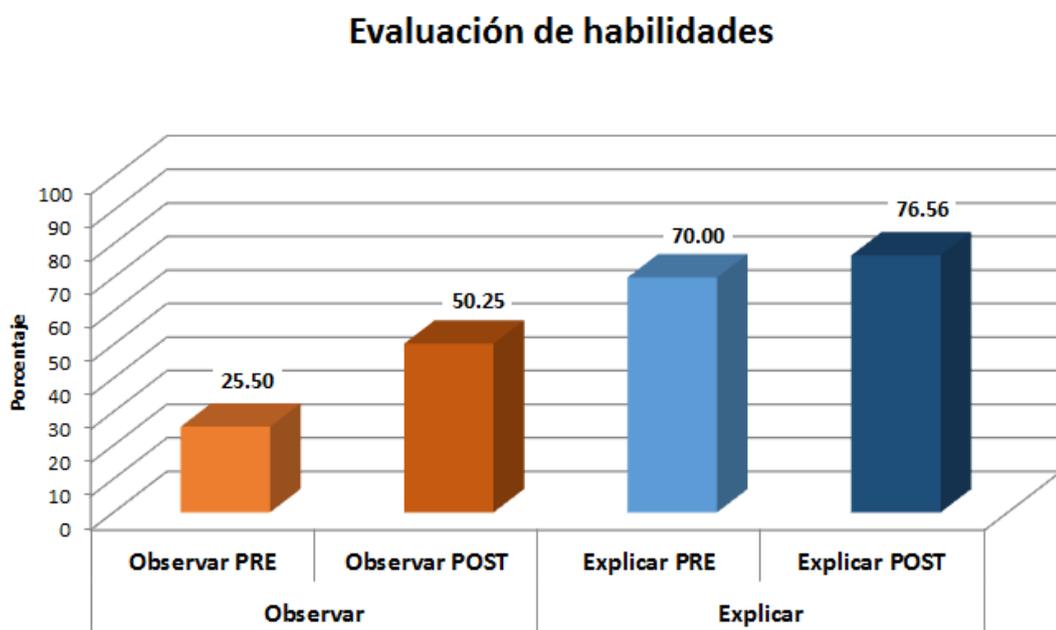
El único concepto que presentó un menor porcentaje de estudio posterior a la estrategia fue el de “materia orgánica e inorgánica”, sin embargo, el 95% de los alumnos mencionan tener niveles más altos de dominio en el post-test.



Gráfica 2. Comparación de resultados del pre-test y post-test con respecto al nivel de dominio de conceptos.

En cuanto a las respuestas del KPSI a las habilidades, la habilidad de predecir justificando tuvo un 56% de práctica previa comparado con un 88% de práctica después de la estrategia.

La evaluación de las habilidades en el trabajo del cuadro POE, por medio de una rúbrica (Anexo 5), permitió conocer los porcentajes de calificación grupal para cada habilidad antes y después de la intervención. Los resultados se presentan en la *Gráfica 3*, donde se puede observar que las habilidades de observación y explicación presentaron porcentajes similares de práctica antes y después a la estrategia.



Gráfica 3. Resultados promedio de la práctica de las habilidades para observar y para explicar, previo y posterior a la estrategia.

Para comprobar si hubo diferencias estadísticamente significativas entre la práctica previa de las habilidades y la práctica posterior a la estrategia, se compararon las T de student. La habilidad de observación mostró una $T=-1.12$ y una $P= 0.280327$. La habilidad de explicación $T=-0.58$, $P= 0.570525$. Por tanto, se acepta la hipótesis nula y se asume que no hay diferencias significativas en el desarrollo de las habilidades con la estrategia.

Cabe señalar que la demostración experimental permitió identificar errores en los conocimientos previos sobre la luz. De acuerdo con las explicaciones que dos alumnos dieron a lo observado, ambos mencionaron que, al hacer incidir un haz de luz en el tubo con extracto de hojas amarillas, el reflejo se vería azul. Al preguntar sobre sus explicaciones se identificó que asociaron el fenómeno de reflejo de luz a un cambio físico que tiene relación con sus conocimientos sobre los colores complementarios. Además, mencionaron que la clorofila al ser verde es una mezcla de color amarillo y azul, y que, por tanto, al hacer incidir luz podríamos observar el color azul.

En cuanto a la evaluación diagnóstica como parte de la estrategia, se realizaron preguntas dirigidas asociadas a la primera actividad (Anexo 7), identificando las siguientes preconcepciones en los alumnos:

-Las plantas se nutren del suelo.

-La clorofila da el color verde a las hojas.

A pesar de que los alumnos mencionan al cloroplasto, la clorofila, agua, dióxido de carbono, tierra, luz, iones, enzimas, NADPH y ATP, como elementos necesarios para que se realice el proceso de fotosíntesis, se identificó que desconocen la función de cada elemento en el proceso.

También mencionan la absorción de agua por las raíces o de nutrientes desde el suelo, sin considerar la introducción de compuestos del aire a través de estomas en las hojas, ni la conducción de agua a través de las células en la planta. No asocian al agua, el dióxido de carbono y la luz en la nutrición vegetal. Además, desconocen la función de la clorofila y su ubicación en el cloroplasto, sólo mencionan que da el color verde a las hojas.

Por otra parte, tomando en cuenta que el conocimiento de los tipos de materia es necesario para la comprensión de la fotosíntesis, se pidió como parte de la evaluación diagnóstica que los alumnos clasificaran fórmulas en materia orgánica, inorgánica o moléculas de energía. Las fórmulas con más errores en la clasificación fueron: oxígeno, considerado por la mayoría del grupo como materia orgánica. Glucosa, considerada como materia inorgánica; CO₂ considerado como materia orgánica o molécula de energía; finalmente el agua fue considerada como materia orgánica por 5 alumnos. Solamente el 20% de los alumnos clasificó todas las fórmulas correctamente.

Durante la actividad experimental se realizó una evaluación diagnóstica por medio de preguntas dirigidas sobre los pigmentos fotosintéticos y a través de las descripciones solicitadas al esquema que representa la fluorescencia de la clorofila.

Es importante señalar que sólo algunos estudiantes realizaron la descripción solicitada por lo que se realizó de forma individual antes de comenzar los experimentos, identificando en los estudiantes la comprensión de la pérdida de electrones de la clorofila que suben a un nivel mayor de energía que hace a la molécula inestable para posteriormente liberar energía en forma de calor y luz, regresando a su estado inicial.

Los esquemas sobre la metodología a seguir para desarrollar la actividad experimental no se elaboraron de tarea por lo que se modificó la estrategia a que los alumnos leyeran la actividad experimental previo a realizar cada sección de los experimentos además de explicar brevemente lo que se desarrollaría para posteriormente llevarlo a la práctica.

Se identificó en los estudiantes un desconocimiento y falta de práctica en pipeteo, filtrado y cromatografía. Debido a lo anterior la siguiente sesión se enfocó al análisis sobre lo realizado durante la actividad experimental.

En la tercera sesión se pidió que los estudiantes en equipo dieran respuesta a preguntas sobre la metodología.

Se tenía planeado llevar a cabo la actividad durante 40 minutos, sin embargo, sólo se presentaron 5 alumnos en el horario de clase debido a que no todos habían sido notificados del lugar de la sesión. Posteriormente, llegó la mayor parte del grupo para formar 3 equipos que trabajaron durante 20 minutos.

Las preguntas propiciaron la discusión y análisis de la metodología realizada, de acuerdo con lo observado durante la actividad. Los alumnos retomaron aspectos de su vida cotidiana, además de conocimientos previos, para buscar dar respuesta al fundamento de las técnicas en la metodología.

Cabe destacar que en un equipo se solicitó la intervención de la maestra para lograr un acuerdo entre los integrantes del equipo durante el tiempo de discusión de la metodología y en los otros dos equipos se observó que alumnos explicaron lo ocurrido y realizado durante la actividad experimental a los compañeros que no asistieron. Esta sesión concluyó retomando las respuestas e ideas centrales de la metodología.

Durante la cuarta sesión se retomaron los resultados experimentales y el concepto de fluorescencia, lo que permitió identificar que un equipo tenía confusión sobre el concepto debido a que mencionaron que la fluorescencia se debe a la mayor cantidad de electrones en la molécula de clorofila.

Con el fin de aclarar dudas y para explicar el concepto, se retomó el esquema de la actividad experimental en el que los alumnos describieron el proceso de fluorescencia dibujándolo en el pizarrón. Algunos mencionaron que comprendieron ahora la razón de la emisión de la fluorescencia en rojo, después de aplicar la luz UV. Esta comprensión se verifica en algunas explicaciones y respuestas dadas a las preguntas dirigidas durante la sesión. Un alumno menciona en sus respuestas a la actividad experimental y al cuadro POE:

“Las hojas verdes presentan mayor actividad fotosintética ya que éstas tienen una mayor concentración de clorofila y ésta es la encargada de liberar electrones para producir toda la actividad fotosintética [...].

El pigmento de las 5 hojas amarillas sale amarillo verdoso, por la carencia de clorofila. Por esto al incidir la luz en el extracto amarillo da un color rojo muy tenue, ya que refleja los fotones de menos energía y al carecer de clorofila, no refleja mucho rojo [...].

La fluorescencia se observa color rojo debido a que la luz azul tiene más energía y la roja la que menos cuenta con esta.”

En esta sesión se empleó la actividad sobre la fase dependiente de la luz (Anexo 8), donde de acuerdo con las respuestas sólo dos equipos ubicaron a los pigmentos antena en los fotosistemas. Todos los equipos identificaron los productos de esta fase del proceso y al concluir la sesión mediante preguntas dirigidas se hizo énfasis en la producción de oxígeno y la producción de moléculas de energía (NADPH y ATP) a partir de la energía incidente de la luz.

Durante la quinta sesión se realizó una evaluación sobre lo abordado de la fase dependiente de la luz por medio de preguntas dirigidas relacionadas con la nutrición vegetal. Posteriormente se mostró un video en el que se hicieron preguntas sobre el proceso observado. Se realizó una descripción grupal del proceso a través de participaciones, identificando que el paso de una representación esquemática en papel sobre la fase dependiente de la luz a una representación en video causó confusión en algunos alumnos.

Por lo observado, se propició la guía a través de la explicación de quiénes comprendieron el esquema a los compañeros que tienen un nivel de desarrollo diferente.

La sexta sesión se enfocó al Ciclo de Calvin, en donde los alumnos respondieron a preguntas en la actividad asociadas al Ciclo (Anexo 10).

Todos los alumnos excepto dos de ellos, ordenaron correctamente el texto en el que se describe el Ciclo de Calvin. Se hicieron preguntas dirigidas a los alumnos a través de las cuáles se identificó que algunos tienen confusión en cuanto a la oxidación y reducción de las moléculas, sin embargo, se propició mediante participaciones grupales que alumnos explicaran con ejemplos los conceptos a otros compañeros.

En cuanto a mencionar los reactivos del ciclo, todos los alumnos mencionaron al CO_2 , NADPH y ATP, otro equipo mencionó que la RuBP también era necesaria, lo que permitió destacar la importancia de esta enzima en el proceso.

En cuanto al origen de los reactivos del Ciclo, todos mencionaron el mismo origen (CO_2 del aire, NADPH y ATP de la fase dependiente de la luz).

De acuerdo con las respuestas a la siguiente pregunta de la actividad:

A esta fase del proceso se le llama también fase oscura, debido a que no requiere de los fotones de la luz para que se realicen las reacciones. Consideras que la afirmación: “Las reacciones del Ciclo de Calvin las realizan los organismos solamente durante la noche” es Falsa o Verdadera. Explica.”

Todas las parejas mencionaron que la luz no es necesaria para que se lleve a cabo la fase independiente de la luz. Después de cuestionar las respuestas a los reactivos necesarios para que se realice el Ciclo, ellos mismos llegaron a la conclusión de que son necesarios el NADPH y el ATP para que se realice, por lo que puede ocurrir en la noche o en el día.

Finalmente, la última sesión se enfocó a retomar los resultados de la actividad experimental y conocer las explicaciones de los alumnos después de la introducción de los conocimientos a través de lo abordado durante las sesiones como parte de la estrategia.

De acuerdo con las observaciones realizadas durante la última sesión los alumnos clasificaron correctamente las fórmulas mostradas de la ecuación general de la fotosíntesis, en materia orgánica e inorgánica. Después de realizar preguntas con el fin de evaluar la comprensión del tema, aún una alumna mencionó que el dióxido de carbono es el compuesto que permite la liberación del oxígeno al medio ambiente. Cabe señalar que ella misma retomó el proceso visto en las sesiones anteriores y corrigió su error con los conocimientos de la fase dependiente de la luz.

Además, al preguntar sobre la importancia del proceso, los estudiantes mencionaron que la fotosíntesis es importante por la producción de oxígeno. Se reafirmó esta respuesta, mencionando que permitió a través de miles de años la formación de la atmósfera para que nosotros y todos los demás seres vivos que realizan la respiración celular podamos vivir. Se destacó la importancia de los carbohidratos que producen los organismos fotosintéticos para su estructura y nutrición, además de su papel como autótrofos.

Respuestas a la actividad experimental

En cuanto a la evaluación de la comprensión del tema a través de la actividad experimental, se obtuvieron los siguientes resultados:

De acuerdo con las respuestas a la primera pregunta, el 85% de los alumnos mencionan que la pérdida de clorofila o su disminución permite la observación de los carotenoides y es debido a esto que una planta puede presentar una coloración amarilla.

Las respuestas de todos los alumnos a la segunda pregunta mencionan a los carotenoides como pigmentos que actúan con mayor eficacia fotosintética en plantas que presentan una coloración amarilla, de acuerdo con sus resultados de la actividad experimental. Esta pregunta estuvo relacionada con el objetivo de que el alumno identifique a los pigmentos fotosintéticos como factores importantes en la captura de energía.

La última pregunta relacionada con el objetivo general de la actividad experimental de que el alumno relacione la concentración de pigmentos con la actividad fotosintética en hojas verdes (nuevas) y hojas amarillas (viejas) de una misma planta, permitió apreciar a través de las explicaciones de los alumnos, que relacionan la emisión de fluorescencia con la clorofila y la función de este pigmento en la fase dependiente de la luz.

Las siguientes son algunas de las respuestas a la pregunta “¿Qué hojas presentaron mayor actividad fotosintética? Explica tu respuesta”:

“Las hojas color verde, ya que estas presentan mayor cantidad de clorofila y por ende emisión de fluorescencia, absorbiendo la luz y convirtiéndola en energía química para la síntesis de diferentes moléculas.” Alonso

“Las hojas que presentan color verde cuentan con mayor cantidad de clorofila por lo que absorben más luz y da una mayor actividad fotosintética que las amarillas que carecen o tienen muy poca clorofila. La clorofila es quien permite la salida de electrones necesarios para la

fotosíntesis. El fluorómetro nos permite saber si se lleva a cabo el proceso, pues este regresa parte de la energía que entra en forma de luz roja, liberándola evitando que se destruyan los organismos con esto sabemos si hay clorofila para llevar a cabo la fotosíntesis.” Naomi

“Las hojas verdes presentan mayor actividad fotosintética ya que tienen una concentración mayor de clorofila y esta es la encargada de liberar electrones para producir toda la actividad fotosintética.” Xecani

“En las hojas verdes se manifiesta más fluorescencia porque entra mayor cantidad de energía al tener más clorofila. La clorofila es una sustancia que participa en el proceso de fotosíntesis como receptor de fotones, recibe los fotones que necesita para realizar todas las fases del proceso fotosintético, producir glucosa para hacer azúcares. Por el proceso de fotosíntesis nosotros los humanos obtenemos el oxígeno que necesitamos para vivir, aparte hace muchos años gracias a este proceso se pudo hacer de materia inorgánica la vida.” Andrea

Respuestas a los cuestionarios

Finalmente, el logro de objetivos se verificó con el análisis de las respuestas del tratamiento de 16 cuestionarios de preguntas abiertas, clasificando las respuestas en categorías para obtener los porcentajes correspondientes a cada categoría (Figura 10).

Para la primera pregunta cuyo propósito fue verificar si los alumnos lograron identificar los pigmentos fotosintéticos, el 25% de los alumnos mencionan a los carotenoides como pigmentos que además de la clorofila, participan en la captura de la luz.

Por otro lado, el 16% de los alumnos no mencionan a los carotenoides como pigmentos fotosintéticos, sin embargo, aclaran el concepto de clorofila al mencionar que la captura de la luz no es su única función, sino que también cede los electrones a las demás proteínas para que se realice la fase dependiente de la luz.

Distinto a lo anterior, el 25% de los alumnos afirman que la clorofila es el único pigmento para la captura de luz, debido a que tiene como función el paso de la energía de los fotones para que se realice la fase dependiente e independiente de la luz. El 21% menciona su función en la captura de energía, pero no la relacionan con el proceso o la nutrición y el 13% menciona que la clorofila no solamente captura la luz, sino que también da el color a las hojas. Estas respuestas denotan incomprensión de los pigmentos fotosintéticos.

En cuanto a la pregunta relacionada con las actividades experimentales y su ayuda a la comprensión de la transformación de la energía en la fotosíntesis, todos los alumnos afirmaron que estas actividades ayudan porque sirven para la comprobación de la comprensión de conocimientos y en el desarrollo de habilidades como la de observación.

Por lo que se refiere a la pregunta asociada al logro del objetivo de que el alumno reconozca al cloroplasto como organelo encargado de la transformación energética, el 81% de los alumnos ubicaron que la fase dependiente de la luz se lleva a cabo en la membrana del tilacoide y la fase independiente de la luz en el estroma del cloroplasto. El 19% tuvo confusión con la ubicación de los fotosistemas en la membrana del tilacoide.

De acuerdo con las respuestas a la última pregunta del cuestionario, todos los alumnos mencionaron que la estrategia ayudó a aclarar y/o comprender conceptos en relación con el tema de fotosíntesis.

Además, los conceptos más explicados fueron los siguientes: **Fotosíntesis** (16%), **pigmentos fotosintéticos** (16%), **cloroplasto** (16%), **Ciclo de Calvin** (13%), **clorofila** (11%), **fluorescencia** (9%).

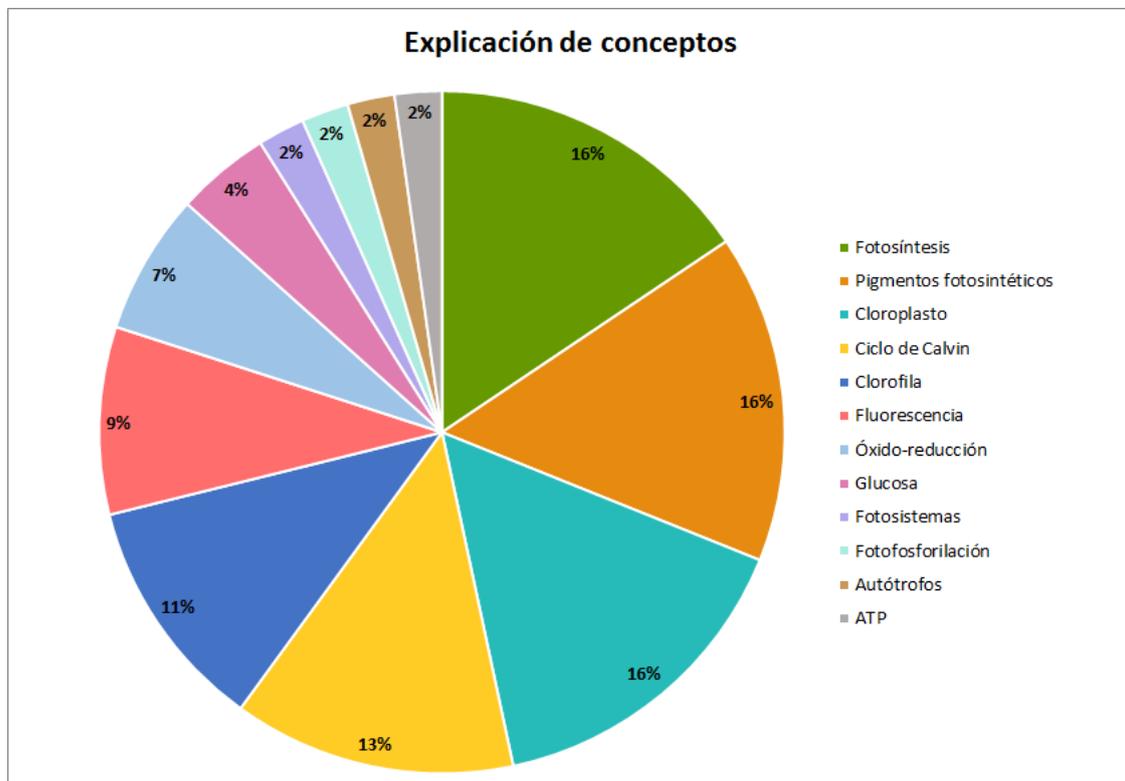


Figura 10. Porcentaje de explicación de conceptos por los alumnos al cuestionario.

Fotosíntesis: mencionan que la captura de energía en forma de fotones es necesaria para que se realice el proceso y lo ubican en el cloroplasto.

Pigmentos fotosintéticos: mencionan a la clorofila y los carotenoides dan la coloración a las hojas y participan en la captura de energía luminosa.

Cloroplasto: ubican las fases del proceso en las estructuras del cloroplasto. Mencionan que la fase dependiente de la luz se ubica en la membrana del tilacoide y la fase independiente de la luz en el estroma del cloroplasto.

Ciclo de Calvin: mencionan la fijación del CO₂ para producir glucosa y su independencia de la luz.

Es importante señalar que las definiciones de fotosíntesis se enfocan a la fase dependiente de la luz y que no se menciona su relación con el Ciclo de Calvin.

Clorofila: los alumnos lo definen como pigmento que captura fotones de luz o que da el color verde a las hojas. Algunos presentaron errores al definir la función de los tipos de clorofila *a* y *b*.

Fluorescencia: la definen como luz que libera la clorofila. A pesar de que un 9% la definió, presentan errores en la descripción sobre cómo ocurre esa liberación de energía desde la clorofila.

Óxido-reducción: concepto que mencionó el 7% de alumnos y todos lo definieron correctamente.

DISCUSIÓN

Para la evaluación de la estrategia se tomaron en cuenta los siguientes aspectos: los aprendizajes alcanzados por los alumnos, la opinión de los alumnos en cuanto al método de enseñanza utilizado y la autorreflexión de la función docente, de los materiales didácticos y de los instrumentos de evaluación utilizados.

Es importante destacar que los aprendizajes logrados por los alumnos están estrechamente relacionados con lo propuesto en el nuevo Programa de estudios para Biología I, dentro de la Unidad 2 que se propone responder a la pregunta “¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos?” a través del tema de Transformación de energía. Por tanto, la evaluación de la estrategia se realizó con respecto al propósito que guió su elaboración “que el alumno reconozca al cloroplasto como organelo participante en el cambio de energía luminosa en energía química”.

De acuerdo con lo planteado en el programa del CCH y con el fin de contribuir al logro de que los alumnos relacionen los conocimientos con su entorno, la planeación se desarrolló considerando las ideas “previas” que los alumnos tienen sobre el tema de fotosíntesis.

Dicho lo anterior y dado que el alumno es el actor principal del proceso de enseñanza–aprendizaje, la estrategia se organizó tomando en consideración su edad e intereses. Es por esto que las actividades desde el inicio (Anexo 7), estuvieron encaminadas a propiciar un cuestionamiento sistemático en relación con situaciones de la vida cotidiana, ejemplo de ello es la siguiente pregunta planteada en la primera actividad: “¿Por qué las hojas de los árboles cambian de color en otoño?”.

En este sentido, se realizaron preguntas orales o escritas durante cada sesión con el apoyo de las actividades como material didáctico, con el fin de poner en juego diversas formas de razonar para la reestructuración científica de las ideas previas (ENCCH, 2018). Una de ellas y parte fundamental de la estrategia, es la demostración experimental inicial que permitió generar respuestas y opiniones de los alumnos, además de identificar preconcepciones.

Se conoce que las preconcepciones o ideas alternativas de los alumnos respecto a los fenómenos naturales implican conceptos aprendidos significativamente erróneos o incorrectos que pueden ser fuertemente resistentes al cambio por las ideas científicas correctas o poco familiares a pesar de la instrucción, por lo que llegan a persistir aún después de que los

estudiantes han conocido alternativas científicas (Campanario y Otero, 2000; Calixto y García, 2011).

Conforme a Pozo y Gómez (1998), los orígenes de las preconcepciones son: sensorial, cultural y escolar, y serán utilizados para el análisis de las respuestas de los estudiantes.

Para comenzar el análisis de los logros de los alumnos con respecto al objetivo general, las explicaciones dadas al fenómeno observado durante la demostración experimental de emisión de fluorescencia de la clorofila nos permitieron conocer algunas preconcepciones.

Así, por ejemplo, dos alumnos esperaban observar un reflejo de luz azul al hacer incidir luz blanca en un extracto de hojas amarillas, después de haber observado la fluorescencia en rojo en el extracto de hojas verdes durante la demostración experimental y sus explicaciones son las siguientes: *“Yo creo que el extracto se vería color amarillo porque las hojas son amarillas y reflejaría un color azul. Una razón podría ser que la hoja es amarilla y que reflejaría color azul porque es un color contrario”*.

Este tipo de explicaciones para el desarrollo de una predicción permiten apreciar el desconocimiento sobre los mecanismos implicados en la observación del color, en donde de acuerdo con la teoría oponente, los conos o células fotorreceptoras en la retina del ojo, sólo pueden percibir la señal que se transmite a otras células especializadas. Estas células especializadas sólo pueden registrar la señal en pares (verde/rojo; azul-púrpura/amarillo), siendo una la que se transmite al cerebro y otra se inhibe. Esto permite concebir los colores complementarios, lo que por medio de preguntas se identificó en el alumno quiso explicar al referirse a: *“reflejaría color azul porque es un color contrario”*.

Cabe señalar que muchas de las preconcepciones de la observación del color comienzan en la educación básica. Parte de la problemática se debe a que no se considera como un tema interdisciplinario, por lo que se dan explicaciones físicas o biológicas de la luz. La explicación física comúnmente dada es que el color del objeto se debe a que una parte de la radiación visible se absorbe y se refleja el resto, siendo el color que vemos la radiación reflejada. En cuanto a las explicaciones biológicas estas se enfocan en conocer el sistema visual del observador, constituido por lentes y en el mejor de los casos, se menciona la estimulación de células fotosensibles. Ejemplo de ello son las explicaciones referentes a la absorción de ciertas longitudes de onda y reflejo de otras por el objeto, asignando un papel pasivo al sistema visual o el enfoque en la descripción del ojo como órgano compuesto por conos y bastones.

Además, esta problemática de la percepción del color se basa en la falta de formación de los alumnos en cuanto a la intervención de la luz, de los objetos y del sistema visual, ni de las interacciones entre estos elementos para la observación del color (Zelanski y Fisher, 2001).

De igual modo, la actividad inicial (Anexo 7) que sirvió de evaluación diagnóstica permitió con la ayuda de preguntas dirigidas, identificar las siguientes preconcepciones sobre la fotosíntesis: *“Las plantas se nutren del suelo”* y *“la clorofila da el color verde a las hojas”* (Calixto y García, 2011).

A pesar de mencionar al agua, el dióxido de carbono y la luz como elementos de la fotosíntesis, no los asocian a la nutrición vegetal. En cuanto al concepto de clorofila, los alumnos desconocen su función y ubicación en el cloroplasto, atribuyéndole que da el color verde a las hojas.

Lo anterior concuerda con lo mencionado por Cañal y colaboradores (2006), quienes realizaron una revisión donde se recogen las ideas alternativas más frecuentes que tienen los estudiantes en relación con la fotosíntesis en las plantas. Algunas de ellas son:

- 1) Los estudiantes piensan que las plantas a través de las raíces obtienen todo su alimento desde el suelo.
- 2) No hacen mención de la clorofila o no saben cuál es su función.
- 3) En general no mencionan los procesos de transformación de la energía.

De las respuestas al cuestionario final como parte del post-test sobre conceptos centrales o fundamentales para la comprensión de la fotosíntesis, se aprecia que para la primera pregunta relacionada con la identificación de la función de los pigmentos fotosintéticos, el 25% de los alumnos mencionan a los carotenoides. Por otro lado, el 41% de los alumnos, a pesar de no mencionar a los carotenoides como pigmentos que participan en el proceso, demuestran comprensión del concepto de clorofila al mencionar que la captura de la luz no es su única función, sino que también cede los electrones a las demás proteínas para que se realice la fase dependiente de la luz, respuesta diferente a las respuestas iniciales en las que solamente se menciona que *“da el color verde a las hojas”*.

El otro 34% de los alumnos no tuvo claro el concepto de clorofila, ya que el 21% mencionó la función de la clorofila en la captura de energía, pero no la relacionan con el proceso o la nutrición y un 13% menciona que la clorofila no solamente captura la luz, sino que también da el color a las hojas.

Estas respuestas denotan que a diferencia del concepto previo, los alumnos conocen a través de la estrategia que la clorofila participa en la captura de la luz, sin embargo las preconcepciones y su relación con la nutrición de las plantas pueden afectar el reemplazo por los nuevos conocimientos, apreciando que se mantiene la idea de que la clorofila da el color verde.

En cuanto a reconocer a los demás pigmentos fotosintéticos en la captura de la luz, los alumnos engloban a la clorofila y los carotenoides como pigmentos que dan la coloración a las hojas y participan en la captura de energía luminosa.

Lo anterior es diferente a lo mencionado por Villanueva en 2018, donde después de la aplicación de una estrategia para el tema de fotosíntesis, el concepto de carotenoides no es muy significativo para los alumnos, ya que en mapas conceptuales no lo vinculan correctamente con otros conceptos a los cuáles están subordinados.

Con respecto al conocimiento de los tipos de materia que es necesario para el tema de fotosíntesis los resultados de la evaluación diagnóstica demuestran que solamente el 20% de los alumnos clasificó todas las fórmulas correctamente.

Esto puede estar relacionado al desconocimiento de las fórmulas químicas de los compuestos, sin embargo, aun cuando los alumnos reconocen a qué corresponde cada fórmula, el oxígeno cuya fórmula no es muy compleja, fue considerado por la mayoría del grupo como materia orgánica. En cuanto al CO_2 , este fue considerado como materia orgánica o molécula de energía y el agua fue considerada como materia orgánica por 5 alumnos.

Estos errores conceptuales pueden estar relacionados con ideas fuertemente arraigadas desde la educación básica o por la información que se presenta en libros de texto, donde la simple mención de los nutrientes (agua, CO_2 y sales minerales), y la especificación casi siempre declarativa de la reacción química, tanto a nivel celular como pluricelular, no es suficiente para la comprensión del proceso de fotosíntesis, ya que encierra un importante grado de abstracción, sobre la que los estudiantes elaboran concepciones alternativas bien conocidas como la exclusión del CO_2 como nutriente, aspecto detectado en alumnos de Secundaria e incluso Bachillerato, lo que posiblemente se relacione con la persistencia de ciertas dificultades para concebir el aire y los gases como materia (González *et al.*, 2003).

Sin embargo, se considera que las actividades como parte de la estrategia permitieron trabajar en conocimientos como los de materia orgánica e inorgánica. Esto se relaciona con la

observación del grupo al solicitar clasificar fórmulas en la ecuación de la fotosíntesis presentada en la última sesión y por los resultados al KPSI. De acuerdo con este tipo de autoevaluación de los alumnos, el único concepto en el que los alumnos mencionaron tener un menor porcentaje de estudio posterior a la estrategia fue el de “materia orgánica e inorgánica” pero con el 95% de los alumnos con niveles más altos de dominio.

Es importante mencionar que la actividad experimental como enfoque para la comprensión de la fotosíntesis como proceso de transformación de energía, permitió la identificación de preconcepciones relacionadas con conceptos biológicos y conceptos físicos como los de luz y energía.

Según Pérez y Marbà en 2016, los alumnos perciben la energía en los contextos biológicos como algo completamente distinto a la energía en los contextos físicos, asociando el término de energía a movimientos visibles, propios de los seres vivos, o a aparatos técnicos relacionados con usos humanos.

Se conoce que en biología el tratamiento del concepto de energía como resultado de reacciones que tienen lugar en los seres vivos o de almacenaje hasta que se necesite y posteriormente recargar, cuestiona aspectos básicos y sus características de transferencia, degradación, transformación y conservación. Estas características de la energía o la universalidad de los procesos químicos se consideran más adecuados a tratar en los currículos de física y química.

Por tanto, se sabe que los estudiantes llegan a la EMS sin comprender el concepto de energía en biología, ya que en la educación básica no se promueve una interpretación más física del contexto biológico. Se considera que los conceptos físicos permitirían una comprensión más completa e integrada de la biología para la comprensión de conocimientos como la fosforilación oxidativa o de las pirámides alimenticias en ecología, entre otros conceptos básicos (Pérez y Marbà, 2016).

Cabe destacar que en la enseñanza de la biología, se debe contemplar qué intercambia el ser vivo, o una célula particular, con el entorno. Haciendo especial énfasis en aquellos aspectos que resultan «invisibles» para los estudiantes, esto debido a que se conoce que en la comprensión de la ciencia sus concepciones se centran, casi exclusivamente, en lo observable, con un pensamiento “dominado por lo perceptible”. Así, la luz sólo existe cuando sus efectos son observables. De esta forma, los alumnos parecen partir de una regla que afirmarían algo así como: “lo que no se percibe, no se concibe” (Driver *et al.*, 1985).

Por consiguiente, se considera necesario el estudio de temas complementarios como son el estudio de la luz como parte de la Física y desde la Química, el estudio de los tipos de reacciones metabólicas y de tipos de materia, así como concebir la energía desde la Biología y sus características, principalmente la de transformación y conservación en los sistemas biológicos que son necesarios para la comprensión del proceso de fotosíntesis (Pérez y Marbà, 2016; Villanueva, 2018)

En cuanto al logro del objetivo con respecto a la comprensión de la fotosíntesis, sabemos que este concepto que está asociado a un proceso fue de los más definidos por los alumnos en la última pregunta del cuestionario y la definen como un proceso de captura de energía en forma de fotones, además de ubicarlo en el cloroplasto.

Así mismo, el reconocimiento del cloroplasto como organelo encargado de la transformación de energía, se logró que los alumnos ubiquen las fases del proceso en las estructuras del cloroplasto. El 81% de los alumnos ubicaron que la fase dependiente de la luz se lleva a cabo en la membrana del tilacoide y la fase independiente de la luz en el estroma del cloroplasto.

Por el contrario, el 19% tuvo confusión con la ubicación de los fotosistemas en la membrana del tilacoide. Esto se relaciona con lo observado durante las sesiones, en donde los alumnos tuvieron confusión al ubicar a los pigmentos fotosintéticos como parte del complejo antena y del centro de reacción, por tanto también de ubicar a los fotosistemas en la membrana del tilacoide.

Al hacer un análisis sobre el material didáctico empleado y por las observaciones realizadas, probablemente los alumnos tuvieron confusión de la ubicación de los fotosistemas al pasar de una representación de los fotosistemas en el material impreso a una representación a través de un video. A pesar de hacer preguntas que sirvieran para hacer esta transición de una representación a otra por medio de asociaciones y destacando las funciones de los elementos mostrados en el video, los alumnos no los ubicaron.

Es posible que el material didáctico impreso en el que se muestran representaciones estáticas de los procesos y el cual se usó durante la mayor parte de la estrategia, haya reforzado la concepción de que las reacciones químicas ocurren instantáneamente, sin incluir la ruptura y formación de enlaces, por lo que al mostrar una representación en movimiento se requiere de más tiempo para la identificación de cada elemento en el proceso y de las reacciones que permitan la comprensión de la transformación de la energía.

La falta de tiempo durante la sesión aunado a la disposición de la sala para la observación de este material dinámico son imprevistos que se pueden corregir al dejar actividades de tarea que permitan el análisis sin dejar de trabajar las habilidades de predicción, observación y explicación. Sin embargo, se considera que de tener los recursos y el tiempo disponible esta parte de la estrategia es fundamental, ya que los alumnos al estar en el aula pueden comentar sus observaciones y puedan comparar sus ideas en pequeños grupos para superar posibles carencias en el material visual presentado (Tacca, 2011; Ryoo y Linn, 2012).

En este sentido se identifica que parte fundamental de esta estrategia reside en enfocar esfuerzos en superar las dificultades existentes para que los estudiantes relacionen los fenómenos macroscópicos (en este caso la fluorescencia de la clorofila) con una explicación submicroscópica (excitación de los electrones de la clorofila).

Por tanto, se propone que posterior al análisis de videos sobre el proceso, se realice una actividad donde los alumnos construyan un modelo con materiales, donde puedan manipular sus propias representaciones de los conceptos, en este caso del centro de reacción y el complejo antena- estructuras fundamentales- para transformar la energía así como para la integración de otros conceptos para la comprensión del proceso de fotosíntesis (Ross *et al.*, 2005).

Es importante mencionar que la estrategia a través del enfoque en la actividad experimental, contribuye y proporciona elementos útiles en la concepción de la fase dependiente de la luz en cuanto a la primera reacción fotoquímica. Esta parte del proceso se concibe por 9% de los alumnos debido a que uno de los conceptos a definir al final de la estrategia es el de fluorescencia de la clorofila, como la luz que libera este pigmento cuando el electrón excitado pasa de un nivel energético a su nivel basal de energía y mencionan que el papel de la luz en la primera reacción fotoquímica es elevar la energía de los electrones en la clorofila. Algunos de ellos mencionan que después de esto se inicia la fase química celular, llevando los electrones excitados a través de proteínas.

Cabe destacar que en la última sesión, cuando los alumnos participaron para completar la ecuación general de la fotosíntesis, algunos de ellos lograron relacionar la producción de oxígeno a partir del agua, al retomar los conocimientos abordados en sesiones anteriores. Ejemplo de ello fue que una alumna mencionó que el oxígeno se produce gracias al dióxido de carbono y posteriormente ella misma hizo la corrección de su participación mencionando que proviene del agua.

Por las definiciones del cuestionario como post-test se aprecia que la fotólisis no se menciona en cuanto a que la luz actúa sobre el agua para producir radicales H que suministran el hidrógeno

para convertir el dióxido de carbono en carbohidratos, mientras que los radicales (OH) del agua, reaccionan para formar oxígeno (Rosas, 2000).

Esto puede estar relacionado a que el proceso de fotosíntesis incluye los conocimientos sobre el Ciclo de Calvin, es por esto que se dedicó una parte de la estrategia a abordarlo. A pesar de que mencionan el concepto en el cuestionario, explicando la fijación de CO₂ para producir glucosa y su independencia de la luz, hay una falta de asociación entre esta fase del proceso con la fase luminosa en las definiciones de fotosíntesis.

Así mismo, la estrategia en cuanto la actividad experimental se enfoca a la fase dependiente de la luz por lo que para lograr la asociación con la fase independiente de la luz se propone la planeación y aplicación de una actividad experimental que integre estos conocimientos.

Además, la falta de conocimiento sobre la formación de enlaces entre átomos que requiere de energía para su separación, así como la liberación de energía por la formación del enlace son algunos de los conocimientos sobre la energía que los alumnos requieren para facilitar la comprensión de las reacciones. No menos importantes son los conocimientos sobre estequiometría y se piensa que el conocimiento de la liberación de energía cuando las moléculas reaccionan para formar otras moléculas se conciba como un almacenaje en un sistema de reactivos más que en moléculas individuales o enlaces para propiciar la comprensión de la ecuación del proceso (Waldron *et al.*, 2018).

Se debe mencionar que la estrategia, conforme a los propósitos del Colegio, incorpora una actividad experimental en laboratorio, que consideraron que promueve la formación en habilidades de investigación como son la predicción, observación y explicación, de importancia en la formación de los alumnos en la EMS en cuanto al desarrollo de habilidades científicas.

Por las respuestas de los alumnos al cuestionario sobre su opinión hacia las actividades experimentales, mencionaron que éstas permiten la comprensión de conceptos, además de que les permite la participación, manipulación de material y aprenden habilidades procedimentales. Esto se relaciona con las opiniones de los alumnos en el KPSI, en donde un mayor porcentaje de alumnos menciona haber practicado las habilidades de observación y predicción, sin embargo no percibieron una diferencia en sus explicaciones. Esto puede estar relacionado con la mejora de la función docente al momento de la aplicación de la estrategia, al señalar las características de cada habilidad para propiciar que los alumnos evalúen su desarrollo durante cada sesión.

Contrario a la evaluación del trabajo en el cuadro POE, los resultados de las T de Student muestran que la habilidad de observación con una $T=-1.12$ y una $P= 0.280327$ y la habilidad de

explicación $T=-0.58$, $P= 0.570525$, no presentan diferencias estadísticamente significativas entre la práctica previa de las habilidades y la práctica posterior a la estrategia.

Una de las habilidades que los alumnos identificaron como de menor práctica o dominio en el pre-test, fue predecir justificando. Esto se relaciona con los resultados del cuadro POE, en el que obtuvieron los alumnos tuvieron la menor calificación por el tipo de explicaciones intuitivas al justificar sus observaciones.

La habilidad de predicción se pudo desarrollar durante la estrategia a través de preguntas dirigida durante la demostración experimental, sin embargo se identifica que se requiere del trabajo inicial en las justificaciones en las que la función docente proporcione ejemplos de predicciones en las que identifiquen inicialmente las condiciones en las que ocurre un fenómeno a través de la observación y su relación con las causas que lo originaron.

En cuanto a la habilidad de observación, se conoce que esta se desarrolla a partir del conocimiento del propósito con el que se mira algo. En este sentido se destacaron en cada sesión los objetivos a lograr y los propósitos de cada actividad en la que a través de preguntas dirigidas y se promovieran habilidades del pensamiento relacionadas con la observación como son las de registro y descripción, en este caso para la identificación de características durante la actividad experimental; la habilidad de comunicación a través de la expresión de respuestas de forma oral y escrita a la actividad experimental y preguntas dirigidas a la comprensión de conceptos relacionados con las observaciones. Además, la estrategia permitió el desarrollo de la comparación como habilidad de pensamiento relacionada con la observación, principalmente mediante retomar los datos de la actividad experimental para dar una explicación al final de la estrategia comparadas con las explicaciones iniciales dadas a lo observado durante la demostración experimental (Torres *et al.*, 2013).

En este sentido, cabe destacar la función docente en propiciar el trabajo en los estudiantes para el desarrollo de las habilidades como es presentar algunas características de cada habilidad y darles a conocer el objetivo de su desarrollo. Sin embargo, se reconoce que actitudes de falta de trabajo de los estudiantes o problemas de comunicación pueden estar relacionados al cambio de profesor titular del grupo y la intervención al final del semestre para este tema como parte de una investigación educativa (Hernández-Sampieri *et al.*, 2010).

De acuerdo con Bravo y colaboradores en 2010, las explicaciones intuitivas pueden ser ontológicas, epistemológicas o conceptuales, por tanto, las explicaciones iniciales corresponden a interpretaciones del mundo como estados de la materia desconectados entre sí; denotan una interpretación de la realidad tal como la vemos, donde lo que no se percibe no se concibe. Sin

embargo, falta concebir hechos o datos para describir en función de propiedades y cambios observables, lo que lleva a los alumnos a dar explicaciones conceptuales de los fenómenos.

A consecuencia de las necesidades detectadas en la formación en las ciencias se espera que las explicaciones intuitivas pasen a otras en las que los fenómenos sean interpretados en función de relaciones complejas que forman parte de un sistema; que vayan de acuerdo con el constructivismo, donde se concibe que la ciencia está conformada por modelos que permiten interpretar la realidad pero no son la realidad misma; donde se interpreten las propiedades de los cuerpos y los fenómenos como un sistema de relaciones de interacción.

Es por ello que la sesión donde se realizaron preguntas con relación a la metodología realizada durante la actividad experimental, fue planeada con el fin de propiciar la participación individual y el trabajo colectivo para la discusión y análisis de la metodología, donde prevalezca la disciplina, la tolerancia y el respeto entre los integrantes, así como el cuidado de las instalaciones. Por las observaciones durante esta sesión, se propició el desarrollo de la habilidad de explicación que contribuyó a que los alumnos a diferencia de las explicaciones intuitivas iniciales de tipo ontológico o epistemológico, cambian a explicaciones de tipo intuitivas conceptuales donde se retoman los conocimientos abordados sobre el tema durante las sesiones (Bravo *et al.*, 2010).

Por la evaluación las dos explicaciones a la actividad experimental sobre la relación que los alumnos establecen de los pigmentos con la actividad fotosintética, a través de la explicación de los pigmentos en ambos tipos de hojas y de la explicación a la actividad fotosintética en ambos tipos de hojas, se aprecia que los alumnos retoman a los carotenoides como pigmentos en la captura de energía de la luz y retoman sus observaciones para explicar cuáles hojas presentan mayor actividad fotosintética.

En lo referente a la evaluación de la estrategia con el fin de propiciar el logro de la comprensión del proceso y de la práctica de las habilidades, se destaca que el KPSI como instrumento pre-test y post-test, permite desarrollar habilidades implicadas en la autoevaluación de los alumnos y permiten al profesor identificar los cambios en el nivel de dominio de conceptos y habilidades.

Se considera que el cuestionario de preguntas abiertas fue especialmente útil en proporcionar información sobre los conceptos abordados durante la estrategia e identificar las deficiencias del material didáctico, de la función docente o de la organización de las actividades en la estrategia. De esta forma, se propone que la actividad experimental se realice después de terminar el abordaje de conocimientos sobre la fase dependiente de la luz, siempre y cuando los factores como disponibilidad de laboratorios o del material lo permitan.

En cuanto a la rúbrica diseñada para la evaluación del cuadro POE, esta permite conocer si hubo cambios en el desarrollo de las habilidades, sin embargo se considera necesario el reforzamiento en la evaluación formativa de los alumnos. En esta evaluación continua, la función del docente debe trabajarse en la explicación de los instrumentos de evaluación a los alumnos con mayor detalle e identificando dudas sobre estos, con el fin de promover su desarrollo en el aprender a aprender (Hernández, 2012; ENCCH, 2018) no solamente al inicio de la estrategia sino durante cada sesión.

Finalmente como parte de la autorreflexión docente y teniendo en cuenta que parte fundamental de este trabajo es su propósito como propuesta a la Educación Media Superior, se realizan las siguientes sugerencias o modificaciones a la estrategia con el fin de lograr el objetivo general de reconocer al cloroplasto como organelo encargado de la transformación de energía lumínica en energía química, además de propiciar su aplicación ante falta de disponibilidad de tiempo y/o de recursos, como lo es el fluorómetro, Fluor Pen FP 100.

Se considera que la poca disponibilidad de tiempo que se establece en los programas de la EMS para los temas puede dificultar la profundización en el estudio de algunos temas y el logro de los objetivos, por tanto, la actividad experimental puede acotarse al logro de que el alumno:

- Compare cualitativamente la concentración de clorofila y su emisión de fluorescencia en extractos de hojas verdes y hojas amarillas.
- Compare cualitativamente los pigmentos y su emisión de fluorescencia en ambas hojas por separación cromatográfica.

Ante la falta de recursos disponibles, se sugiere realizar la extracción de clorofila con alcohol como solvente y con el uso de papel como fase estacionaria para la cromatografía en lugar de placas de sílica-gel.

También de acuerdo con el tiempo disponible, se sugiere dejar de tarea actividades relacionadas con la observación de videos relacionados con el proceso fotosintético, con el fin de lograr la integración de los conocimientos para la comprensión del fenómeno de fluorescencia como parte de la fase dependiente de la luz en la que no solamente se realiza la transformación de la energía luminosa a energía química por el movimiento de electrones sino que finalmente se relaciona con el almacén de esa energía en moléculas orgánicas a partir de la dedicación de recursos y tiempo a la comprensión del Ciclo de Calvin.

CONCLUSIONES

Llegados a este punto, se considera que el diseño de la estrategia se enfocó a la actividad experimental de fluorescencia como medio para la enseñanza del tema de fotosíntesis.

La actividad experimental como centro de la estrategia permitió la identificación de conocimientos previos en torno al proceso fotosintético, como son:

1. Los estudiantes piensan que las plantas a través de las raíces obtienen todo su alimento desde el suelo.
2. No hacen mención de la clorofila o no saben cuál es su función.
3. En general no mencionan los procesos de transformación de la energía.

Además, la estrategia permitió la identificación de preconcepciones relacionadas con la energía como concepto con características distintas dentro del contexto biológico a las del contexto físico, asociando el término de energía a movimientos visibles, propios de los seres vivos.

Por otra parte, la comprensión de la ciencia centrada en lo observable o perceptible, dificulta la comprensión de la luz debido a que los estudiantes por lo general conciben que sólo existe cuando sus efectos son observables.

Se identifica que obstáculos para la comprensión completa e integrada de la fotosíntesis como proceso de transformación de energía son la falta de conocimientos del estudio de temas complementarios que son necesarios para abordar el tema, como es el estudio de la luz como energía como parte de la Física y desde la Química, el estudio de los tipos de reacciones metabólicas y de tipos de materia, así como las preconcepciones sobre la energía y su transformación en los sistemas biológicos. Sin embargo, por las respuestas al cuestionario, la estrategia propicia el trabajo del concepto de la luz como energía en forma de fotones, idea diferente a la identificada como preconcepción de los estudiantes.

La estrategia promovió la realización de preguntas dirigidas para la evaluación continua de la comprensión de conceptos en el logro del objetivo de que el alumno reconozca al cloroplasto como organelo que participa en la transformación de la energía luminosa.

De acuerdo con los resultados del KPSI, los alumnos comprendieron los conceptos de materia orgánica e inorgánica, niveles de energía al abordar fluorescencia y lograron identificar conceptos implicados en lo referente a la fase dependiente de la luz como la ubicación del 81%

de los estudiantes de la fase dependiente de la luz en la membrana del tilacoide y de la fase independiente de la luz en el estroma del cloroplasto.

Las respuestas al cuestionario denotan que los estudiantes después de la estrategia conciben que la clorofila y a los carotenoides como pigmentos fotosintéticos que participan en la captura de la luz, sin embargo se identifica que preconcepciones como la de que la clorofila da el color verde a las plantas y su relación con la nutrición de las plantas pueden afectar su reemplazo por los nuevos conocimientos.

En cuanto a la actividad experimental se identifica que esta contribuye y proporciona elementos útiles en la concepción de la fase dependiente de la luz en cuanto a la primera reacción fotoquímica, a través de definir el concepto de fluorescencia de la clorofila como la luz que libera este pigmento cuando el electrón excitado pasa de un nivel energético a su nivel basal de energía y el papel de la luz de elevar la energía de los electrones en la clorofila. Estudiantes relacionaron que esta energía inicia la fase química celular.

Para la comprensión del proceso se requieren superar las dificultades de relación de los fenómenos macroscópicos (en este caso la fluorescencia de la clorofila) con una explicación submicroscópica (excitación de los electrones de la clorofila), además de promover la integración de los conocimientos de la fase dependiente de la luz y el Ciclo de Calvin.

Se considera necesario el trabajo de modelos previo o durante la estrategia a través de la manipulación con materiales para acercar a los alumnos a la comprensión de conceptos abstractos como los de materia y energía en la formación de enlaces.

Se sugiere la realización de una actividad experimental relacionada al Ciclo de Calvin que sirva de apoyo para la comprensión del proceso, además de tareas en las que se realicen búsquedas de información y observación de videos, con el fin de lograr la integración de los conocimientos para la comprensión del fenómeno de fluorescencia como parte de la fase dependiente de la luz en la que no solamente se realiza la transformación de la energía luminosa a energía química por el movimiento de electrones sino que finalmente esa energía se almacena en moléculas orgánicas.

En cuanto al objetivo de entrenar a los alumnos en las habilidades de predicción, observación y explicación, a través de la actividad experimental para la comprensión del contenido declarativo se concluye que:

Se identifica que en la habilidad de predicción el docente proporcione ejemplos previos de predicciones para que los estudiantes identifiquen las condiciones en las que ocurre un fenómeno y su relación con las causas que lo originaron.

En cuanto a la habilidad de observación esta se enfocó al desarrollo de habilidades de pensamiento relacionadas como: registro, descripción, comparación y comunicación las cuales se propiciaron durante la estrategia.

La habilidad de explicación se mantiene en el nivel de intuición, sin embargo se espera que las explicaciones intuitivas pasen a otras en las que los fenómenos sean interpretados en función de relaciones complejas que forman parte de un sistema, es una de las habilidades científicas que requiere de un desarrollo continuo aún después de la EMS.

Finalmente, se destaca que la estrategia propuesta así como la función docente, son corregibles sin dejar de lado la influencia de factores como los recursos disponibles en la institución, estilo docente, entre otros.

Teniendo en cuenta que parte fundamental de este trabajo es su propósito como propuesta a la EMS, se realizan sugerencias o modificaciones a la estrategia que propicien su aplicación ante falta de disponibilidad de tiempo y/o de recursos, como lo es el fluorómetro.

REFERENCIAS

- Alcántara, A. y Zorrilla, J. F. (2010). Globalización y Educación Media Superior en México: En busca de la pertinencia curricular. *Perfiles Educativos*, 32(127).
- Allamong, D.B. y Mertens, R.T. (1987). *Energía de los procesos biológicos: Fotosíntesis y Respiración*. México: Editorial Limusa.
- Alvarado, Z. C. (2014). La Enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales en la Educación Media Superior [versión electrónica]. *Revista Instituto Mercosul de Estudos Avançados- Universidade Federal da Integração Latino-Americana (IMEA-UNILA)*, 2(2), 60-75.
- Araya, R. N. (2014). Las habilidades del pensamiento y el aprendizaje significativo en matemática, de escolares de quinto grado en costa rica. *Actualidades Investigativas en Educación*, 14(2), 1-30.
- Arca, M., P. Guidoni y P. Mazzoli. (1990). *Enseñar ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona, España: Paidós Educador.
- Barreto, T. C., Gutiérrez, A. L., Díaz, P. B., Parra, M. C. (2006). Límites del constructivismo pedagógico. *Educación y Educadores*, 9(1), 11-31.
- Beltrán, D. S. (2009). *Elaboración de estrategias de aprendizaje en biología con énfasis en la fotosíntesis*. Tesis de maestría en Docencia en Educación Media Superior. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bravo, B., Pesa, M. y Pozo, J. I. (2010). Los modelos de la ciencia para explicar la visión y el color: las complejidades asociadas a su aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, 28(1), 113–126.
- Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones. *Alambique*, 39, 8-19.
- Cabero, J. (2005). Reflexiones sobre las tecnologías como instrumentos culturales. En Martínez, F. y Prendes, M. (Ed.). *Nuevas Tecnologías y Educación*. Madrid, España: Pearson Prentice Hall.
- Calixto F. R. y García, M. R. (2011). Concepciones alternativas de los profesores de biología: Una aproximación desde la investigación educativa. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 1, 13-23.
- Campanario, J.M. y Otero, J.C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (2), 155-169.

- Campbell T.D. y Stanley J.C. (1995). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Chicago: Rand McNally & Company.
- Cañal, P., Charrier, M. M., y Vega, M. R. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las ciencias*, 24(3), 401–410.
- Clark, R. C. y Mayer, R.E. (2007). *E-learning and the Science of Instruction: Providing Guides for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. Nueva York: Wiley and Sons.
- Corominas, J. (2013). Actividades experimentales POE en la enseñanza de la Química y de la Física [versión electrónica]. *Alambique*, 74 (13), 69-75.
- Delgado, M., Arrieta, X. y Camacho, H. (2012). Comparación de teorías relacionadas con la formación de conceptos científicos. *Multiciencias*, 12(4), 416 – 426.
- Díaz B.F. y Hernández R.G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. México: Mc Graw-Hill.
- Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades. (2006). Orientación y Sentido de las Áreas del Plan de Estudios Actualizado. Recuperado el 27 de mayo de 2019, de <https://www.cch.unam.mx/actualizacion/documentos>
- Domingos, J. J., Estévez, T. B., García, A. L. y Concepción, G. M. (2013). La Actividad Experimental: definición de sus conceptos principales, su formación, desarrollo y evaluación en las carreras de ciencias pedagógicas universitarias. *Pedagogía Universitaria*, 14(2).
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. 1985. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, España: MEC-Morata Editorial.
- ENCCH. (2012). Orientación y sentido de las áreas. Recuperado el 28 de marzo de 2019, de <http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/actualizacion2012/diagnosticoexperimental.es.pdf>
- Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. (2018). Acerca del CCH. Recuperado el 1 de marzo de 2019, de <http://www.cch.unam.mx/>
- Espinosa, R. E., González, L. K., Hernández, R. L. (2016). Las prácticas de laboratorio: Una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1).
- Fitzpatrick, K. y Tunbridge, N. (2016). Cap 8 Photosynthesis. En *Lecture Presentations (2ª)*. Campbell Biology in focus (pp. 1-108). British Columbia: Pearson Education. Recuperado el 19 de octubre de 2018, de http://www.anderson.k12.ky.us/Downloads/08_Lecture_Presentation%201.pdf

- García, R. M. y Calixto, F. R. (1999). Actividades experimentales para la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica. *Perfiles Educativos*, número 84.
- González, M. S., Perales, V. H. y Salcedo A. M. (2008). La fluorescencia de la clorofila *a* como herramienta en la investigación de efectos tóxicos en el aparato fotosintético de plantas y algas. *Revista de Educación Bioquímica*, 27(4), 119-129.
- González, R.C., García, B. S. y Martínez, L. C. (2003). ¿A qué contenidos relacionados con la fotosíntesis dan más importancia los textos escolares de secundaria?. *Enseñanza de las ciencias*, 77-88.
- Hernández, R. P. (2012). ¿Por qué es importante establecer una rúbrica de evaluación? El caso del curso Clínica de Exodoncia y Cirugía. *Educación*, 36(1), 1-18 pp.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. (5ª). México: McGraw-Hill.
- Lawson, A. E., Abraham, M. R. y Renner, J. W. (1989). *Theory of instruction: using the Learning-Cycle to teach science concepts and thinking skills*. Cincinnati: NARST Monograph.
- Lebedev, A. (2018). 123RF Limited 2005-2018. Recuperado el 5 de octubre de 2018, de https://nl.123rf.com/photo_30568518_algemene-structurele-chemische-formule-van-plantaardige-chlorofylmoleculen-2d-afbeelding-ge%C3%AFsoleerd-op.html
- Linkpat.info. (2018). Spectrum of photosynthesis. Recuperado el 5 de octubre de 2018, de <http://linkpat.info/action-spectrum-of-photosynthesis-7799.html>
- Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2002). Opiniones sobre la influencia de la ciencia en la cultura. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 16, 35-55.
- Martínez, E. M. y Moctezuma, G. C. (2006). Espectrofluorimetría. Universidad Autónoma de México. Recuperado el 12 de noviembre de 2017, de <http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/espectrofluorimetria.pdf>
- Martínez, R.E. y Zea, E. (2004). Estrategias de enseñanza basadas en un enfoque constructivista. *Revista Ciencias de la Educación* 4, 2(24), 69-90.
- Moreno, B. M. (2005). Potenciar la educación: Un currículum transversal de formación para la investigación. *REICE - Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 3(1).
- Nickelsen, K. (2015). *Explaining Photosynthesis: Models of Biochemical Mechanisms, 1840-1960*. New York: Springer Dordrecht Heidelberg.
- Nieda, J. y Macedo, B. (1997). Un currículum científico para estudiantes de 11 a 14 años. Recuperado el 30 de mayo de 2019, de http://www.unesco.org/education/educprog/ste/pdf_files/curriculo/cap1.pdf.

- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Ortiz, R. G. y Cervantes, C. L. (2015). La formación científica en los primeros años de escolaridad. *Panorama*, 9(17), 10-23.
- Perales, V. H., Salcedo, Á. M., González, M. S. (2018). Ensamble supramolecular: del complejo cosechador de luz del fotosistema II En *Biomoléculas: Estructura, función, y métodos de estudio*. Estado de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pérez, M. y Marbà, T. M. Izquierdo. (2016). ¿Cómo se conceptualiza la energía en las unidades didácticas de biología?. *UAB Enseñanza de las Ciencias*, 34 (1), 73-90.
- Perkins, D. (1999). ¿Qué es la comprensión? En Martha Stone Wiske (Compiladora) *Enseñanza para la comprensión: Vinculación entre la investigación y la práctica*. (pp. 64-77). Buenos Aires, Argentina: Editorial Paidós.
- Pozo, J.I. y Gómez, C. M. (1998). *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid, España: Ediciones Morata, SL.
- Rendón, F. M. (2005). Desarrollo de habilidades de pensamiento: Algo para pensar. *Revista de la Universidad de La Salle*, 40(6), 25-28.
- Rosas, B. P. (2000). *Conceptos usados por estudiantes de bachillerato en relación a la luz y el agua en el tema de fotosíntesis*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ross, P., Tronson, D. y Ritchie R. J. (2005). Modelling Photosynthesis to Increase Conceptual Understanding. *Journal of Biological Education*, 40(2).
- Ryoo, K. y Linn, M.C. (2012). Can Dynamic Visualizations Improve Middle School Students' Understanding of Energy in Photosynthesis? *Journal of research in science teaching*, 49(2), 218–243.
- Solbes, J. y Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación de la ciudadanía. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 337-348.
- Soussan, G. (2003). Enseñar las ciencias experimentales: Didáctica y Formación. Recuperado el 20 de octubre de 2018, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001492/149207s.pdf>
- Tacca, H. D. (2011). La enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica. *Investigación Educativa*, 14(26), 139-152.
- Tirado, S. F. y López, T. A. (1994). Problemas de la enseñanza de la biología en México. *Perfiles Educativos*, núm. 66.
- Torres, M. Á., Mora, G. E., Velásquez, G. F. y Ceballos, B. N. (2013). Desarrollo de competencias científicas a través de la aplicación de estrategias didácticas alternativas: Un enfoque a través de la enseñanza de las ciencias Naturales. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de Nariño*, 14(1), 187-215.

- Trejo Benítez, S. F. J. y Trejo De Hita, R. A. (2016). La metodología científica como sugerencia didáctica. *Eutopía: Revista del Colegio de Ciencias y Humanidades para el bachillerato*, 9(25). Recuperado el 28 de septiembre de 2018, de http://www.cch.unam.mx/comunicacion/sites/www.cch.unam.mx.comunicacion/files/suvidas/Eutopia_25.pdf
- Villanueva, H.O. (2018). *Desarrollo y evaluación de una estrategia didáctica mediada por TIC (Web 2.0) para la enseñanza del tema del tema de fotosíntesis en alumnos de bachillerato*. Tesis de maestría en Docencia en Educación Media Superior. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Waldron, I., Doherty, J., Spindler, L. (2018). Photosynthesis & Cellular Respiration: Understanding the Basics of Bioenergetics and Biosynthesis. Recuperado el 12 de marzo de 2019, de <http://serendipstudio.org/exchange/bioactivities/photocellrespir>
- White, R. T. y Gunstone, R. F. (1992). *Probing Understanding*. Gran Bretaña: Falmer Press.
- Zelanski, P. y Fisher, M.P. (2001). *Color*. (3ª). Barcelona, España: Editorial Blume.

ANEXOS

Anexo 1. Programa de Biología I.

Propósitos generales de la materia

Para contribuir a la formación de los estudiantes, los cursos de Biología I y II se plantean como propósitos educativos que el alumno:

- Reconozca que la biología estudia a los sistemas biológicos.
- Interprete que la biología es una ciencia que emplea métodos, entre ellos, el científico experimental para construir conocimiento.
- Identifique la Teoría celular y la Teoría evolutiva por selección natural, como unificadoras para el estudio de la biología.
- Relacione las evidencias que fundamentan la Teoría celular y el reconocimiento de la célula como unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos.
- Reconozca que las biomoléculas son componentes químicos importantes de la célula y las relacione con la estructura y función de los sistemas biológicos.
- Identifique los componentes celulares y establezca las diferencias entre célula procariota y célula eucariota.
- Distinga los mecanismos que permiten la transmisión y modificación de la información hereditaria en los sistemas biológicos.
- Relacione los conocimientos adquiridos sobre la estructura del dna con la manipulación genética, sus beneficios y riesgos.
- Identifique las teorías que favorezcan la interpretación científica del origen y evolución de los sistemas biológicos.
- Interprete a la evolución como el proceso por el que los sistemas biológicos cambian en el tiempo y cuyo resultado es la diversidad biológica.
- Distinga las formas en que los organismos se relacionan entre sí y con su ambiente físico para comprender el funcionamiento del ecosistema.

- Se reconozca a sí mismo como parte de la naturaleza, al comprender la importancia de conservar la diversidad biológica y las relaciones entre los sistemas biológicos y su ambiente.
- Relacione el efecto que causan las actividades humanas al ambiente y su relación con la pérdida de la diversidad biológica.
- Identifique las alternativas que el humano puede llevar a cabo para el manejo racional de la biodiversidad.
- Reflexione sobre algunas alternativas para el manejo racional de la biosfera.
- Aplique habilidades, actitudes y valores para la obtención, comprobación y comunicación del conocimiento, al llevar a cabo investigaciones escolares.
- Desarrolle una actitud más consciente, crítica y responsable ante el avance y aplicación de los conocimientos biológicos.
- Desarrolle actitudes y valores relativos a una relación armónica con la naturaleza al asumir que comparte aspectos con los demás sistemas biológicos.

Contenidos temáticos

Las unidades que integran los programas son:

Contenidos temáticos Biología I

Unidad	Nombre de la unidad	Horas
1	¿Por qué la Biología es una ciencia y cuál es su objeto de estudio?	10
2	¿Cuál es la unidad estructural, funcional y evolutiva de los sistemas biológicos?	35
3	¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios y se modifica la información genética?	35

Contenidos temáticos Biología II

Unidad	Nombre de la unidad	Horas
1	¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?	40
2	¿Cómo interactúan los sistemas vivos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?	40

Anexo 2. Programa de Biología I. Unidad 2

Unidad 2. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos?

Propósitos: Al finalizar, el alumno: Identificará las estructuras y componentes celulares a través del análisis de la teoría celular para que reconozca a la célula como la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos.	Tiempo: 35 horas
---	---------------------

Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
El alumno: <ul style="list-style-type: none"> Reconoce que la formulación de la Teoría celular es producto de un proceso de investigación científica y del desarrollo de la microscopía. Identifica a las biomoléculas como componentes químicos de la célula. Describe las semejanzas y diferencias estructurales entre las células procariotas y eucariotas. Describe los componentes de la membrana celular y los tipos de transporte y regulación a través de ella. Identifica que el citoesqueleto, cilios y flagelos son componentes celulares que proporcionan forma y movimiento. Reconoce a la mitocondria y el cloroplasto como los principales organelos encargados de la transformación energética. Relaciona el tránsito de moléculas con el sistema de endomembranas a partir de la información genética contenida en la célula. 	1. Teoría celular <ul style="list-style-type: none"> Construcción de la Teoría celular, sus principales aportaciones y postulados. 2. Estructura y función celular <ul style="list-style-type: none"> Moléculas presentes en las células: carbohidratos o glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Estructuras de las células procariota y eucariota. La célula y su entorno. Forma y movimiento. Transformación de energía. Flujo de información genética. 	El profesor, centrado en la promoción de los aprendizajes de los alumnos, diseña las estrategias o secuencias didácticas, entre las cuales se sugieren algunas de las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> Detecta las ideas previas de los alumnos acerca de la Teoría celular, la estructura y función celular y la continuidad de la célula. Emplea en clase diversos materiales y recursos, tanto escritos, visuales o digitales, para el logro del aprendizaje de los alumnos, con base en la temática planteada. Diseña y aplica diversas actividades con el uso del microscopio, para acercar al alumno al estudio de la célula. Promueve la aplicación de los conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas por los alumnos, durante el desarrollo de la unidad, a la solución de problemas o la realización de una investigación escolar, con relación a la temática abordada. Orienta la discusión y análisis de la información y la comparación entre las ideas previas de los alumnos y los contenidos abordados. Plantea escenarios, problemas o modelos que permitan aplicar los métodos propios de la biología en la construcción de conocimientos. Promueve actividades que permiten al alumno recapitular lo aprendido, a través de discusiones grupales, exposiciones e informes de manera oral y/o escrita de las investigaciones escolares El logro de los aprendizajes por parte de los alumnos representa la finalidad de la acción didáctica, por lo que se propone que las actividades que éstos realicen estén abocadas a: <ul style="list-style-type: none"> La búsqueda de información en libros, revistas o Internet, de acuerdo con las indicaciones del profesor/a, referente a la construcción de la teoría celular, estructura, función y continuidad de la célula.

Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
<ul style="list-style-type: none"> • Identifica a la mitosis como parte del ciclo celular y como proceso de división celular. • Aplica habilidades para recopilar, organizar, analizar y sintetizar la información proveniente de diferentes fuentes confiables que coadyuven en la comprensión de la biología como ciencia. • Interactúa de manera propositiva y proactiva con otros compañeros • Muestra actitudes favorables hacia la ciencia y sus productos. • Desarrolla hábitos y técnicas de estudio y administra su tiempo. • Aplica habilidades, actitudes y valores en la realización de investigaciones escolares, sobre alguno de los temas o situación cotidiana relacionada con los contenidos del curso. 	<p style="text-align: center;">3. Continuidad de la célula</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ciclo celular: mitosis 	<ul style="list-style-type: none"> • La participación en actividades prácticas de laboratorio donde el alumno desarrolle aprendizajes de contenidos procedimentales y destrezas en el manejo de equipo y material de laboratorio. • La elaboración de esquemas u organizadores gráficos, que les faciliten la comprensión de la temática. • La selección, organización y expresión de la información en forma oral y/o escrita. • La elaboración de modelos y otras representaciones que les faciliten la comprensión de los temas abordados en la unidad.

Evaluación

Deberá ser construida por cada profesor, según las necesidades del grupo y de manera integrada con los aprendizajes que se pretenden y las estrategias que se lleven a cabo. Proponemos tres etapas de evaluación:

- **Diagnóstica.** Se recomienda explorar las vivencias personales, razonamiento y actitudes que tienen los alumnos sobre la construcción de la teoría celular unificadora de la biología, la estructura y funcionamiento celular, lo anterior se sugiere que se realice a través de entrevistas, cuestionarios, problemas, organizadores gráficos, entre otros.
- **Formativa.** Indagar de manera constante el desarrollo del proceso de aprendizaje de los alumnos para dar seguimiento, ayuda y en general regulación del proceso. Este momento de la evaluación debe dar segui-

miento del aprendizaje de la enseñanza y su regulación. Se pueden emplear interrogatorios, diálogos, observación de acciones, revisión de productos, etcétera.

- **Sumativa.** Recuperar todas las formas de evaluación que permitan reflejar el grado de dominio que alcanzó el estudiante con respecto a la teoría, la estructura y el funcionamiento celular, lo anterior puede lograrse a través del diseño de exámenes, formato SQA, RA-P-RP, pruebas orales, rúbricas, portafolios, entre otros. Actualmente existen propuestas que involucran de forma responsable a los alumnos, como la autoevaluación y la coevaluación o interevaluación y la metaevaluación.

Anexo 3. Planeaciones

Anexo 3.1. Sesión 1.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA UNAM MAESTRIA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, BIOLOGÍA PLANEACIÓN DIDÁCTICA				
PLANTEL: Vallejo PROFESOR TESISISTA: Miriam Franco Berrones. TEMA: Fotosíntesis		PROFESOR: Laura Elena Ortiz Aguirre GRUPO: TURNO: Matutino HORARIO: 7-9 am. FECHA: Lunes, 13 de noviembre de 2017. SESIÓN: Primera		
Objetivo: el alumno reconoce al cloroplasto como organelo encargado de la transformación energética.				
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA Y OTROS MEDIOS EMPLEADOS
<p>Declarativos Que el alumno identifique a la clorofila como pigmento principal en la transformación de energía.</p> <p>Procedimentales Que el alumno interprete imágenes y realice una lectura de comprensión.</p> <p>Actitudinales Que el alumno respete y tolere las opiniones de otros.</p>	<p>Declarativos -Estructura del cloroplasto. -Ecuación general de la fotosíntesis - Pigmentos antena -Luz -Óxido-reducción</p>	<p>Apertura. 1.- Se realizará una demostración experimental de fluorescencia de la clorofila en muestras de hojas verdes. Se pedirá que los alumnos escriban predicciones sobre lo que observarían en hojas amarillas (15 minutos).</p> <p>Desarrollo 1.- A través de la pregunta generadora: ¿A qué se debe que las plantas en otoño se vean amarillas? Se realizará una lectura dirigida en parejas de un texto sobre fotosíntesis (40 minutos). Se destacará la función de los pigmentos en la fase luminosa. 2.- En equipo los alumnos ordenarán un texto enfocado en un esquema que representa la fase luminosa de la fotosíntesis (40 minutos).</p> <p>Cierre Se presentará un video sobre la fase luminosa de la fotosíntesis. Se retomarán los productos que se obtienen como parte de la fase luminosa del proceso y su ubicación en el cloroplasto (10 minutos).</p>	<p>Diagnóstica Se hará una evaluación con un pre-test. Se evaluará también cualitativamente con el uso del instrumento POE. Todo será de forma individual.</p> <p>Formativa Se hará uso de una lista de cotejo para la evaluación del trabajo en equipo durante el desarrollo de la actividad. Se harán preguntas dirigidas.</p>	<p>1.-Poner artículo del POE y página de internet. 2.-Poner información del profesor, página BBC y libros de bioquímica.</p>

Anexo 3.2. Sesión 2.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA UNAM MAESTRIA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, BIOLOGÍA PLANEACIÓN DIDÁCTICA				
PLANTEL: Vallejo PROFESOR TESISISTA: Miriam Franco Berrones. TEMA: Fotosíntesis			PROFESOR: Laura Elena Ortiz Aguirre GRUPO: TURNO: Matutino HORARIO: 7-9 am. FECHA: Miércoles, 15 de noviembre de 2017. SESIÓN: Segunda	
Objetivo: el alumno reconoce al cloroplasto como organelo encargado de la transformación energética.				
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA Y OTROS MEDIOS EMPLEADOS
<p>Declarativos Que el alumno compare la actividad fotosintética de forma cualitativa en hojas verdes y hojas amarillas.</p> <p>Procedimentales Que el alumno use un fluorómetro portátil y separe pigmentos por cromatografía.</p> <p>Actitudinales Que el alumno respete y tolere las opiniones de otros.</p>	<p>Declarativos -Pigmentos antena: clorofila a y carotenos. -Fluorescencia -Fotosistemas</p>	<p>Apertura. Se retomarán las preguntas de la práctica y se mencionarán los objetivos de ésta (10 minutos).</p> <p>Desarrollo 1.- Se darán instrucciones sobre el desarrollo de la sesión y en equipos los alumnos comenzarán a pasar a realizar la medición con el fluorómetro. Anotarán sus resultados. Simultáneamente comenzarán a extraer la clorofila de las hojas amarillas y verdes cuya fluorescencia ya haya sido medida, para filtrarlo. 2.- Dos integrantes de cada equipo harán la aplicación de las muestras en las placas de sílica para correrlas y dejarlas secar para la observación con luz UV. Simultáneamente los alumnos harán incidir la luz en los extractos de clorofila y anotarán sus observaciones (60 minutos). 4.- Se retomarán los resultados de los equipos con el fin de realizar una discusión dirigida (30 minutos).</p> <p>Cierre Se concluirá la sesión retomando las ideas de los alumnos sobre las observaciones hechas durante la práctica de laboratorio (10 minutos).</p>	<p>Diagnóstica Se hará una evaluación cualitativa de las ideas escritas en el POE que los alumnos elaboren de forma individual.</p> <p>Formativa Se hará uso de una lista de cotejo para la evaluación del trabajo en equipo durante el desarrollo de la actividad. Se harán preguntas dirigidas.</p>	

Anexo 3.3. Sesión 3.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA UNAM				
MAESTRIA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, BIOLOGÍA PLANEACIÓN DIDÁCTICA				
PLANTEL: Vallejo PROFESOR TESISISTA: Miriam Franco Berrones. TEMA: Fotosíntesis			PROFESOR: Laura Elena Ortiz Aguirre GRUPO: TURNO: Matutino HORARIO: 7-8 am. FECHA: Viernes, 17 de noviembre de 2017. SESIÓN: Tercera	
Objetivo: el alumno reconoce al cloroplasto como organelo encargado de la transformación energética.				
OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA Y OTROS MEDIOS EMPLEADOS
<p>Declarativos Que el alumno comprenda la metodología realizada durante la actividad experimental.</p> <p>Procedimentales Que el alumno explique los resultados de la actividad experimental.</p> <p>Actitudinales Que el alumno respete y tolere las opiniones de otros.</p>	<p>Declarativos -Pigmentos -Luz -Fase dependiente de la luz -Cromatografía</p>	<p>Apertura. Se iniciará la clase revisando quiénes trajeron sus observaciones y resultados a la clase (firmar hojas). Se numerarán y se formarán equipos de 3 alumnos.</p> <p>Desarrollo 1.- En equipos responderán las preguntas en 15 minutos y se seleccionarán al azar para que pasen al frente. Se preguntará a los demás equipos si están de acuerdo en lo que mencionan sus compañeros y si quieren agregar algo (30 minutos).</p> <p>2.- En equipos de la actividad experimental, compararán las predicciones que realizaron en la primera sesión (registradas en el POE) y las observaciones durante la actividad experimental. Contestarán a las preguntas (10 minutos). Redactarán de forma individual una explicación a lo observado (5 minutos).</p> <p>Cierre Se concluirá la sesión destacando con las explicaciones de los alumnos que las moléculas de clorofila se encuentran en los pigmentos que constituyen a los fotosistemas en la membrana de los tilacoides (10 minutos).</p>	<p>Diagnóstica Se hará una evaluación cualitativa de las ideas escritas en el POE que los alumnos elaboren de forma individual.</p> <p>Formativa Con el uso de una rúbrica se hará la evaluación de las explicaciones de los alumnos y la comparación con sus observaciones durante la actividad experimental.</p>	1.-

Anexo 3.4. Sesión 4.



**MAESTRIA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, BIOLOGÍA
PLANEACIÓN DIDÁCTICA**

PLANTEL: Vallejo PROFESOR TESISISTA: Miriam Franco Berrones. TEMA: Fotosíntesis	PROFESOR: Laura Elena Ortiz Aguirre GRUPO: 301 A TURNO: Matutino HORARIO: 7-9 am. FECHA: Miércoles, 22 de noviembre de 2017. SESIÓN: Cuarta
---	--

Objetivo: el alumno reconoce al cloroplasto como organelo encargado de la transformación energética.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA Y OTROS MEDIOS EMPLEADOS
<p>Declarativos Que el alumno identifique a los pigmentos fotosintéticos como elementos de transformación de la energía.</p> <p>Procedimentales Que el alumno explique las observaciones a la separación de pigmentos en la actividad experimental y la fase dependiente de la luz.</p> <p>Actitudinales Que el alumno respete y tolere las opiniones de otros.</p>	<p>Declarativos -Fase dependiente de la luz: ubicación en el cloroplasto, reactivos y productos -Extracción de pigmentos fotosintéticos -Cromatografía</p>	<p>Apertura. Partir de la pregunta: ¿Por qué se ven amarillas las plantas en otoño? (5 minutos)</p> <p>Desarrollo 1.- En equipos de 3 comentarán las predicciones iniciales escritas en su cuadro POE y las razones a la demostración experimental. Se anotarán algunas predicciones y razones en un cuadro comparativo (10 minutos). 2.- Se mencionará la baja producción de clorofila en las hojas que permite la observación de los pigmentos que ayudan a la captura de luz, lo que se comprobará en la actividad experimental (5 minutos). 3.- Se retomarán las respuestas a la metodología y se aclararán dudas (10 minutos). 4.- Se pedirá que pasen a anotar los resultados de la concentración de clorofila y la emisión de fluorescencia en las observaciones (5 minutos). Se preguntará cuál es la sustancia que fluoreció en los extractos al hacer incidir la luz, de acuerdo con sus resultados de la separación de pigmentos. 5.- En equipos compararán sus observaciones a la actividad experimental con las predicciones iniciales y redactarán una explicación a la sección de separación de pigmentos de la actividad experimental. Un alumno de cada equipo mencionará su explicación (30 minutos). 6.- En equipos ordenarán un esquema de la fase dependiente de la luz y responderán a las preguntas (20 minutos). 7.- Revisión del esquema en orden (10 minutos).</p> <p>Cierre Se concluirá la sesión llenando un esquema con las respuestas al cuestionario en el que se sintetice el proceso de fotosíntesis (10 minutos).</p>	<p>Diagnóstica Por medio de una lluvia de ideas se retomarán los conocimientos a los que se ha llegado por medio de la estrategia.</p> <p>Formativa Se hará una evaluación cualitativa de las ideas escritas en el POE que los alumnos elaboren de forma individual y de las explicaciones dadas al comentar en equipos. Se harán preguntas dirigidas.</p> <p>Sumativa El llenado del esquema servirá como evaluación a la sesión para verificar la comprensión del proceso.</p>	

Anexo 3.5. Sesión 5.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA UNAM
MAESTRIA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, BIOLOGÍA
PLANEACIÓN DIDÁCTICA**

PLANTEL: Vallejo PROFESOR TESISISTA: Miriam Franco Berrones. TEMA: Fotosíntesis	PROFESOR: Laura Elena Ortiz Aguirre GRUPO: 301 A TURNO: Matutino HORARIO: 7-8 am. FECHA: Viernes, 24 de noviembre de 2017. SESIÓN: Quinta
---	--

Objetivo: el alumno reconoce al cloroplasto como organelo encargado de la transformación energética.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA Y OTROS MEDIOS EMPLEADOS
<p>Declarativos Que el alumno identifique partes del cloroplasto donde se realiza la fotosíntesis y las moléculas de energía producidas en la fase dependiente de la luz.</p> <p>Procedimentales Que el alumno explique la fase dependiente de la luz en la actividad fotosintética.</p>	<p>Declarativos -Fase dependiente de la luz. -Cloroplasto -Actividad fotosintética</p>	<p>Apertura. 1.- Se entregarán hojas de plantas a cada equipo. Se presentará un video sobre nutrición vegetal en el que algunos alumnos describan lo observado y que destaque la fisiología de las plantas para introducir el cloroplasto como organelo de transformación de energía (15 minutos).</p> <p>Desarrollo 1.- Se entregarán las actividades y responderán a las preguntas en equipos (10 minutos). 2.- Se presentará un video sobre la fase dependiente de la luz y se realizarán preguntas dirigidas (15 minutos). 3.- Se escribirán los productos de la fase luminosa y la importancia del oxígeno. 4.- Se explicará lo que mide el fluorómetro. 5.- Se retomarán los resultados de la práctica de laboratorio.</p> <p>Cierre Los alumnos en equipos de la actividad experimental escribirán su explicación a cuáles plantas presentaron mayor actividad fotosintética.</p>	<p>Diagnóstica Se hará una evaluación cualitativa de las ideas escritas en el POE que los alumnos elaboren de forma individual. Se preguntará para qué sirven las hojas en las plantas.</p> <p>Formativa Se harán preguntas dirigidas.</p> <p>Sumativa Esquema sobre el proceso general de la fotosíntesis y su ubicación en el cloroplasto.</p>	

Anexo 3.6. Sesión 6.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA UNAM
MAESTRIA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, BIOLOGÍA
PLANEACIÓN DIDÁCTICA**

PLANTEL: Vallejo PROFESOR TESISTA: Miriam Franco Berrones. TEMA: Fotosíntesis	PROFESOR: Laura Elena Ortiz Aguirre GRUPO: 301 A TURNO: Matutino HORARIO: 7-9 am. FECHA: Lunes, 24 de noviembre de 2017. SESIÓN: Sexta
---	---

Objetivo: el alumno reconoce al cloroplasto como organelo encargado de la transformación energética.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	EVALUACIÓN	BIBLIOGRAFÍA Y OTROS MEDIOS EMPLEADOS
<p>Declarativos Que el alumno identifique las moléculas producidas en el Ciclo de Calvin.</p> <p>Procedimentales Que el alumno explique el uso de la energía para la producción de biomoléculas.</p> <p>Actitudinales Que el alumno respete y tolere las opiniones de otros.</p>	<p>Declarativos -Fase independiente de la luz: ubicación en el cloroplasto, reactivos y productos. -Ciclo de Calvin</p>	<p>Apertura. Partir de retomar a qué se debe el gran tamaño de algunos árboles, con el fin de destacar que la energía cinética de los fotones quedó en los enlaces de las moléculas de energía que se produjeron durante la fase dependiente de la luz (15 minutos).</p> <p>Desarrollo 1.- Actividad en parejas sobre el Ciclo de Calvin en la que asignen las fases del proceso e identifiquen producción de moléculas con carbono que sirven como materia (40 minutos). 2.- Retomar las respuestas a la actividad experimental. Se explicará la medición con el fluorómetro. Revisar los resultados. Que contesten la pregunta de la actividad fotosintética (30 minutos). 3.- Se completará un esquema sobre el proceso de fotosíntesis, destacando los productos que se liberan (oxígeno y compuestos orgánicos) (20 minutos).</p> <p>Cierre Conclusiones sobre los beneficios de la fotosíntesis, enfocadas a la transformación de la energía luminosa a energía química y a los productos (5 minutos). Contestar Post-test (15 minutos).</p>	<p>Diagnóstica</p> <p>Formativa Se harán preguntas dirigidas.</p> <p>Sumativa A través del esquema que se complete al final se hará una evaluación de los productos de todo el proceso.</p>	

Anexo 4. POE (Predigo, Observo, Explico)



Unidad 2. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos?



Nombre: _____.

Grupo: _____.

POE (Predigo, Observo, Explico)

Descripción de la demostración experimental

Características del contenido del tubo. ¿Qué ocurre en la demostración experimental?)

Predecir

Escribe lo que esperas observar.

Explica

Escribe las razones por las que piensas que ocurrirá de ese modo.

Observa

Dibuja o agrega fotos con su descripción sobre lo que observaste durante la actividad experimental

- Características de las hojas (hojas verdes/hojas amarillas).
- Emisión de fluorescencia en extractos
- Separación de pigmentos

Explica

Agrega información o cambia tus ideas iniciales sobre el fenómeno observado.

Anexo 5. Rúbrica de cuadro POE

	Experto	Aprendiz	Novato
Predecir	Tiene en cuenta las condiciones en que se realizó la demostración experimental. (0.5 puntos)	No toma en cuenta algunas de las condiciones principales en las que se realizó la demostración experimental (0.25 puntos).	No tiene en cuenta los límites en que tuvo lugar o como ocurrió la demostración experimental.
	Relaciona lo que se espera observar y las causas que originaron lo observado en la demostración experimental (1 punto).	Relaciona parcialmente lo que se espera observar y las causas que originaron lo observado (0.5 puntos).	No relaciona lo que se espera observar y las causas que originaron lo observado.
Observar	Descripción detallada de la demostración experimental. (1 punto)	Describe algunas de las condiciones en las que se realizó la demostración experimental (0.5 puntos).	No describe la demostración experimental o tiene errores en esta.
	Descripción detallada y completa de resultados de la actividad experimental. (2 puntos)	Hace una descripción parcial de sus resultados (1.5 puntos).	No describe sus resultados.
	Ilustra sus observaciones. (0.5 puntos)	Incluye ilustraciones pero no corresponden a las descripciones (0.25 puntos).	No ilustra las observaciones.
Explicar	Relaciona claramente los hechos observados durante la demostración experimental con causas que los originan (1 punto).	Relación de algunas características o poco clara de los hechos observados con las causas que los originan (0.5 puntos).	No hay relación entre los hechos que ocurren durante la demostración experimental y causas que los originan.
	Determina los aspectos esenciales del fenómeno a explicar (2 puntos).	Determina algunos aspectos del fenómeno (1.5 puntos).	No logra determinar el fenómeno.
	Relaciona los hechos observados durante la actividad experimental con causas (2 puntos).	Relaciona algunas observaciones realizadas durante la actividad experimental con causas (1.5 puntos).	No relaciona los hechos observados durante la actividad experimental con causas.
	Total: 10 puntos	Total: 6.5 puntos	Total: 0 puntos

Anexo 6. Pre-test



Unidad 2. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos?



Tema: Fotosíntesis

Nombre: _____.

Grupo: _____.

KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory)

Instrucciones: A continuación se presentan afirmaciones para saber si estás familiarizado con los conceptos y actividades. En la tabla se presenta una lista: Escribe en la columna correspondiente a Estudio previo una **S**, si has estudiado o practicado previamente el concepto o actividad que se menciona; en caso contrario escribe una **N**. De la misma forma en la columna de nivel de dominio, califica el concepto o actividad señalada, de acuerdo con la escala siguiente:

Nivel de dominio

- 1) No comprendo el concepto o no puedo realizar la actividad
- 2) Es posible que comprenda el concepto o realizar la actividad
- 3) Conozco el concepto o puedo realizar la actividad
- 4) Comprendo claramente el concepto o puedo realizar bien la actividad
- 5) Domino el concepto o la actividad y puedo enseñar a un compañero

Concepto/Actividad	Estudio pre	Nivel de dominio
Fotosíntesis		
Cloroplasto		
Tipos de nutrición: autótrofos		
Tipos de energía		
Reacciones de óxido-reducción		
Pigmentos fotosintéticos		
Materia orgánica e inorgánica		
Manejo de equipo y material de laboratorio		
Predecir justificando		
Observar e identificar características		
Explicar con coherencia y claridad conceptos e ideas.		

Anexo 7. Texto para evaluación diagnóstica



Biología I. Unidad 2: Transformación de energía.



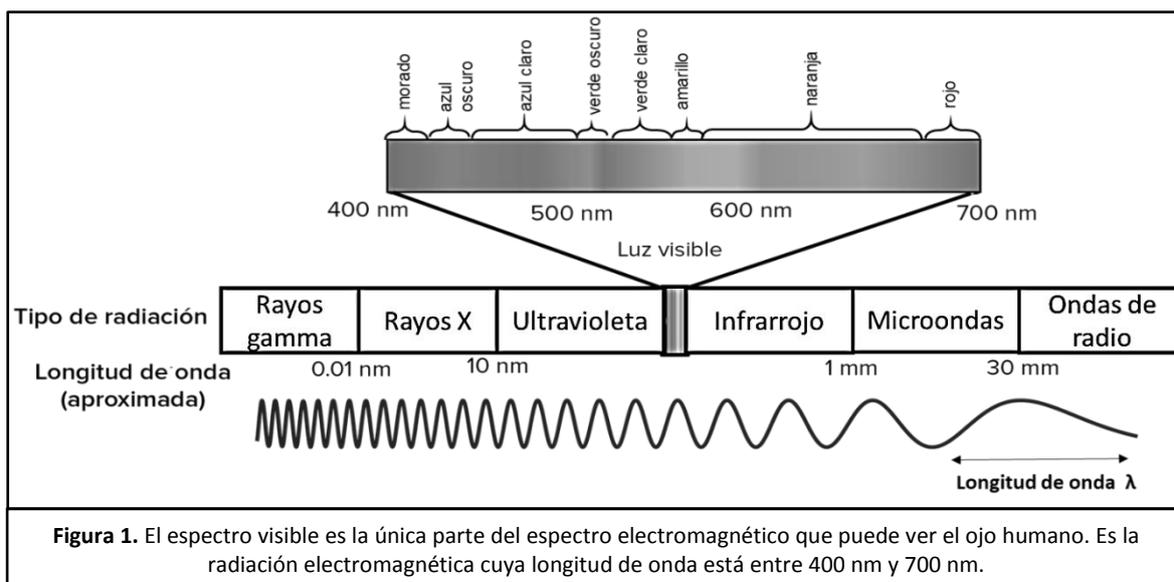
Nombre: _____.

Grupo: _____.

Actividad 1.

El Sol emite ondas de radiación electromagnética que abarcan desde los rayos gamma hasta los ultravioleta y de infrarrojo. De toda esta radiación que se dirige hacia la Tierra sólo una fracción alcanza la superficie terrestre. Una parte de esa radiación es luz blanca.

La luz blanca es una mezcla de todos los colores del espectro visible de luz: rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta. Cada color de luz en el espectro tiene una energía que depende de su longitud de onda (nm). Así, la luz roja tiene la longitud de onda más larga y la menor cantidad de energía, mientras que la luz violeta tiene la longitud de onda más corta y la mayor cantidad de energía (Fig. 1).



La energía lumínica, no sólo transmite energía en forma de onda y en cualquier cantidad de forma continua, sino que se transmite en pequeños “paquetes de energía” llamados fotones.

Sólo los autótrofos, como las plantas, cianobacterias y algunos protistas, utilizan la energía exterior al planeta, que logra pasar la atmósfera terrestre en forma de energía luminosa y la usan para alimentarse.

El proceso de transformación de energía lumínica (fotones de luz), agua y dióxido de carbono para producir carbohidratos se llama fotosíntesis. Así, la palabra fotosíntesis se refiere al proceso celular que utiliza los “fotones”, paquetes de luz o mejor dicho paquetes de energía electromagnética, para llevar a cabo la “síntesis” de biomoléculas.

La absorción y transformación de energía lumínica ocurre en organelos dentro de las células vegetales llamados cloroplastos (Fig.2).

Estos organelos tienen dos membranas. Una membrana externa permeable a pequeñas moléculas e iones y una membrana interna, que rodea al estroma y a estructuras membranosas en forma de sacos aplanados, llamados tilacoides. Al conjunto de tilacoides apilados se les llama grana.

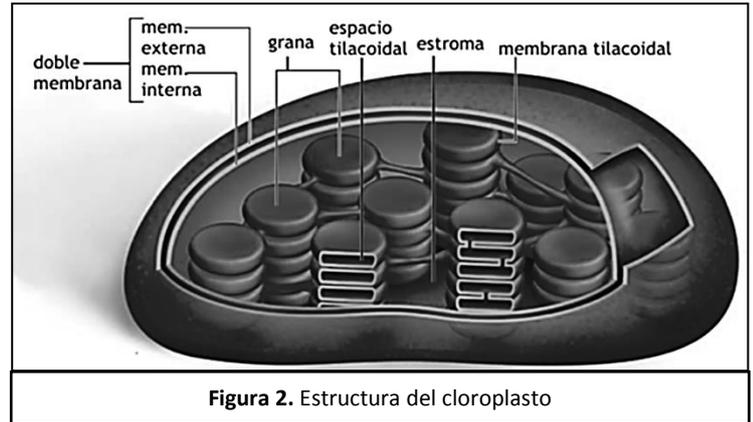
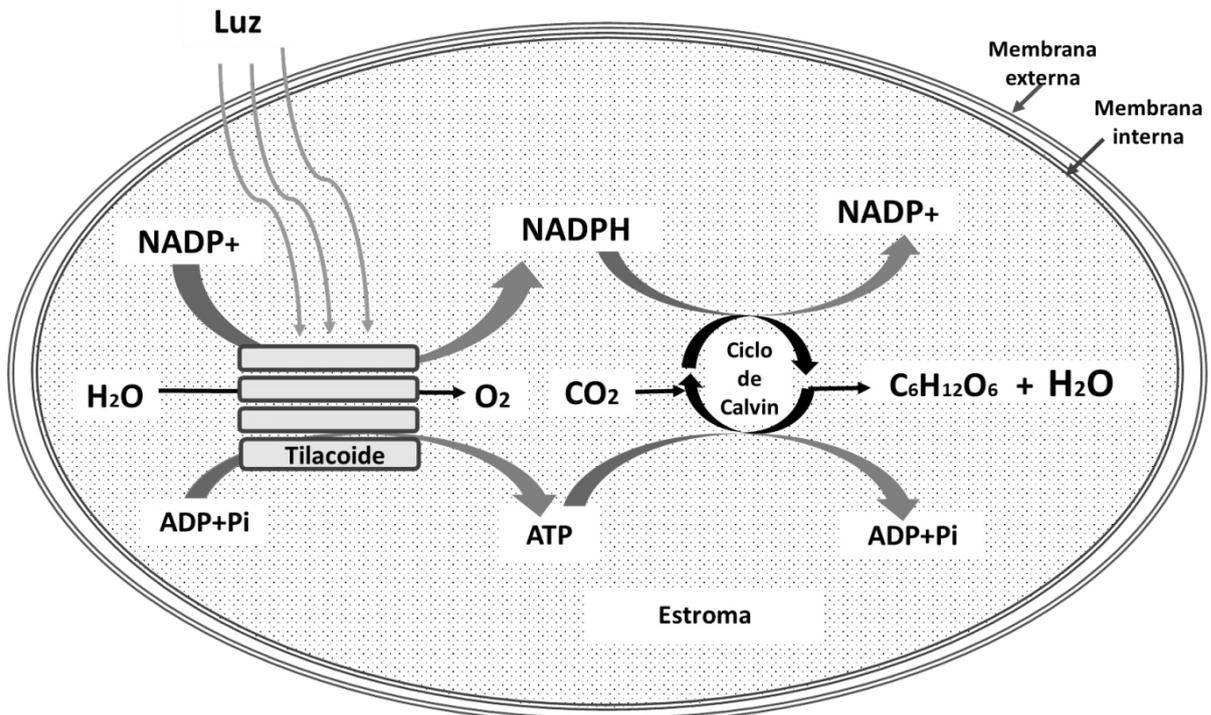


Figura 2. Estructura del cloroplasto

Este proceso se realiza en dos fases que se diferencian por la necesidad de la luz para que se realicen las reacciones. En las membranas tilacoidales ocurre la fase dependiente de la luz. La fase no dependiente de la luz se realiza en el estroma del cloroplasto para la fijación del carbono y producción de azúcares.

1.- Observa el esquema que representa el proceso de fotosíntesis dentro del cloroplasto. Encierra en un rectángulo negro los compuestos correspondientes a materia orgánica y con un rectángulo azul los compuestos inorgánicos. Encierra en un círculo las moléculas de energía.



1.1.- Moléculas, sustancias y energía que se utilizan en la fase dependiente de la luz:
_____.

1.2.- Moléculas o productos de la fase dependiente de la luz:
_____.

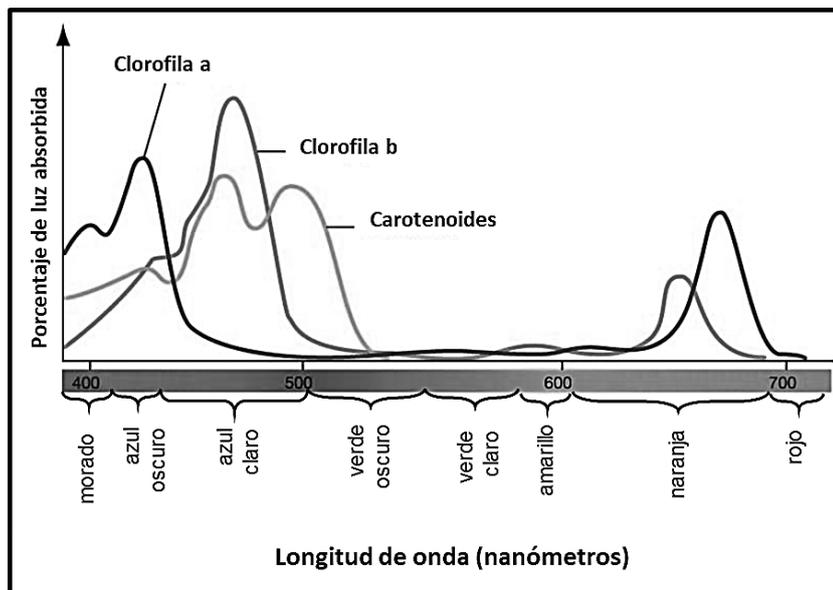
1.3.-Moléculas, sustancias y energía que se utilizan en la fase no dependiente de la luz:
_____.

1.4.-Moléculas o productos de la fase no dependiente de la luz:
_____.

Un pigmento que desaparece y otros que se dejan ver

Para que la energía de la luz sea usada, primero debe ser absorbida. De ahí la importancia de los pigmentos. Los pigmentos son sustancias capaces de absorber distintos colores de luz y de reflejar alguno. Por tanto, el color de un pigmento es el resultado de la longitud de onda reflejada (no absorbida). Un cuerpo negro absorbe todas las longitudes de onda que recibe. Por otro lado, los colores claros reflejan todo o casi todas las longitudes de onda. Así, las sustancias coloreadas tienen su espectro de absorción característico.

2.- Observa la gráfica con el espectro de absorción de los pigmentos fotosintéticos y responde a las siguientes preguntas:



2.1.- ¿Qué pigmento fotosintético absorbe longitudes de onda entre los 650 y 680 nm?
Clorofila a y b

2.2.- ¿A qué longitud de onda absorben mejor los carotenoides? 450 nm

2.3.- ¿A qué se debe que la clorofila refleje el color verde?

- a) La clorofila absorbe las longitudes de onda azules y amarillas
- b) La clorofila refleja todas las longitudes de onda menos las verdes
- c) La clorofila refleja las longitudes de onda verde

2.4.- ¿A qué se debe que los carotenoides se vean color naranja o amarillo?

- a) Las longitudes de onda que absorben son del rojo y del amarillo
- b) Las longitudes de onda que reflejan son del amarillo y naranja
- c) Los carotenoides son enmascarados por las longitudes de onda verde de la clorofila

La clorofila y los pigmentos accesorios se agrupan entre sí en la membrana tilacoidal uniéndose a un complejo de proteínas para formar unidades encargadas de capturar energía luminosa llamadas fotosistemas. En la membrana tilacoidal de los cloroplastos existen dos fotosistemas. El fotosistema I y el fotosistema II. Cada fotosistema consta de: a) complejos antena y b) el centro de reacción.

a) Los complejos antena contienen moléculas de pigmentos fotosintéticos (moléculas de clorofila y de pigmentos accesorios). Cuando un fotón de luz es absorbido por una molécula de pigmento, su energía es transferida de una molécula a otra, confluyendo, como en un “embudo”, hasta llegar a un único centro de reacción.

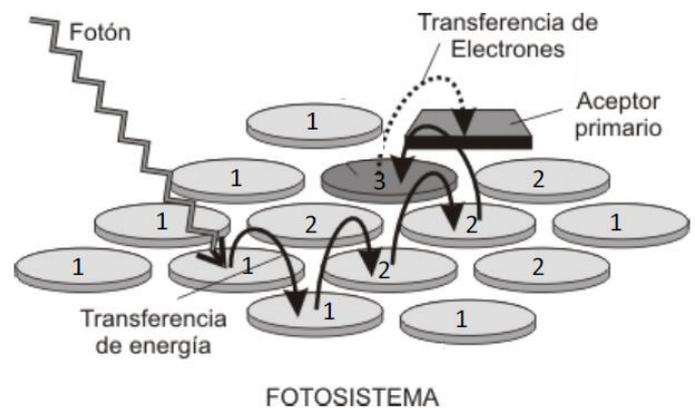
b) El centro de reacción está formado por un par de moléculas de clorofila. La energía de la luz, canalizada desde las moléculas antena hacia este centro de reacción, provoca la excitación de un electrón, provocando su transferencia a un aceptor primario de electrones (que se reduce).

3.- De acuerdo a la información del texto, en la siguiente imagen realiza lo siguiente:

3.1.- Localiza y señala en el esquema al menos dos moléculas antena y el centro de reacción

3.2.- Ilumina de color naranja las representaciones con el número 1, con el número 2 de verde claro y el con 3 de verde oscuro

3.3.- Explica por qué se considera al complejo antena como un embudo y cual su relación con el centro de reacción:



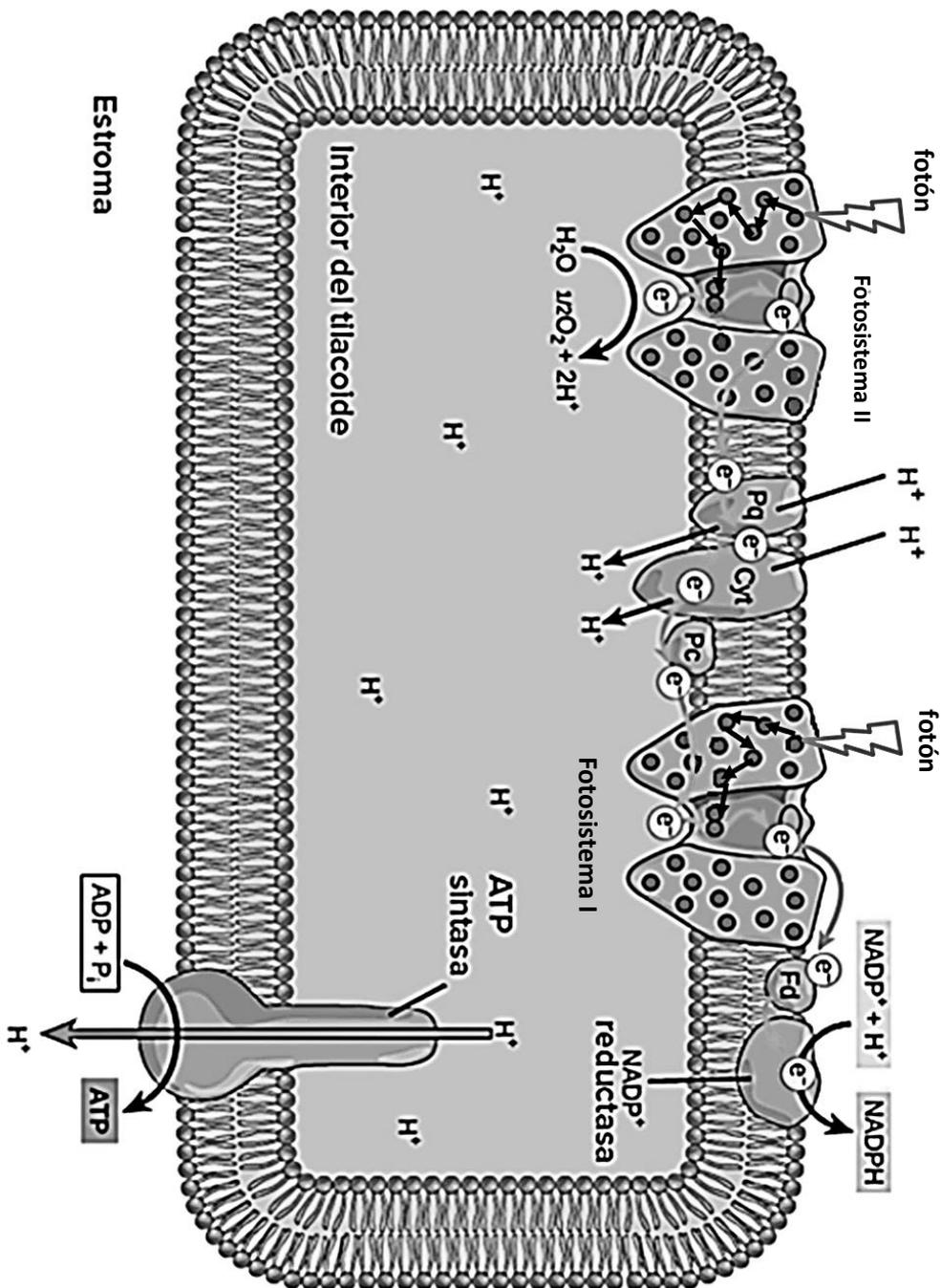
Anexo 8. Actividad fase luminosa



Biología I. Unidad 2: Transformación de energía. Actividad 2.

Nombres: _____

Instrucciones: Observa el esquema y ordena el texto en los recuadros que describe el proceso de la fase dependiente de la luz. Ordénalo de manera cronológica del 1 al 5 colocando el número en el paréntesis.



() Los electrones del complejo Citocromo B6-f pasan a la plastocianina una pequeña proteína que transfiere los electrones al Fotosistema I.

() Cuando un fotón de luz llega al centro de reacción del fotosistema II, excita un electrón. Las moléculas de agua se unen a una enzima en el centro de reacción. Esta enzima rompe la molécula de agua y usa los electrones del agua para remplazar los electrones que se removieron del centro de reacción. El oxígeno se produce en este paso del proceso y se libera de la célula.

() El paso de los electrones a través de los complejos crea una concentración de protones en el espacio tilacoidal que promueve la función de la ATP sintasa. La ATP sintasa, une el ADP con el fósforo inorgánico (ADP+Pi) para formar ATP que se libera hacia el estroma. Este proceso de formación de ATP se denomina fotofosforilación.

() La plastoquinona acepta los electrones que salen del fotosistema II. La plastoquinona reducida pasa los electrones al complejo Citocromo B6-f. Al tiempo que el complejo Citocromo b6-f recibe los electrones, bombea protones (H+) desde el estroma hacia el espacio tilacoidal.

() El fotosistema I absorbe un fotón de luz, el centro de reacción pasa los electrones de alta energía a la ferredoxina. La enzima NADP reductasa transfiere los electrones al NADP+ para la formación de NADPH.

Responde las siguientes preguntas:

1.- ¿A qué se debe que se le llame fase dependiente de la luz a esta fase del proceso de fotosíntesis?

2.- ¿Dónde se encuentran los pigmentos antena como los carotenoides y la clorofila b? ¿Qué función tienen?

3.- De acuerdo a lo observado en la actividad experimental: ¿Toda la energía de los fotones se utiliza para realizar trabajo químico (producción de moléculas de energía)? Explica.

4.- ¿Qué productos se obtienen de esta fase del proceso fotosintético? ¿Qué producto se desecha? ¿En qué moléculas queda contenida parte de la energía de los fotones?

Anexo 9. Actividad experimental

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL VALLEJO

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

Pigmentos fotosintéticos y actividad fotosintética en plantas

En el otoño cuando los días se van acortando y las noches haciéndose más largas, con una menor disponibilidad de luz y bajas temperaturas), la producción de clorofila disminuye hasta que la planta se queda sin ella. Una vez que la clorofila ya no está lo que se ven son los llamados “pigmentos accesorios” que siempre han estado allí “enmascarados” por el color verde, dejando ahora visibles los tonos amarillos o naranjas.

La transformación de energía electromagnética (la luz) a energía química ocurre gracias a pigmentos que absorben y reflejan la energía de la luz. La energía absorbida es la que se utiliza por los pigmentos para la realización de trabajo químico y la reflejada no se utiliza y les da su color característico.

En el caso de las plantas, presentan los pigmentos: clorofilas (a y b), carotenoides (carotenos y xantofilas). La clorofila a, refleja color verde oscuro y varía de otras clorofilas en un grupo metilo (CH_3). La clorofila b que refleja color verde claro.

Los carotenoides son pigmentos fotosintéticos que junto con proteínas, forman complejos cosechadores de luz o complejos antena que dirigen la energía al centro de reacción y eliminan el exceso de energía luminosa que pueda dañar la maquinaria fotosintética.

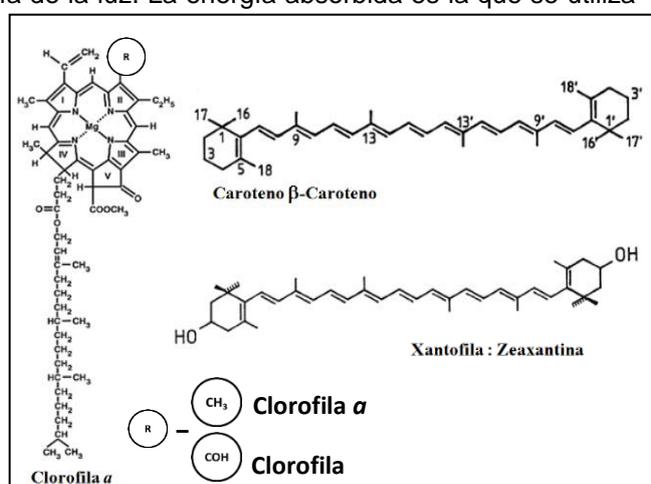


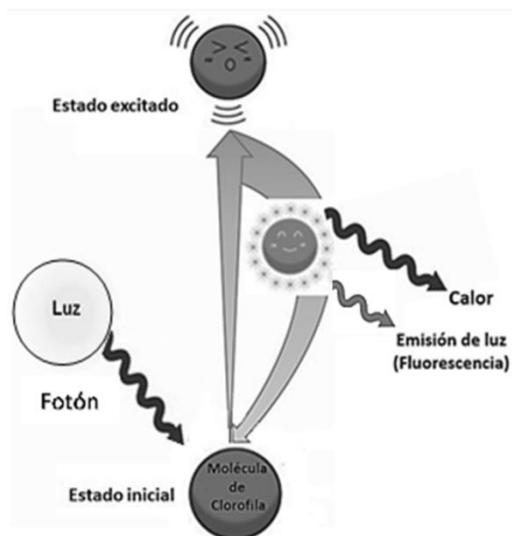
Figura 1. Algunos pigmentos fotosintéticos encontrados en plantas

Cuando la clorofila en el centro de reacción absorbe un fotón, un electrón de la molécula es lanzado a un nivel energético más alto y alcanza un estado excitado. El fotón tiene que contener la cantidad de energía para que un electrón pase de un nivel energético dado a otro superior. El estado excitable es inestable: puede mantenerse solo un periodo breve de tiempo y esta energía absorbida puede disiparse.

La fluorescencia es “luz”, es decir paquetes de energía electromagnética con menor energía que la que absorbieron los pigmentos de la luz, en particular las clorofilas “a” (Fig. 1).

El proceso fotosintético de absorción de la luz y su conversión en energía química para la síntesis de carbohidratos y otras moléculas, puede medido a través de la emisión de fluorescencia de la clorofila a del fotosistema II (PSII).

1.- De acuerdo con la ley de la conservación de la energía “La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma”, observa la imagen y describe en el espacio lo que está ocurriendo:



OBJETIVOS

Objetivo general: Relacionar la concentración de pigmentos con la actividad fotosintética en hojas verdes (nuevas) y hojas amarillas (viejas) de una misma planta.

Objetivos específicos:

- 1.- Comparar cuantitativamente la actividad fotosintética en una hoja verde (“nueva”) y una hoja amarilla (hoja “vieja”) utilizando un medidor portátil de fluorescencia (fluorómetro).
- 2.- Comparar cualitativamente la concentración de clorofila y su emisión de fluorescencia en extractos de hojas verdes y hojas amarillas.
- 3.- Comparar cualitativamente los pigmentos y su emisión de fluorescencia en ambas hojas por separación cromatográfica.

MATERIAL

MATERIAL	REACTIVOS	EQUIPO
<ul style="list-style-type: none"> - Hojas verdes y amarillas de árbol -2 Mortero y pistilo -1 Gradilla -2 Embudo de plástico -2 Tubo de ensayo -1 Pipeta de vidrio de 5 ml -1 Propipeta o pera de plástico -1 Vaso de precipitado de 250 ml -1 Caja Petri -1 Pinzas de disección 	<ul style="list-style-type: none"> -1 Placa cromatográfica de sílica gel de 5x5 cm -2 Capilares - Papel filtro -1 Piseta con agua destilada -4 servitoallas -Tijeras 	<ul style="list-style-type: none"> -10 ml de acetona al 80% -5 ml de hexano-acetato de etilo 30:70 -Fluorómetro “Fluorpen FP 100” -Pinzas para medición -Lámpara de luz UV -Lámpara de mano

METODOLOGÍA

1.- Comparación cualitativa de la actividad fotosintética por emisión de fluorescencia usando un fluorómetro

Preparación de la muestra

- Selecciona 5 hojas verdes (nuevas) y 5 hojas amarillas (viejas) de la misma planta
- Para evitar la deshidratación, coloca las hojas sobre una cama de servitoallas húmedas
- Exponer las hojas durante 10 minutos a la luz.

Medición de la actividad fotosintética



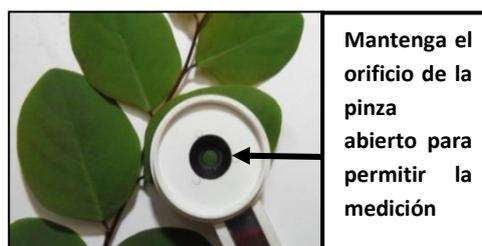
Figura 2. Ensamble de la pinza de hoja al fluorómetro “FluorPen FP 100”.

- Después del tiempo de exposición a la luz coloca la pinza en la hoja.

Ensambla la pinza con la hoja sobre la fuente de iluminación del fluorómetro (Figura 5).

*Verifica que la lámina del obturador de las pinzas esté abierta para permitir la medición de la emisión de la fluorescencia.

- Selecciona con el botón de MENU, el protocolo >QY presione la tecla “SET” para que se realice la lectura. En la



Mantenga el orificio de la pinza abierto para permitir la medición

pantalla verás el valor de la actividad fotosintética.

- d. Anota el valor de las 5 muestras de las hojas verdes (nuevas) y las 5 lecturas de las hojas amarillas (viejas) en tu tabla de resultados.
- e. Multiplica cada valor por 100 para convertir la actividad fotosintética en porcentajes. El valor obtenido está relacionado directamente con la capacidad fotosintética.

2.- Comparación cualitativa de la concentración de clorofila y su actividad fotosintética por comparación visual en extractos.

Preparación de la muestra

- a. Utiliza el cuadrado cartulina (2 cm por lado) como molde para cortar 3 cuadros de hojas verdes ("nuevas"). El área total será de 6 centímetros cuadrados (cm^2).
- b. Coloca los 3 cuadros de las hojas verdes (nuevas) en un mortero y utilizando una pipeta y una propipeta, agrega 5 ml de acetona al 80%. Macera cuidando de no derramar la acetona (Fig. 3).



Figura 3. Macerado del tejido



Figura 4. Obtención del extracto por filtrado

- c. Filtra la muestra utilizando un embudo y un cono de papel filtro. Coloca el embudo con el papel sobre un tubo de ensayo. Vacía todo el macerado en el embudo y permite que se filtre completamente (Figura 4).
- d. Repite los mismos pasos pero ahora con las hojas amarillas.

Comparación visual de clorofila en los extractos.

- a. Coloca los tubos con los extractos lado a lado. De manera visual, determine cualitativamente la concentración de clorofila en los extractos.
- b. Considerando que la muestra de hojas verdes tiene 100% de clorofila, asigna un valor porcentual de clorofila a la muestra de las hojas amarillas (viejas).
- c. Enciende la lámpara de mano y alumbrá cada tubo con extracto. Observa la emisión de fluorescencia (roja) considerando el 100% para la muestra de hojas verdes, asigna un valor porcentual a la muestra de hojas amarillas.

3.- Comparar cualitativamente los pigmentos y su emisión de fluorescencia en ambas hojas por separación cromatográfica en placas de sílica-gel.

- a. **Cámara para cromatografía:** en un vaso de precipitado vacía el contenido del frasco con 5ml de la mezcla de hexano-acetato de etilo (30:70). Con media tapa de una caja Petri cubre el vaso.
- b. Utilizando un capilar deposita sobre la raya marcada con lápiz, del lado izquierdo de la placa el extracto de hojas verdes y del lado derecho el extracto de hojas viejas. Hazlo por lo menos 3 veces, permitiendo que la muestra se seque entre cada siembra (Fig. 5).
- c. Con las pinzas toma la placa y colócala en la cámara procurando que el solvente toque de forma uniforme todo el borde y sin mover la cámara. **Observa la separación de pigmentos conforme el solvente va ascendiendo y anota tus observaciones.**
- d. Retira la placa cuando el solvente llegue a 5 mm de la parte superior de la placa.

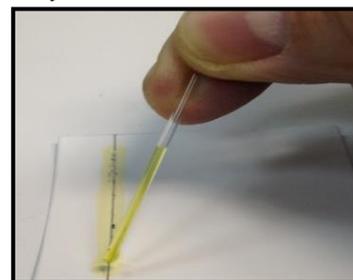


Figura 5. Sembrado de placas cromatográficas

Comparación visual de pigmentos por cromatografía.

- Una vez que obtengas el cromatograma con ambas condiciones (hojas nuevas lado izquierdo y hojas viejas lado derecho) anota los resultados que se te piden.
- Considera que la intensidad de las bandas verdes del extracto de las hojas verdes corresponde al 100% de clorofila que puede tener la hoja.
- Comparando las bandas de cada condición (hoja verde y hoja amarilla), asigna un valor de concentración de clorofila para las hojas amarillas.

Comparar la concentración de clorofila por la intensidad de fluorescencia en los cromatogramas.

- La intensidad de fluorescencia emitida por la clorofila está relacionada con su concentración (más clorofila es igual a más fluorescencia).
- Utilizando una lámpara de luz ultravioleta (UV) alumbrando la placa cromatográfica. Compara la intensidad de fluorescencia en las dos muestras.
- Considera la intensidad de fluorescencia de la muestra de hojas verdes como el 100%
- Compara la intensidad de fluorescencia de la muestra de hojas amarillas con el de las hojas verdes y asígnale un valor porcentual a la emisión de fluorescencia. Anota tus resultados.
NO OBSERVES DIRECTAMENTE LA LUZ ULTRAVIOLETA EMITIDA POR LA LÁMPARA.
EVITA TAMBIÉN EL CONTACTO CON LA LUZ ULTRAVIOLETA

Resultados

1.- Comparación cuantitativa de la actividad fotosintética en una hoja verde (“nueva”) y una hoja amarilla (hoja “vieja”) utilizando un medidor portátil de fluorescencia (fluorómetro).

Hojas verdes		
Hoja	Valor	Porcentaje de fluorescencia (Valor x 100)
1		
2		
3		
4		
5		

Hojas amarillas		
Hoja	Valor	Porcentaje de fluorescencia (Valor x 100)
1		
2		
3		
4		
5		

2.- Comparación cualitativa de la concentración de clorofila y su actividad fotosintética por comparación visual en extractos.

	Extracto hojas verdes	Extracto hojas amarillas
Cantidad de clorofila	100%	
Fluorescencia al hacer incidir un haz de luz con lámpara de mano	100%	

Observaciones:

3.- Comparar cualitativamente los pigmentos y su emisión de fluorescencia en ambas hojas por separación cromatográfica.

	Extracto hojas verdes	Extracto hojas amarillas
Número de bandas		
Cantidad de pigmentos verdes (clorofilas)		
Cantidad de pigmentos amarillos (carotenoides)		
Cantidad de clorofila (Intensidad del color verde de la clorofila)	100%	
Intensidad de Fluorescencia	100%	

Observaciones:

CONCLUSIONES

1. ¿A qué se puede deber que una planta presente una coloración amarilla?
2. ¿Qué tipo de pigmentos actúan con mayor eficacia en la captura de luz en una planta amarilla?
3. ¿Qué hojas presentaron mayor actividad fotosintética? Explica tu respuesta.

Anexo 10. Actividad Ciclo de Calvin



Biología I. Unidad 2: Transformación de energía.



Nombres: _____.

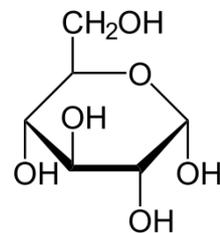
Grupo: _____.

Actividad 3

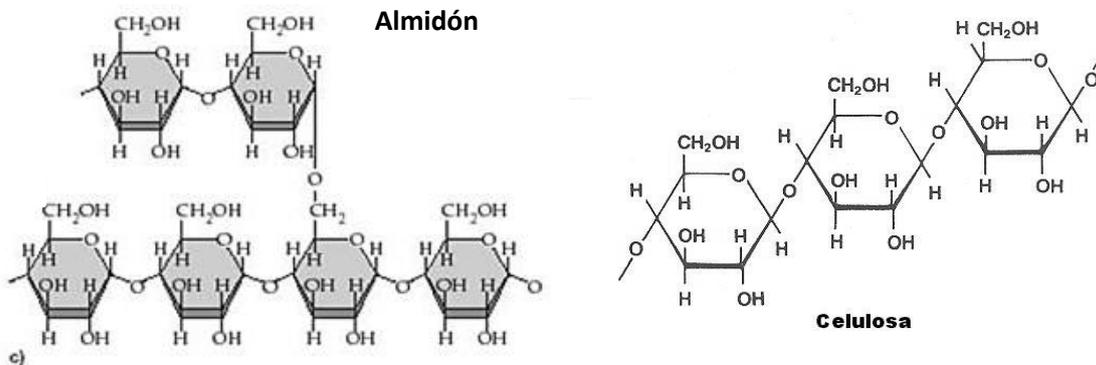
Tú, como todos los organismos de la Tierra, eres una forma de vida basada en carbono. Las moléculas de tu cuerpo se forman con base en esqueletos de carbono. Es posible que sepas que estás formado de carbono; pero, ¿te has preguntado de dónde proviene todo ese carbono?

Observa la imagen. ¿Cuántos carbonos conforman a la glucosa?

_____.



Observa las moléculas de almidón y celulosa. Encierra en un círculo las unidades de glucosa en cada molécula.

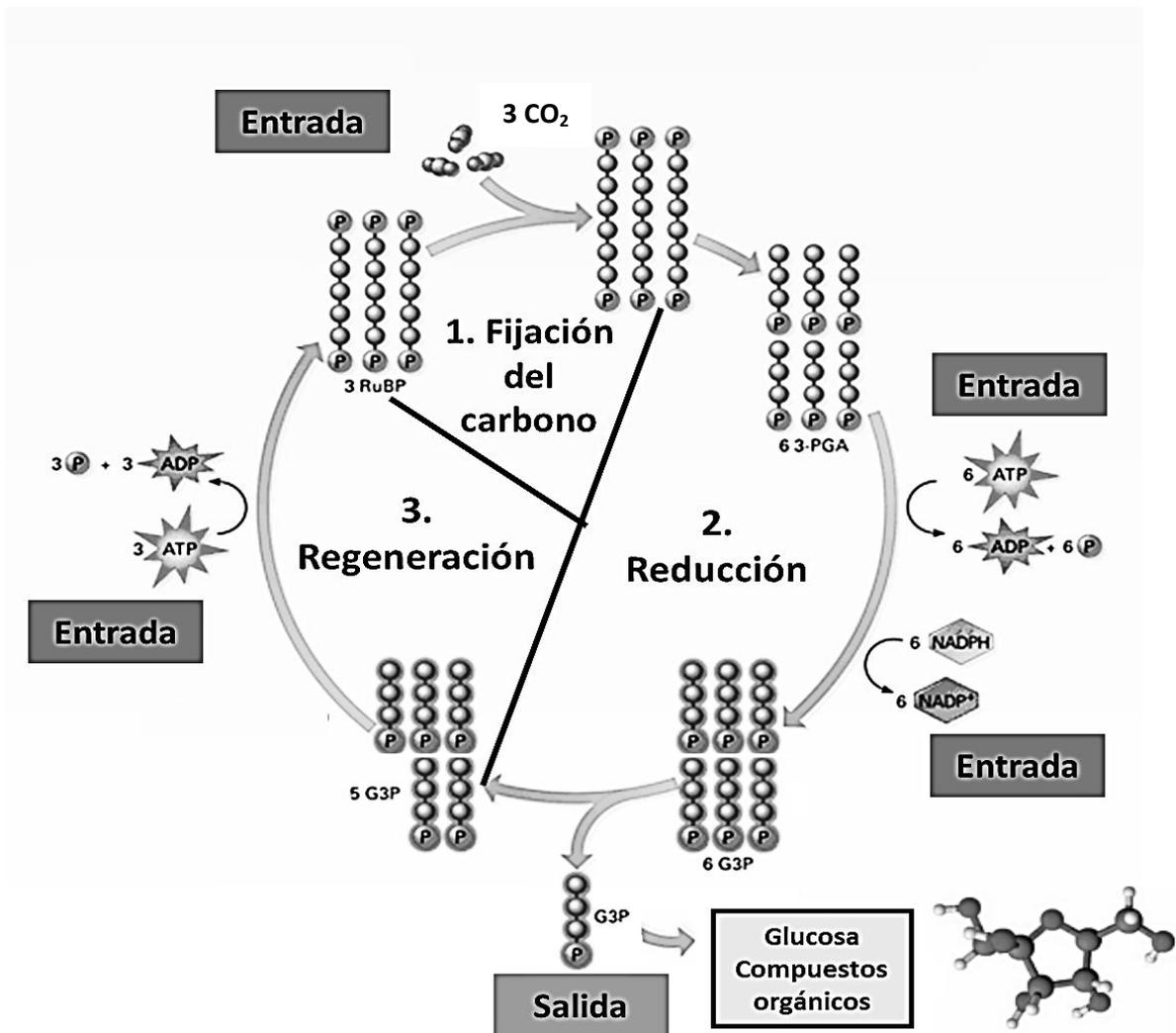


Las moléculas de almidón constituyen una molécula de reserva de las células vegetales y la celulosa forma parte de su pared celular. Así, los animales obtienen su fuente de carbono y energía al alimentarse de organismos autótrofos fotosintéticos que obtienen el carbono del ambiente disponible para las células fotosintéticas en forma de CO_2 .

Las algas, obtienen CO_2 disuelto directamente del agua circundante. En las plantas, el CO_2 del aire llega a las células fotosintéticas a través de aberturas especializadas de las hojas y de los tallos verdes llamadas estomas.

Ya dentro de la célula fotosintética, las enzimas en el estroma del cloroplasto, llevan a cabo reacciones que constituyen un ciclo, denominado Ciclo de Calvin y que se divide en tres etapas principales.

Instrucciones: Observa el esquema del Ciclo de Calvin. Lee el texto con las descripciones de cada etapa del ciclo. Anota en el paréntesis el número de la etapa correspondiente a cada descripción y responde a las preguntas.



() El ATP y NADPH se utilizan para convertir las moléculas de 3-fosfoglicerato (PGA) en moléculas de azúcar de tres carbonos, gliceraldehído-3-fosfato (G3P). Esta etapa se llama así, porque NADPH debe donar sus electrones para formar el G3P. Los carbonos del G3P sirven para la producción de glucosa y otros compuestos.

() Algunas moléculas de gliceraldehído-3-fosfato (G3P) se van para formar glucosa, mientras que otras deben reciclarse para formar el aceptor ribulosa-1,5-bisfosfato (RuBP), que quedará disponible para fijar más moléculas de CO_2 en cada vuelta. Esta etapa requiere de ATP.

() Una molécula de CO_2 se combina con una molécula aceptor de cinco carbonos, la ribulosa-1,5-bisfosfato (RuBP). Este paso produce un compuesto de seis carbonos que se divide para formar dos moléculas de un compuesto de tres carbonos, ácido 3-fosfoglicérico (3-PGA). Esta reacción es catalizada por la enzima RuBP o Rubisco, la enzima más abundante del planeta.

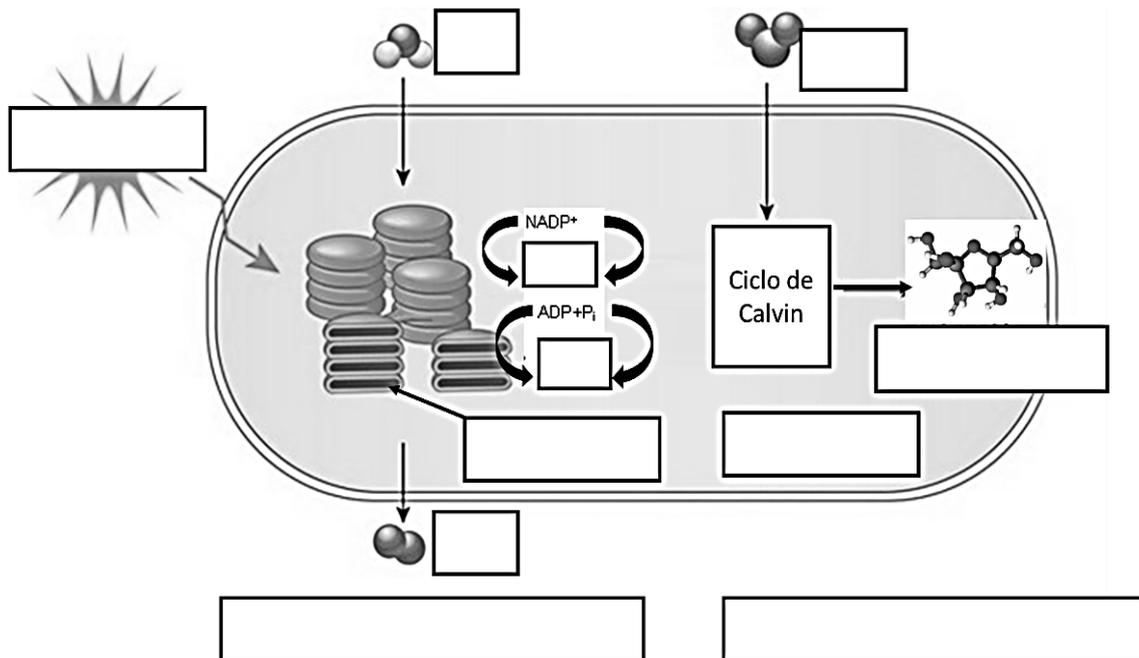
1.- ¿Cuáles son los reactivos utilizados en este ciclo? ¿De dónde provienen? y ¿Cuáles son los productos obtenidos en este ciclo?

2.- A esta fase del proceso se le llama también fase oscura, debido a que no requiere de los fotones de la luz para que se realicen las reacciones. Consideras que la afirmación: “Las reacciones del Ciclo de Calvin las realizan los organismos solamente durante la noche” es Falsa o Verdadera. Explica.

3.- ¿Cuántas moléculas de dióxido de carbono se requieren para producir una molécula de glucosa? _____.

Instrucciones: completa los cuadros con el concepto que corresponda

Fase dependiente de la luz	NADPH	CO₂
H₂O	O₂	Carbohidratos y otras moléculas
Tilacoide	Estroma	Fase independiente de la luz
ATP	Fotones (luz)	



Anexo 11. Post-test

Nombre: _____.

Grupo: _____.

Post-test

Cuestionario

Contesta argumentando tus respuestas de la manera más completa posible las siguientes preguntas:

1.- ¿Las plantas solamente tienen clorofila para la captura de la luz? Sí/No, explica tu respuesta:

2.- ¿Las actividades experimentales pueden ayudar a la comprensión de la transformación de la energía en la fotosíntesis? Sí/No, ¿Por qué?

3.- ¿Dónde se lleva a cabo la fotosíntesis en cuanto a la fase dependiente de la luz y la fase independiente de la luz?

4.- Consideras que esta forma de enseñanza y aprendizaje te ayudó a aclarar y/o comprender conceptos en relación al tema de fotosíntesis. Menciona y explica tres conceptos que hayas reforzado.