



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
FACULTAD DE CIENCIAS
MADEMS-BIOLOGÍA

Propuesta de una estrategia didáctica para la enseñanza del tema de fotosíntesis

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR EN BIOLOGÍA

PRESENTA

BIÓL. FRANCISCO ALEJANDRO SAAVEDRA GONZÁLEZ

TUTOR PRINCIPAL

M. EN C. ALEJANDRO MARTÍNEZ MENA, FACULTAD DE CIENCIAS

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTORAL

DRA. NORA ELIZABETH GALINDO MIRANDA, FACULTAD DE CIENCIAS

DR. LUIS FELIPE JIMÉNEZ GARCÍA, FACULTAD DE CIENCIAS

M. EN D. BEATRIZ CUENCA AGUILAR, ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE CIENCIAS Y
HUMANIDADES

M. EN D. HILDA CLAUDIA MORALES CORTÉS, DIRECCIÓN GENERAL DE LA ESCUELA
NACIONAL PREPARATORIA

CIUDAD DE MÉXICO

FEBRERO DE 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

RESUMEN

Existe en la enseñanza de las ciencias una práctica educativa tradicional que es poco atractiva para los alumnos, tal como mencionan Pantoja y Covarrubias (2013), además, los estudiantes se han formado ciertas concepciones erróneas acerca de conceptos y temas, por ejemplo, la fotosíntesis (Charrier *et al.*, 2006; Sáenz, 2012). El objetivo del presente trabajo es presentar una estrategia didáctica que facilite el proceso de enseñanza-aprendizaje en el tema de la fotosíntesis en el nivel medio superior. Este tema está dirigido a los alumnos que cursan la materia de biología en cualquier sistema de nivel medio superior, y será abordado por medio de una secuencia didáctica que tendrá una duración de cinco horas, repartidas en tres sesiones.

La secuencia didáctica fue aplicada en alumnos del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) y del Colegio de Bachilleres, teniendo resultados favorables, ya que se obtuvo una diferencia significativa entre los momentos de apertura y cierre de la estrategia en ambos sistemas.

ABSTRACT

There is a traditional educational practice in science teaching that is unattractive to students, as mentioned by Pantoja and Covarrubias (2013), in addition students have formed certain misconceptions about concepts and topics, for example photosynthesis (Charrier *et al.*, 2006; Sáenz, 2012). The objective of this paper is to present a didactic strategy that facilitates the teaching-learning process in the subject of photosynthesis in the upper middle level.

The topic of photosynthesis is aimed at students who study biology in any higher middle level system and will be approached through a didactic sequence that will last 5 hours, divided into 3 sessions.

The didactic sequence was applied in students of the CCH and the College of Bachelor, having favorable results, since a significant difference was obtained between the moments of opening and closing of the strategy in both systems.

Contenido

1. DEFINICIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. Caracterización del problema de conocimiento	16
1.1.1. Problema de aprendizaje.....	16
1.1.2. Delimitación del contexto y objeto de estudio.....	17
1.1.3. Hipótesis.....	18
1.1.4. Objetivos.....	18
1.1.4.1. General.....	18
1.2. Antecedentes.....	20
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1. Marco teórico disciplinario.....	22
2.1.1. ¿Qué es la fotosíntesis?.....	22
2.1.2. Las hojas: donde ocurre la fotosíntesis.....	23
2.1.3. Luz y pigmentos relacionados con la absorción de energía.....	25
2.1.4. Fase dependiente de la luz: fotólisis del agua y liberación de oxígeno.....	29
2.1.5. Los fotosistemas.....	29
2.1.6. Fotosistema II: genera ATP.....	31
2.1.7. Fotosistema I: genera NADPH	32
2.1.8. Fase independiente de la luz: fijación de CO ₂	32
2.1.9. Reacciones del ciclo de Calvin	33
3. MARCO PSICOPEDAGÓGICO.....	38
3.1. El Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH).....	38
3.1.1. Misión.....	38
3.1.2. Filosofía.....	38
3.1.2. Modelo educativo.....	39
3.1.3. Bases pedagógicas del CCH.....	40
3.1.4. Plan de estudios.....	40
3.1.5. Programa de Biología.....	41

3.1.6. Enfoque disciplinario de la Biología.....	41
3.1.7. Enfoque didáctico de la Biología.....	41
3.2. El Colegio de Bachilleres.....	43
3.2.1. Fundamentos del programa.....	43
3.2.2. Perfil de egreso.....	43
3.2.3. Intenciones educativas.....	44
3.2.4. Enfoque.....	45
3.3. El constructivismo.....	46
3.3.1. Teorías del aprendizaje.....	48
3.3.1.1. Teoría cognitiva de Piaget.....	48
3.3.1.2. Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel.....	50
3.3.1.3. Aprendizaje social de Vygotsky.....	50
3.3.1.4. Manejo de la motivación escolar.....	51
3.3.1.5. La importancia del juego en la educación.....	51
3.3.1.5.1. Aprendizaje basado en el juego (ABJ).....	53
3.3.2. Modelo pedagógico.....	54
3.3.2.1. Modelo Ciclos de aprendizaje.....	54
3.4. Los sujetos de aprendizaje: adolescentes.....	54
3.4.1. Desarrollo cognitivo.....	54
3.4.1.1. Etapa de las operaciones formales.....	56
3.4.1.2. Lógica proposicional.....	57
3.4.1.3. Razonamiento científico.....	57
3.4.1.4. Razonamiento combinatorio.....	57
3.4.1.5. Razonamiento sobre las probabilidades y las proporciones.....	57
3.4.2. Desarrollo psicosocial.....	58
3.4.2.1. El impacto psicológico de la pubertad.....	58
4. PLANEACIÓN DEL TRABAJO DOCENTE EN EL AULA.....	60
4.1. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS.....	60
4.1.1. Estrategias de enseñanza.....	60

4.1.1.1. RA-P-RP (Respuesta anterior-pregunta-respuesta posterior)	61
4.1.2. Estrategias de aprendizaje.....	62
4.1.2.1. Lluvia de ideas	63
4.1.2.2. Modelo de exposición-discusión	64
4.1.2.3. Aprendizaje cooperativo: técnica de rompecabezas.....	65
4.1.3. La evaluación.....	66
4.1.3.1. Tipos de evaluación.....	67
4.1.3.2. Técnicas e instrumentos de evaluación.....	67
4.2. Metodología.....	68
4.2.1. Materiales y métodos.....	68
5. RESULTADOS	73
5.1. PRÁCTICA DOCENTE I (PD-I)	73
5.1.1. Resultados de las lecturas	73
5.2. práctica docente II (PD-II).....	75
5.2.1. Resultados de las lecturas	75
5.2.2. Resultados del cuestionario RA-P-RP	78
5.2.3. Promedios obtenidos en el cuestionario RA-P-RP	80
5.2.4. Estadísticos de grupo.....	82
5.2.5. Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.....	82
5.2.6. Prueba T de student	82
5.3. PRÁCTICA DOCENTE III (PD-III)	83
5.3.1. Resultados de las lecturas	83
5.3.2. Resultados del cuestionario RA-P-RP	85
5.3.3. Promedios obtenidos en el cuestionario RA-P-RP	88
5.3.4. Estadísticos de grupo.....	89
5.3.5. Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.....	90
5.3.6. Prueba T de student	90
DISCUSIÓN.....	91
CONCLUSIÓN y RECOMENDACIONES.....	94

FUENTES	96
Anexo 1. Contenido temático biología I (CCH)	103
Anexo 2. Contenido temático biología II (CCH).....	105
Anexo 3. Contenido temático biología I (Colegio de Bachilleres)	107
Anexo 4. Planeación didáctica.....	108
Anexo 5. Cuestionario diagnóstico	115
Anexo 6. Sopa de letras.....	116
Anexo 7. Lecturas	118
Anexo 8. Rúbrica RA-P-RP.....	132
Anexo 9. Rúbrica lecturas	134
Anexo 10. Resultados.....	137

Índice de cuadros

Cuadro 1. Estructura de los cloroplastos.....	24
Cuadro 2. Fases del ciclo de aprendizaje.....	54
Cuadro 3. Etapas cognitivas según Piaget.....	55
Cuadro 4. Clasificación de las estrategias de enseñanza.....	61
Cuadro 5. Clasificación de las estrategias de aprendizaje.....	62
Cuadro 6. Fases del modelo exposición-discusión.....	65
Cuadro 7. Fases de la técnica de rompecabezas.....	66
Cuadro 8. Tipos de evaluación.....	67
Cuadro 9. Técnicas e instrumentos de evaluación.....	68
Cuadro 10. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 1 (PD-I).....	73
Cuadro 11. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 2 (PD-I).....	74
Cuadro 12. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 1 (PD-II).....	75
Cuadro 13. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 2 (PD-II).....	76
Cuadro 14. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 3 (PD-II).....	77
Cuadro 15. Resultados obtenidos en la columna de Respuesta anterior (PD-II).....	78
Cuadro 16. Resultados obtenidos en la columna de Respuesta posterior (PD-II).....	79
Cuadro 17. Promedios obtenidos en el cuestionario RA-P-RP.....	81
Cuadro 18. Estadísticos descriptivos.....	82
Cuadro 19. Prueba de homogeneidad de varianzas.....	82
Cuadro 20. Prueba T para la igualdad de medias.....	83
Cuadro 21. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 1 (PD-III).....	83
Cuadro 22. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 2 (PD-III).....	84
Cuadro 23. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 3 (PD-III).....	85
Cuadro 24. Resultados obtenidos en la columna de Respuesta anterior (PD-III).....	86
Cuadro 25. Resultados obtenidos en la columna de Respuesta posterior (PD-III).....	87
Cuadro 26. Promedios obtenidos en el cuestionario RA-P-RP.....	88
Cuadro 27. Prueba de homogeneidad de varianzas.....	90
Cuadro 28. Prueba T para la igualdad de medias.....	90

Índice de Figuras

Figura 1. Reacciones globales de la fotosíntesis	22
Figura 2. Destino de todos los átomos en la fotosíntesis	23
Figura 3. Estructura de los cloroplastos.....	25
Figura 4. Espectro electromagnético	26
Figura 5. Espectro de absorción de pigmentos.....	27
Figura 6. Molécula de clorofila	28
Figura 7. Componentes de un fotosistema.....	31
Figura 8. Producción de ATP por quimiósmosis en la fotosíntesis	32
Figura 9. Esquema general de las reacciones independientes de la luz.....	33
Figura 10. Fase de fijación de carbono-ciclo de Calvin	34
Figura 11. Fase de reducción-ciclo de Calvin	35
Figura 12. Esquema del movimiento de electrones en las reacciones dependientes de la luz	36
Figura 13. Panorama del ciclo de Calvin.....	37
Figura 14. Diseño de la estrategia didáctica en la primera sesión.....	70
Figura 15. Diseño de la estrategia didáctica en la segunda sesión	71
Figura 16. Diseño de la estrategia didáctica en la tercera sesión	72
Figura 17. Porcentaje obtenido en la lectura 1 (PD-I).....	74
Figura 18. Porcentaje obtenido en la lectura 2 (PD-I).....	75
Figura 19. Porcentaje obtenido en la lectura 1 (PD-II).....	76
Figura 20. Porcentaje obtenido en la lectura 2 (PD-II).....	77
Figura 21. Porcentaje obtenido en la lectura 3 (PD-II).....	78
Figura 22. Porcentaje de los resultados de la columna Respuesta anterior (PD-II)	79
Figura 23. Porcentaje de los resultados de la columna Respuesta posterior (PD-II).....	80
Figura 24. Gráfica de caja y bigote con los promedios obtenidos en los momentos de RA y RP (PD-II).....	81
Figura 25. Gráfica de caja y bigote que muestra los promedios obtenidos en las tres lecturas (PD-III)	85
Figura 26. Resultados obtenidos en la columna de Respuesta anterior (PD-III)	86
Figura 27. Porcentaje de los resultados de la columna Respuesta posterior (PD-III)	87

Figura 28. Gráfica de caja y bigote con los promedios obtenidos en los momentos de RA y RP (PD-III).....89

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual me brindó la oportunidad de desarrollarme académicamente.

Expreso mi profundo reconocimiento y agradecimiento a mi tutor de tesis, M. en C. Alejandro Martínez Mena, por su amistad, instrucción y colaboración durante el desarrollo de esta investigación, por todo el apoyo brindado no sólo académicamente, sino personalmente.

Al resto de los miembros del jurado, los doctores Nora. E. Galindo Miranda y Luis Felipe Jiménez García y las maestras Beatriz Cuenca Aguilar e Hilda Claudia Morales, les agradezco su paciencia, empeño, apoyo, tiempo y dedicación para corregir este manuscrito.

A mi profesor de práctica docente, el M. en D. Jonathan Hernández, por su amistad, consejos, apoyo, comprensión y observaciones. Al igual que por compartirme su tiempo y conocimientos.

A mis compañeros de maestría: Enriqueta González, Adrián Reyna, Celso Luna, y Gethsemany García, por su amistad, apoyo y consejos para mejorar este trabajo.

A mis padres, Francisco Saavedra y Martha González, por que ustedes han sido mi motivación y apoyo.

A mi hermano Carlos Saavedra que siempre ha estado junto a mí, brindándome su apoyo, siempre guiándome y cuidándome.

A dios, por darme todo lo que tengo, por ser quién soy y estar donde estoy.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) le agradezco por la beca recibida durante la maestría que me permitieron realizar este trabajo.

PRESENTACIÓN

La decisión de presentar una estrategia didáctica basada en el juego surge de mi interés por enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. El presente trabajo considera una serie de estrategias que no sólo permite realizar una clase más dinámica, sino que también favorezca la participación de los alumnos, un mayor razonamiento y una mejor interacción alumno-maestro y alumno-alumno, mediante la elaboración de material didáctico útil.

La importancia de esto, es que se requiere de una mayor motivación de los alumnos para el aprendizaje, uno de los principales retos que tienen los profesores es llamar su atención y que ellos comprendan que aprender ciencias no necesariamente es aburrido e incomprensible, sobre todo en temas o contenidos abstractos y complicados, como es el caso de la fotosíntesis.

Uno de los primeros obstáculos que presenta esta investigación sobre este problema es la escasez de estudios al respecto, específicamente acerca de la propuesta que se establece en el presente trabajo. Por un lado, no hay suficiente información o trabajos realizados en México sobre el uso del memorama y, por el otro, sólo existe información sobre trabajos realizados con diversos juegos y temas, sin embargo, para el tema de fotosíntesis es escasa.

Segundo, en lo referente a la práctica docente; en primer lugar, se observó y comprobó que, aunque es útil el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), por ejemplo, las presentaciones en Powerpoint, no siempre se puede garantizar que la institución cuente con los suficientes recursos materiales para que el profesor haga uso de ello, por lo que es necesario que siempre se cuente con material didáctico disponible para solventar esas deficiencias.

Estructura de la tesis

El objetivo de la presente investigación es presentar una estrategia didáctica basada en el juego sobre el tema de la fotosíntesis, de tal manera que se facilite el proceso de aprendizaje, generando en los alumnos motivación, así como reflexión y análisis. La presentación de los temas se hace en cinco capítulos: 1. Definición de la investigación, 2. Marco teórico, 3. Marco psicopedagógico, 4. Planeación del trabajo docente en el aula y 5. Resultados, además de la discusión y la conclusión.

En el primer capítulo se presentan los antecedentes y el problema de aprendizaje en la enseñanza de la biología que abordo en este trabajo, y que tiene relación con los referentes de esa disciplina, para que el lector sepa cuál es la orientación de la propuesta y que está en relación con los objetivos planteados, específicamente respecto de la fotosíntesis, en torno a las concepciones que tienen los alumnos y profesores de biología sobre dicho tema.

En el segundo capítulo se alude al marco teórico disciplinario, en este caso se responden las preguntas ¿qué es la fotosíntesis?, ¿en dónde se lleva a cabo?, ¿cuáles son sus etapas? y ¿cómo están conformadas estas etapas?

En el tercer capítulo se desarrolla la pregunta ¿a quién quiero llevar este conocimiento por medio del desarrollo del marco psicopedagógico? Aquí se caracteriza el contexto, respondiendo a las preguntas ¿a quién?, ¿dónde? y ¿con qué modelo educativo? Se plantea el nivel escolar, la edad y el tipo de público para el que se realiza esta investigación.

Mención especial se hace al modelo pedagógico, en el que se basa esta propuesta, y que para este caso es el ciclo de aprendizaje, realizado desde un enfoque constructivista.

En el cuarto capítulo se expone el tipo de acción en el que se lleva el conocimiento a otro, a través del diseño de la estrategia, con la que se responde a las preguntas ¿cómo? y ¿con qué? En este capítulo se desarrolla concretamente la estrategia para su ejecución; se describe lo que se planea hacer para desarrollar la temática del problema biológico. Se expone la metodología, los materiales, métodos utilizados y forma de evaluación.

En el quinto capítulo se muestran los resultados obtenidos en la práctica docente. Aquí se presentan gráficas y cuadros elaborados con todos los formatos obtenidos de dichas prácticas.

Por último, en la discusión y la conclusión, respectivamente, se presenta una serie de reflexiones sobre el contenido de los capítulos precedentes y se formulan algunas propuestas, producto de esta investigación y de las observaciones directas que, desde luego, no pretenden ser las más completas ni acabadas.

1. DEFINICIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA DE CONOCIMIENTO

1.1.1. Problema de aprendizaje

El proceso de la fotosíntesis es uno de los temas esenciales en biología escolar porque representa la idea fundamental para que los estudiantes entiendan cómo los componentes de un ecosistema están relacionados entre sí (Wichaidit *et al.*, 2011; Niño, 2014; Dimec y Strgar, 2017).

Existe en la enseñanza de las ciencias y, entre éstas, la biología, una práctica educativa tradicional que es poco atractiva para los alumnos. Tal y como lo explican Pantoja y Covarrubias (2013), el resultado es que los estudiantes, en general, dedican la mayor parte del tiempo a memorizar nombres, datos, eventos, etc., que más tarde deben reproducir con fidelidad pero que terminan olvidando. De igual manera, estudios diversos sobre el aprendizaje de la fotosíntesis revelan las dificultades de los estudiantes para comprender este concepto, debido a que este proceso biológico está lejos de las experiencias de los estudiantes y es muy abstracto, además, se identificaron concepciones alternativas en los estudiantes y profesores relacionadas con este proceso (Charrier *et al.*, 2006; Wichaidit *et al.*, 2011; Sáenz, 2012; Urey, 2018):

- a) Las definiciones brindadas por los estudiantes en torno a la fotosíntesis guardan escasa relación con el concepto escolar. Por lo general mencionan que las plantas realizan fotosíntesis para crecer y vivir.
- b) Desconocen la función de la hoja. Para muchos, éstas sirven para captar el agua de la lluvia o para recibir los alimentos.
- c) Por lo general no mencionan la clorofila o desconocen su función, y los que la nombran le atribuyen una gran variedad de funciones:
 - 1) Dar color a las hojas,
 - 2) Es la sangre de las plantas.
 - 3) Se combina con el dióxido de carbono para formar glucosa.
 - 4) Es una sustancia que atrae la luz y sirve como protección.
 - 5) Es un alimento.
 - 6) Se combina con el yodo para producir una sustancia color negro, llamada almidón.
 - 7) Elabora los alimentos.
- d) Confunden el papel del dióxido de carbono y el oxígeno.
- e) Confunden fotosíntesis con respiración.

- f) Las transformaciones de energía solar en energía química por lo general no lo mencionan, no obstante conocen que las plantas necesitan luz.
- g) Para muchos estudiantes la energía es un medio para producir calor. Desconocen dónde queda contenida la energía como resultado de la fotosíntesis.
- h) En pocos casos se menciona la elaboración de hidratos de carbono en el proceso, en particular el almidón.
- i) Los estudiantes no reconocen los reactivos y la transferencia de energía.

Charrier *et al.* (2006) mencionan que el origen de estas concepciones podría estar relacionado con múltiples factores. En primer lugar, esto puede deberse a una formación científica deficiente de los docentes en relación con este concepto, condiciones insatisfactorias de trabajo, preparación didáctica inadecuada e insuficiente, materiales curriculares de planteamientos tradicionales, contenidos no actualizados y errores frecuentes, esquema rígido de la organización escolar e influencias negativas del contexto sociocultural cotidiano, dificultades provenientes del propio campo conceptual, errores y planteamientos inadecuados detectados en los libros de texto, como la utilización de más de un término para un concepto: respiración interna, respiración externa, respiración celular, respiración aeróbica, etc., lo que crea confusión en la mente de los estudiantes. De igual manera, propuestas muy tradicionales para su enseñanza.

1.1.2. Delimitación del contexto y objeto de estudio

Ante esta problemática, se propone una estrategia didáctica basada en el juego. Estrategia enfocada a definir y describir los principales componentes que conforman la fotosíntesis, y que tiene como objetivo que los alumnos reconozcan al cloroplasto como el principal organelo encargado de la transformación de la energía, el tema que se pretende abordar es el de *Estructura y función celular*, concepto que se encuentra contemplado dentro del plan de estudios de Biología I del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH).

Este tema es de gran importancia porque se trata de un proceso biológico central del que depende no sólo la sobrevivencia de las plantas, sino la de todos los seres vivos que habitan el planeta, debido a que por medio de este proceso se convierte la energía solar en energía química que se almacena en la molécula de glucosa. De hecho, puesto que la fotosíntesis representa la única vía de entrada de carbono a la biósfera, es innegable que los organismos fotosintéticos (productores primarios) sustentan la vida en la tierra, conformando

el eslabón de inicio de todas las cadenas alimenticias (Galindo *et al.*, 2012; León y Guevara, 2007; Niño, 2014).

1.1.3. Hipótesis

La pregunta de investigación de este trabajo es si, con la propuesta de la estrategia didáctica, utilizando el modelo de Aprendizaje Basado en el Juego (ABJ), el alumno comprenderá la función de los diversos elementos que intervienen en el proceso de la fotosíntesis:

- La hipótesis nula (H_0) asumirá que no existen diferencias significativas entre los momentos de inicio y cierre posterior a la aplicación de la estrategia didáctica.
- La hipótesis alternativa (H_a) asumirá que existen diferencias significativas entre los momentos de apertura y cierre posterior a la aplicación de la estrategia didáctica.

1.1.4. Objetivos

1.1.4.1. General

- Presentar una estrategia didáctica que facilite el proceso de enseñanza-aprendizaje en el tema de la fotosíntesis en el nivel medio superior.

1.1.4.2. Particulares

- Identificar y definir el problema de aprendizaje del tema de la fotosíntesis en los alumnos de nivel medio superior.
- Describir el proceso de la fotosíntesis.
- Caracterizar el contexto del conocimiento.
- Diseñar y aplicar una estrategia de aprendizaje basada en el juego del tema de la fotosíntesis.
- Analizar los aspectos cuantitativos y cualitativos de los resultados después de la aplicación de la estrategia didáctica.
- Plantear y proponer estrategias lúdicas para la enseñanza del tema de la fotosíntesis en el nivel medio superior.

El tema de la fotosíntesis tiene su fundamento en los esquemas epistemológicos de los referentes de la biología (González-González, 1991). Pertenece a las disciplinas analíticas, y está relacionado con la Biología Celular debido a que se trata de un proceso que

ocurre a nivel celular en dos fases: fase fotoquímica (lumínica) y fase bioquímica (fijación del dióxido de carbono).

Desde las disciplinas sintéticas, la fotosíntesis se encuentra relacionada con la Ecología debido a que existen claras relaciones entre las plantas y el medio en el que viven.

La fotosíntesis se vincula también con el ambiente en cuanto al manejo de recursos naturales, ya que, hasta ahora, el hombre ha satisfecho muchas de sus demandas energéticas basándose en este proceso, que se ha utilizado, mayoritariamente, en las reservas de carbón y petróleo.

La fotosíntesis, de igual manera, se encuentra vinculada con los procesos de autoperpetuación, particularmente en relación con el concepto fundamental del metabolismo (intercambio de energía).

Las actividades de regulación en las plantas están a cargo de células y tejidos que no se especializan en ello, sino que realizan más funciones. Una planta puede responder de muy distintas maneras a cualquier cambio ambiental: la gravedad, cambios en la intensidad y de dirección y a distintas longitudes de onda de la luz, iluminación, cambios de temperatura y humedad, viento y agua, cambios de estación, etc. En consecuencia, las plantas muestran un comportamiento que, en gran parte, es producido por factores de crecimiento.

Este trabajo pretende revisar el concepto de perpetuación, de tal forma que los alumnos sean capaces de relacionar dicho concepto con la función de los principales elementos de la fotosíntesis.

1.2. ANTECEDENTES

A continuación se presenta una pequeña relación de propuestas de estrategias para la enseñanza de la fotosíntesis elaboradas por diversos autores:

Fatma Ekici *et al.* (2007) examinaron la efectividad de las caricaturas conceptuales para diagnosticar y superar los conceptos erróneos de los estudiantes relacionados con la fotosíntesis.

Por otra parte, Sandra Beltrán Durán (2009) señala que el objetivo principal de su trabajo fue el de diseñar y aplicar una estrategia de aprendizaje novedoso para abordar el tema de la fotosíntesis; se buscaba que los alumnos tuvieran un mejor desempeño y una mayor comprensión de este proceso con la ayuda de material didáctico.

Sittichai Wichaidit y colegas (2011) examinaron en su estudio la aplicación de los conceptos de analogía y modelo en unos estudiantes tailandeses de una escuela intermedia. La analogía asignó características clave del análogo (cocinar alimentos) al concepto objetivo (fotosíntesis). La actividad de modelado brindó la oportunidad para que los estudiantes comprendieran cómo las plantas usan el azúcar para sintetizar celulosa y almidón.

Germán Arturo Gómez Niño (2014) desarrolla una estrategia didáctica basada en un juego de mesa, “Viaje al reino de la fotosíntesis”, que permite al estudiante interactuar con el conocimiento de una forma distinta.

Noemí Peña y Máximo Sedano (2014), por su parte, revisan varios casos de éxito de juegos serios y su influencia en el proceso de aprendizaje; consideran que la tutoría es la clave para guiar a los estudiantes a lo largo de la actividad y describen qué tipo de habilidades y destrezas pueden lograrse a través de tales juegos. Además de que opinan que estos juegos son la herramienta perfecta para lograr transmitir contenidos y valores de manera atractiva y eficiente.

Marco Antonio Noh Noh (2016) desarrolló una propuesta pedagógica encaminada a la mejora de la comprensión lectora a través del juego del memorama.

Aiko Sato y Jonathan de Haan (2016) aplicaron un enfoque popular a la enseñanza de juegos de estrategia modernos utilizando elementos del aprendizaje experiencial clásico (demostración, observación, reflexión, discusión y experiencias repetidas).

Por último, cabe mencionar a Mohd Adlan Ramly *et al.* (2017), quienes buscaron dilucidar el uso de juego de cartas, “Juego de síntesis de proteínas”, como herramienta de aprendizaje para estudiar el tema de síntesis de proteínas en biología.

2. MARCO TEÓRICO

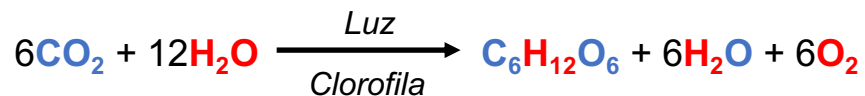
2.1. MARCO TEÓRICO DISCIPLINARIO

A continuación se presentan las bases teóricas de la fotosíntesis. Los conceptos y elementos necesarios para la realización de este trabajo están tomados de dichas bases.

2.1.1. ¿Qué es la fotosíntesis?

La fotosíntesis es un proceso anabólico realizado por organismos autótrofos (plantas, algas y bacterias, como las cianobacterias), que transforman la energía del sol en energía química. Consiste en la síntesis o fabricación de compuestos de carbono de alta energía como la glucosa (C₆H₁₂O₆), a partir de moléculas de baja energía como el dióxido de carbono inorgánico (CO₂) y agua (H₂O), empleando la energía luminosa del sol, mientras que se libera oxígeno como subproducto (figura 1; Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019a).

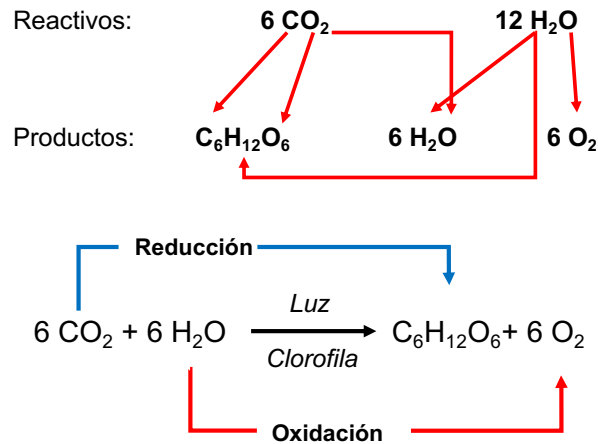
Figura 1. Reacciones globales de la fotosíntesis



FUENTE: elaboración propia, a partir de Solomon *et al.* (2001).

La fotosíntesis es un proceso redox (óxido-reducción). Cuando las moléculas se parten y liberan al O₂, en realidad está produciéndose una oxidación; esto es, pierden electrones, junto con iones hidrógeno (H⁺). Mientras tanto, el CO₂ se reduce a carbohidrato a medida que los electrones e iones H⁺ se le adicionan (figura 2; Campbell *et al.*, 2001).

Figura 2. Destino de todos los átomos en la fotosíntesis



FUENTE: elaboración propia, a partir de Audersik *et al.* (2003).

Hay dos tipos de transformaciones durante el proceso fotosintético que mencionan Galindo *et al.* (2012):

- 1) La energía solar se transforma en energía química.
- 2) Las moléculas inorgánicas se transforman en moléculas orgánicas.

2.1.2. Las hojas: donde ocurre la fotosíntesis

Las plantas son los autótrofos más comunes en los ecosistemas terrestres (Khan, 2019a). Todos los tejidos verdes de las plantas pueden sintetizar, pero la mayor parte de la fotosíntesis ocurre en las hojas. Las células de una capa intermedia de tejido foliar llamada mesófilo¹ es el lugar donde ocurre la fotosíntesis (Nabors, 2006; Campbell *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Khan, 2019a).

En casi todas las plantas, en la superficie de las hojas, hay unos pequeños poros llamados estomas, los cuales permiten que el dióxido de carbono se difunda hacia el mesófilo y el oxígeno hacia el exterior (Nabors, 2006; Campbell *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Khan, 2019a).

Entre las características más notables de las células vegetales (figura 3), con respecto a la de los animales superiores, destacan la presencia de una pared celular, a la que deben su

¹ Del griego *mesos*, “medio”, y *phyllon*, “hoja”. Tejido fundamental del *clorénquima* situado entre la epidermis superior e inferior de la hoja. Lugar de la fotosíntesis (Campbell *et al.*, 2001).

rigidez y forma geométrica, y de estructuras subcelulares de forma ovoide y color verde, los *cloroplastos*, organelos muy distintivos presentes en el citoplasma vegetal (León y Guevara-García, 2007). Estos organelos acumulan grandes cantidades de pigmentos vegetales, tanto de clorofila (pigmento responsable del color verde) como de carotenos (pigmento responsable de los colores amarillo a rojo en las plantas (Nabors, 2006; León y Guevara-García, 2007; Khan, 2019a).

La estructura de los cloroplastos coadyuva a la realización de su principal función: atrapar energía solar:

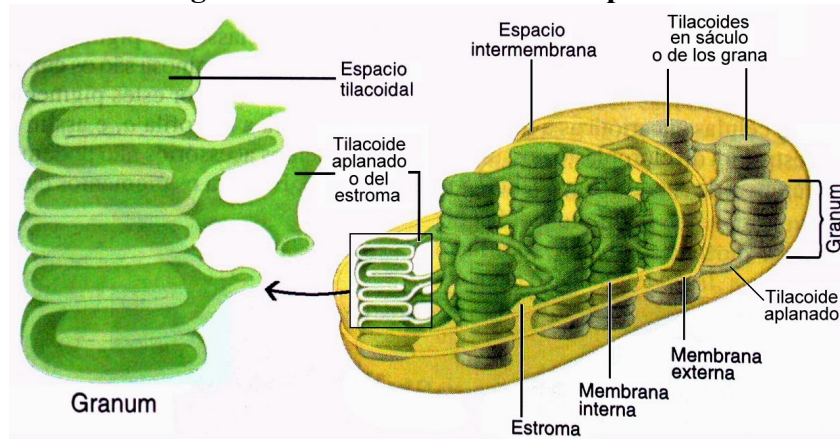
Cuadro 1. Estructura de los cloroplastos

Organelos	Función
Tilacoides	Sacos aplanados internos, rodeados de membranas.
Grana	Apilamiento de sacos (en forma de monedas).
Estroma	Fluido que rodea los tilacoides y es el sitio de producción y almacenamiento de azúcares.

FUENTE: Nabors (2006), León y Guevara-García (2007), Campbell *et al.* (2011), Audersik *et al.* (2003); Khan (2019a).

Estos organelos conforman un andamio membranal en el que se incorporan múltiples proteínas y pigmentos para constituir los llamados complejos fotosintéticos, que se encargan de realizar las reacciones que dependen de la luz y que involucran el transporte de electrones, y la síntesis de energía metabólica y poder reductor (ATP y NADPH) requeridos para la fijación de CO₂ atmosférico (ciclo de Calvin-Benson) (León y Guevara-García, 2007).

Figura 3. Estructura de los cloroplastos



FUENTE: Martínez (2013).

2.1.3. Luz y pigmentos relacionados con la absorción de energía

¿Qué es la energía de la luz? La luz es una forma de radiación electromagnética, es decir, un tipo de energía que viaja en ondas (como las ondas de radio, microondas, rayos x, entre otras; figura 4). En conjunto, todos los tipos de radiación electromagnética conforman el espectro electromagnético (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

Cada onda electromagnética tiene una longitud de onda² particular. Los tipos de radiación con longitudes de onda larga (ondas de radio, microondas, infrarrojo), llevan menos energía que aquellos con longitudes de onda corta (ultravioleta, rayos x, rayos gamma) (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

El espectro visible es la única parte del espectro electromagnético que puede ser visto por el ojo humano. Su longitud de onda está aproximadamente entre 400 nm y 700 nm. La luz visible del sol parece blanca, pero en realidad se compone de varias longitudes de onda (colores) de la luz. Estos se pueden apreciar cuando la luz atraviesa un prisma: dado que las distintas longitudes de onda están inclinadas en diferentes ángulos a medida que atraviesan el prisma, se dispersan y forman lo que vemos como arcoíris. La luz roja tiene longitud de onda más larga y menor cantidad de energía, mientras que la luz ultravioleta tiene la longitud

² Distancia existente entre dos crestas o valles adyacentes que se mueven a lo largo con velocidad constante (Tippens, 2011).

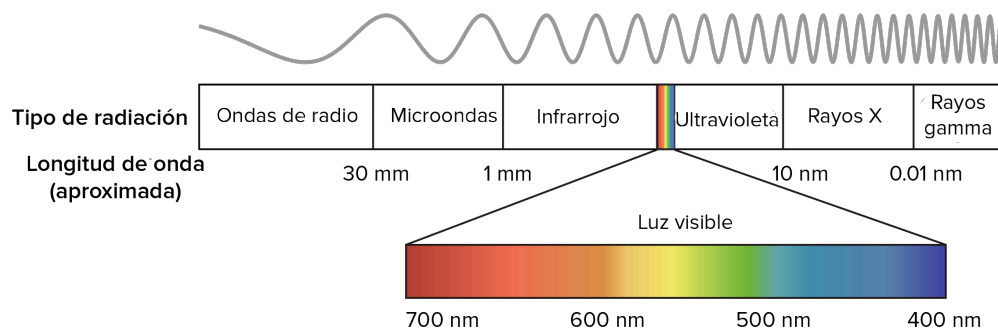
de onda más corta y mayor cantidad de energía (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

Aunque la luz y otras formas de radiación electromagnética actúan como ondas en muchas condiciones, también pueden actuar como partículas en otras. La luz visible y otras formas de energía electromagnética se mueven a través del espacio en forma de paquetes energéticos denominados *fotones*, que varían según la cantidad de energía que contienen, dependiendo de la longitud de onda. Los tipos de radiación con longitud de onda corta tienen fotones de alta energía, mientras aquellos con longitud de onda larga tienen fotones de baja energía (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

En la fotosíntesis, la energía solar se convierte en energía química gracias a las moléculas que absorben la luz. Sin embargo, no se usan de igual manera todas las distintas longitudes de onda en la luz del sol, ya que los organismos fotosintéticos tienen organelos denominados pigmentos que absorben sólo longitudes de onda específicas de la luz visible, mientras que otras las reflejan (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

El conjunto de longitudes de onda que absorbe un pigmento se conoce como espectro de absorción (figura 5). El conjunto de longitudes de onda que un pigmento no absorbe la refleja, y la luz reflejada es lo que vemos como color. Por ejemplo, percibimos las plantas de color verde por su gran contenido de moléculas de clorofila a y b, que reflejan luz verde (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

Figura 4. Espectro electromagnético



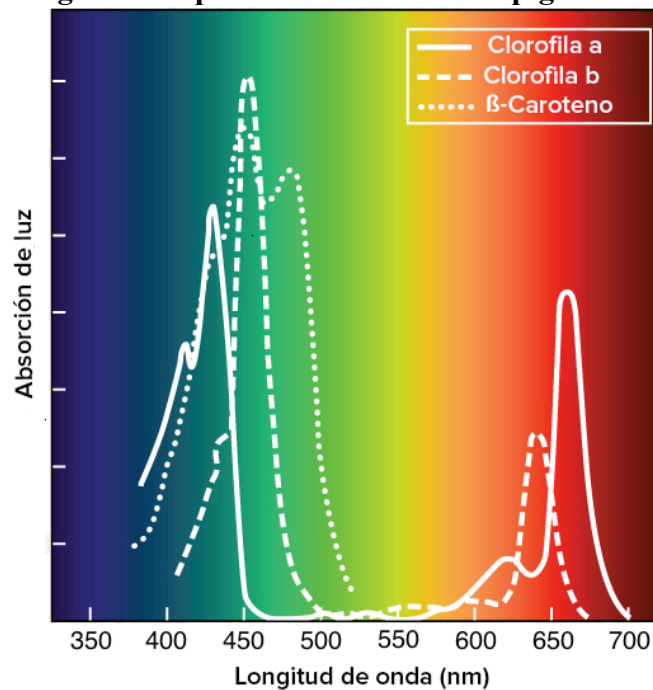
FUENTE: Khan (2019b).

La mayoría de los organismos fotosintéticos tiene una diversidad de pigmentos, lo cual le permite absorber energía de una amplia gama de longitudes de onda. Los dos grupos más importantes en las plantas son las clorofilas y los carotenoides (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

Hay cinco tipos principales de clorofilas: α , β , c y δ , más una molécula relacionada que se encuentra en procariontes llamada bacterioclorofila. En las plantas, la clorofila α y la clorofila β son los principales pigmentos fotosintéticos. Las moléculas de clorofila absorben longitudes de onda azules y rojas (figura 5).

A nivel estructural, las moléculas de clorofila se componen de una cola hidrófoba³ que se inserta en la membrana del tilacoide y una cabeza de anillo de porfirina⁴ que absorbe la luz (figura 6; Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

Figura 5. Espectro de absorción de pigmentos



FUENTE: Khan (2019b).

³ Se aplica a aquellas sustancias que son repelidas por el agua, o que no se pueden mezclar con ella (Wikipedia, 2019).

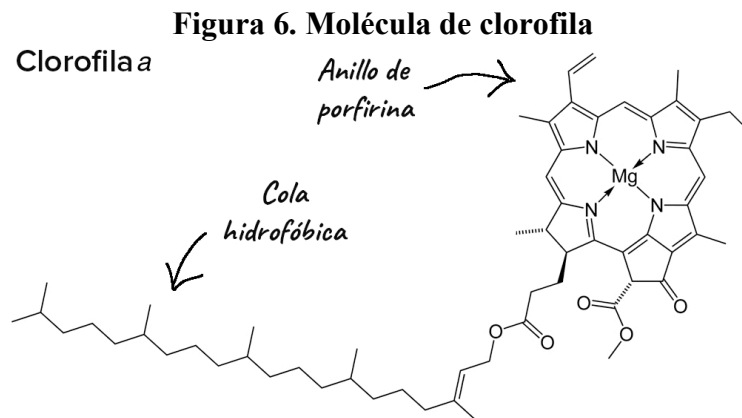
⁴ Grupo circular de átomos que rodea a un ion de magnesio (Khan, 2019).

Aunque tanto la clorofila α como la clorofila β absorben la luz, la clorofila α tiene una función única y crucial al convertir la energía de la luz en energía química. Todas las plantas fotosintéticas, algas y cianobacterias contienen clorofila α , mientras que sólo las plantas y algas verdes contienen clorofila β (Khan, 2019b).

Debido a la función central de la clorofila α en la fotosíntesis, todos los pigmentos utilizados, además de la clorofila α , se conocen como pigmentos accesorios, que incluyen otras clorofilas, así como otras clases de pigmentos, como los carotenoides. El uso de pigmentos accesorios permite la absorción de una gama más amplia de longitudes de onda, y, por lo tanto, una captura mayor de energía de la luz solar (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

Los carotenoides son otro grupo clave de pigmentos que absorben la luz violeta y verde azulada (figura 5), Aquellos encontrados en frutos (por ejemplo, el rojo del tomate, contiene licopeno; el amarillo de las semillas de maíz, contiene zeaxantina; o el naranja de una cáscara de esa fruta, β -caroteno) se utilizan como avisos para atraer animales, que pueden ayudar a dispersar las semillas de las plantas (Khan, 2019b).

En la fotosíntesis, los carotenoides ayudan a captar la luz, pero también tienen una función importante al deshacerse del exceso de energía luminosa. Cuando una hoja está expuesta a pleno sol, recibe una cantidad enorme de energía; si dicha energía no se maneja adecuadamente, puede dañar la maquinaria fotosintética. Los carotenoides de los cloroplastos ayudan a absorber el exceso de energía y a disiparla como calor (Khan, 2019b).



FUENTE: Khan (2019b).

2.1.4. Fase dependiente de la luz: fotólisis del agua y liberación de oxígeno

Las plantas y otros organismos fotosintéticos absorben la energía solar gracias a las moléculas de pigmento que absorben la luz en sus hojas. Pero, ¿qué sucede con la energía de la luz que se absorbe?, sabemos que la energía no puede simplemente desaparecer, y esto se debe a la primera ley de la termodinámica⁵ (Khan, 2019b).

Resulta que parte de la energía de la luz que absorben los pigmentos en las hojas se convierte en energía química. Esto sucede durante la primera etapa de la fotosíntesis, que consiste en una serie de reacciones químicas conocidas como reacciones dependientes de la luz (Khan, 2019b).

Las reacciones de esta primera etapa se producen en la membrana de los tilacoides y necesitan suministro continuo de energía luminosa. La clorofila absorbe esta energía que se convierte en energía química mediante la formación de dos compuestos: ATP⁶ (portador de energía) y NADPH⁷ (portador de electrones). Estas moléculas almacenan energía para usarla en la próxima etapa de la fotosíntesis: el ciclo de Calvin, e impulsar la síntesis de moléculas de almacenamiento de alta energía, como la glucosa (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

2.1.5. Los fotosistemas

Los pigmentos fotosintéticos, como la clorofila α , la clorofila β y los carotenoides, son moléculas que absorben la luz y se encuentran en las membranas de los tilacoides en los cloroplastos. Los pigmentos están organizados junto con proteínas en complejos llamados fotosistemas. Cada fotosistema tiene complejos que absorben la luz que contienen moléculas proteicas asociadas, entre 300 y 400 clorofilas junto con otros pigmentos. Cuando un pigmento absorbe un fotón pasa a un estado de excitación, es decir, uno de sus electrones se eleva a un orbital de mayor energía (figura 7; Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

⁵ “La energía no puede crearse ni destruirse, sólo transformarse de una forma a otra” (Tippens, 2011).

⁶ Trifosfato de Adenosina (ATP). Compuesto orgánico que contiene adenina, ribosa y tres grupos fosfato; es la principal fuente de energía para la mayoría de las funciones celulares (Campbell *et al.*, 2001).

⁷ Dinucleótido de nicotinamida y adenina (NADP⁺/NADPH). Formas oxidada y reducida, respectivamente, de la coenzima que transfiere electrones (en la forma de hidrógenos; Campbell *et al.*, 2001).

La mayoría de los pigmentos de un fotosistema actúa como un embudo de energía, y pasa la energía hacia el interior, a un centro de reacción principal. Cuando la luz excita uno de estos pigmentos, transfiere energía a un pigmento vecino a través de las interacciones electromagnéticas directas en un proceso llamado transferencia de energía por resonancia. El pigmento vecino, a su vez, puede transferir energía a uno de sus propios vecinos, y así, el proceso se repite varias veces. En estas transferencias, la molécula receptora no puede necesitar más energía para la excitación que el donante, pero sí menos, es decir, puede absorber luz de una longitud de onda más larga. En conjunto, las moléculas de pigmento recolectan energía y la transfieren hacia la parte central del fotosistema llamada centro de reacción (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

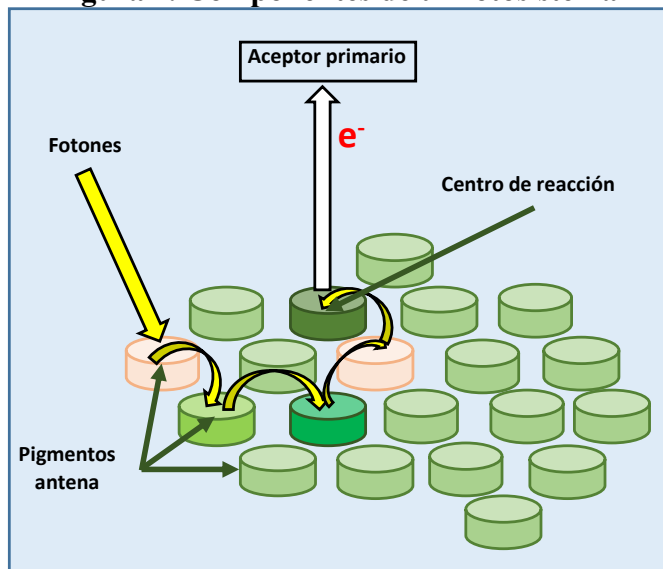
El centro de reacción de un fotosistema contiene un único par de moléculas de clorofila α , que suele denominarse par especial.⁸ Una vez que la energía alcanza el par especial, ya no pasará a otros pigmentos mediante la transferencia de energía por resonancia, sino que el par especial podrá perder un electrón al excitarse y pasarlo a otra molécula del complejo llamada aceptor primario de electrones. Con esta transferencia, el electrón comenzará su recorrido por una cadena de transporte de electrones (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

Existen numerosos fotosistemas a lo largo de la membrana tilacoide y son de dos tipos, conocidos como *fotosistema I* (PSI) y *fotosistema II* (PSII). El PSII aparece primero en la vía del flujo de electrones, pero se llama segundo porque se descubrió después que el PSI (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b). Cada fotosistema consta de dos partes principales: 1) un *complejo recolector de luz* y 2) un *sistema de transporte de electrones* (Audersik *et al.*, 2003).

Durante las reacciones dependientes de la luz, un electrón que se excita en el PSII pasa por una cadena de transporte de electrones al PSI (con la pérdida de energía en el camino). En el PSI, el electrón se vuelve a excitar y pasa al segundo tramo de la cadena de transporte de electrones hacia un aceptor de electrones final (figura 12; Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b).

⁸ Los pares especiales de clorofila α , de los dos fotosistemas, absorben diferentes longitudes de onda de luz. El par especial del PSII absorbe mejor en 680 nm, mientras que el del PSI absorbe mejor en 700 nm (Khan, 2019).

Figura 7. Componentes de un fotosistema



FUENTE: elaboración propia.

2.1.6. Fotosistema II: genera ATP

Las etapas de las reacciones dependientes de la luz en la fotosíntesis que se llevan a cabo en el *fotosistema II* son (figura 8; Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019b):

- 1) El fotosistema II se activa cuando una molécula de pigmento de un complejo antena absorbe un fotón de energía lumínica.
- 2) La energía es transferida al centro de reacción, donde consigue que un electrón de una molécula P680 pase a un nivel de energía más alto. Una molécula de P680, que dona un electrón excitado, es un agente oxidante tan fuerte que es capaz de extraer electrones del átomo de oxígeno (oxidación) de una molécula de agua. Reacción catalizada por una sola enzima.
- 3) Este electrón de alta energía es captado por un aceptor primario.
- 4) El electrón pasa por una cadena de moléculasceptoras hasta que es donado al P700 en el *fotosistema I*. Parte de la energía se utiliza para bombear iones hidrógeno (H^+) del espacio interior tilacoidal al estroma, lo que genera un gradiente de iones H^+ dentro del tilacoide. Este gradiente impulsa la síntesis de ATP por un proceso llamado Quimiósmosis⁹ (figura 8).

⁹ La energía potencial almacenada en un gradiente de concentración de iones hidrógeno (H^+) puede transformarse en energía química de ATP cuando dichos iones cruzan la membrana tilacoidal a favor del gradiente de concentración, a través de determinados conductos constituidos por una enzima llamada complejo de la ATP sintetasa (proteína transmembrana) (Solomon *et al.*, 2001).

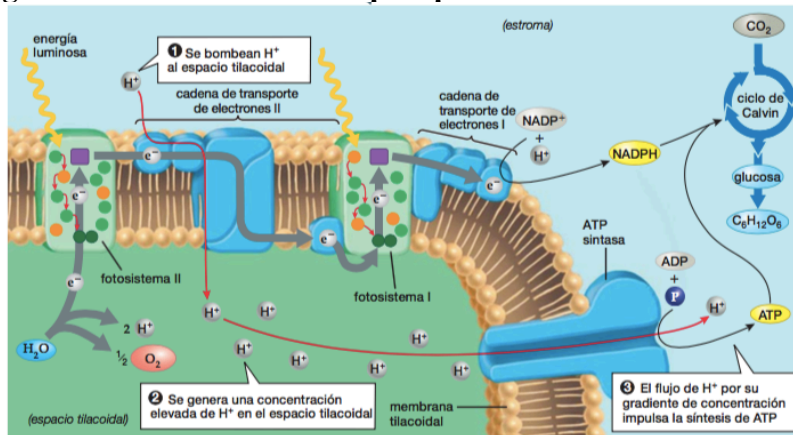
2.1.7. Fotosistema I: genera NADPH

Sólo el *fotosistema I* participa en la fotofosforilación cíclica. Los electrones energizados que se originan en la P700 fluyen en un ciclo desde el centro de reacción del *fotosistema I* a la cadena de transporte de electrones (figura 12) y vuelven al mismo centro de reacción, produciendo indirectamente ATP, pero no NADPH (Nabors, 2006; Solomon *et al.*, 2001).

Las etapas de las reacciones dependientes de la luz en la fotosíntesis que se llevan a cabo en el *fotosistema I* son (figura 8; Audersik *et al.*, 2003; Solomon *et al.*, 2001):

- 1) Una molécula de pigmento de un complejo antena absorbe un fotón de luz proveniente del *fotosistema II*.
- 2) La energía absorbida se transfiere al centro de reacción, donde excita un electrón de una molécula P700.
- 3) Dicho electrón excitado (energizado) se transfiere a un aceptor primario.
- 4) A su vez lo transfiere a la ferredoxina, una proteína de membrana que contiene hierro.
- 5) La cadena de transporte de electrones debe aportar dos electrones a fin de reducir el NADP^+ a NADPH, que se libera en el estroma.
- 6) La molécula P700 adquiere carga positiva cuando cede un electrón al aceptor primario; el electrón faltante es repuesto por uno cedido por el *fotosistema II*.

Figura 8. Producción de ATP por quimiósmosis en la fotosíntesis



FUENTE: Audersik *et al.* (2003).

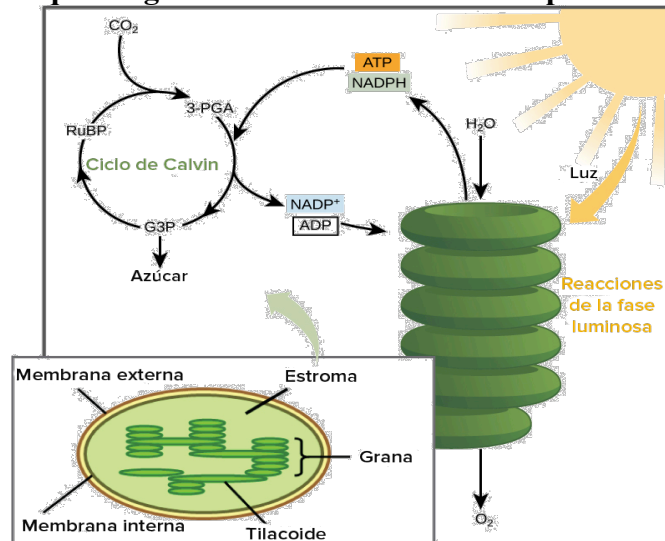
2.1.8. Fase independiente de la luz: fijación de CO_2

En las plantas, el dióxido de carbono (CO_2) entra al interior de las hojas a través de unos poros llamados estomas y se difunde hacia el estroma del cloroplasto, el sitio en el cual se producen las reacciones del ciclo de Calvin, donde se sintetiza el azúcar. Estas reacciones

también se llaman reacciones independientes de la luz porque la luz no las causa directamente (figura 9) (Khan, 2019c).

En el ciclo de Calvin, los átomos de carbono del CO_2 se fijan (incorporan a moléculas orgánicas) y se utilizan para formar azúcares de tres carbonos. Este proceso es estimulado por el ATP y el NADPH que provienen de las reacciones luminosas, y que son dependientes de ellos. A diferencia de las reacciones dependientes de la luz, que ocurren en la membrana tilacooidal, las reacciones del ciclo de Calvin ocurren en el estroma (espacio interior de los cloroplastos) (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019c).

Figura 9. Esquema general de las reacciones independientes de la luz



FUENTE: Khan (2019c)

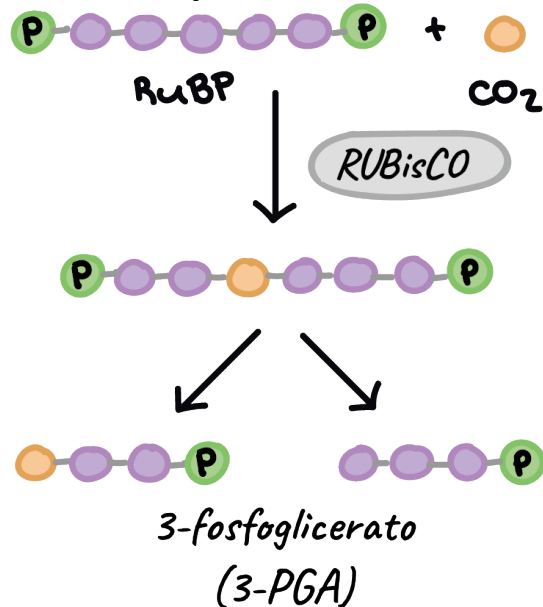
2.1.9. Reacciones del ciclo de Calvin

Las reacciones del ciclo de Calvin se pueden dividir en tres etapas: fijación de carbono, reducción y regeneración de la molécula de partida (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019c).

1. Fijación de carbono

La primera etapa del ciclo de Calvin incorpora carbono del CO_2 en una molécula orgánica, un proceso llamado fijación de carbono (figura 10). En las plantas, el CO_2 de la atmósfera entra en la capa mesófila de las hojas a través de los poros de la superficie llamados estomas. Para después difundirse en las células del mesófilo y en el estroma de los cloroplastos, donde ocurre el ciclo de Calvin (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019c).

Figura 10. Fase de fijación de carbono-ciclo de Calvin



FUENTE: Khan (2019c).

En el primer paso del ciclo, una enzima apodada RUBisCO (RuBP carboxilasa-oxigenasa) cataliza la fijación de CO_2 a un azúcar de cinco carbonos llamada bisfosfato de ribulosa (RuBP). Sin embargo, la molécula de seis carbonos resultante es inestable y rápidamente se divide en dos moléculas de un compuesto de tres carbonos llamado 3-fosfoglicerato (3-PGA). Así, por cada CO_2 que entra en el ciclo, se producen dos moléculas de 3-PGA (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019c).

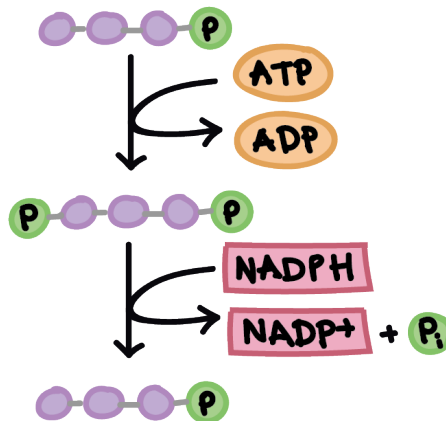
2. Reducción

En la segunda etapa (figura 11), el ATP y el NADPH se utilizan para convertir las moléculas de 3-PGA (de la fase de fijación) en un azúcar de tres carbonos. Esta etapa se llama así porque el NADPH debe donar sus electrones, o reducirse a un intermediario de tres carbonos para formar el G3P. Este proceso se produce a través de dos pasos principales:

- En primer lugar, cada molécula de 3-PGA recibe un grupo fosfato del ATP y se convierte en una molécula con doble fosforilación llamada 1,3-bisfosfoglicerato (y deja al ADP como subproducto) (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019c).
- En segundo lugar, las moléculas de 1,3-bisfosfoglicerato se reducen (ganan electrones). Cada molécula recibe dos electrones del NADPH y pierde uno de sus grupos fosfato para convertirse en un azúcar de tres carbonos llamada gliceraldehído 3-fosfato (G3P). Este paso produce NADP^+ y fosfato (P_i) como subproductos (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019c).

Figura 11. Fase de reducción-ciclo de Calvin

3-fosfoglicerato (3-PGA)



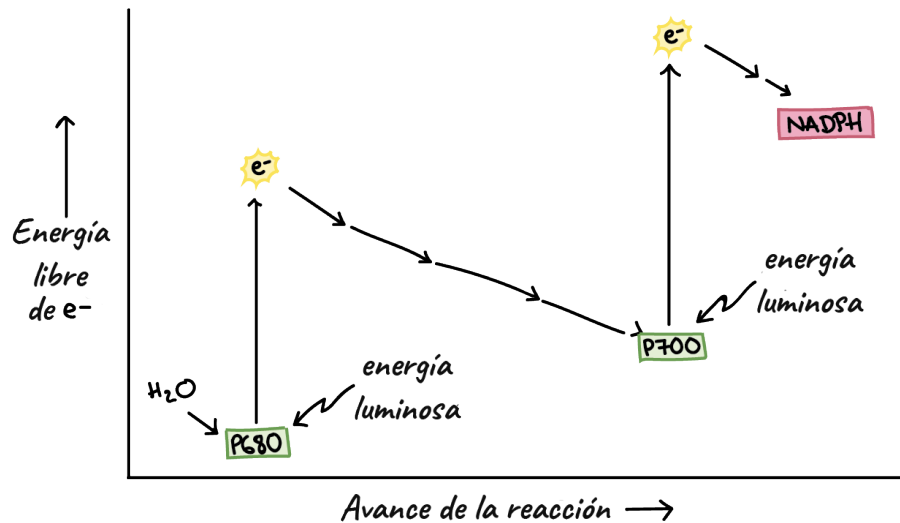
gliceraldehído 3-fosfato (G3P)

FUENTE: Khan (2019c).

El ATP y el NADPH utilizados en estos pasos son productos de las reacciones dependientes de la luz (la primera etapa de la fotosíntesis). Es decir, la energía química del ATP y el poder reductor del NADPH, que se generan con la energía de la luz, mantienen en funcionamiento el ciclo de Calvin.

De manera recíproca, el ciclo de Calvin regenerará el ADP y el NADP^+ , lo cual proporciona los sustratos necesarios para las reacciones dependientes de la luz (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019c).

Figura 12. Esquema del movimiento de electrones en las reacciones dependientes de la luz



FUENTE: Khan (2019c).

3. Regeneración de RuBP

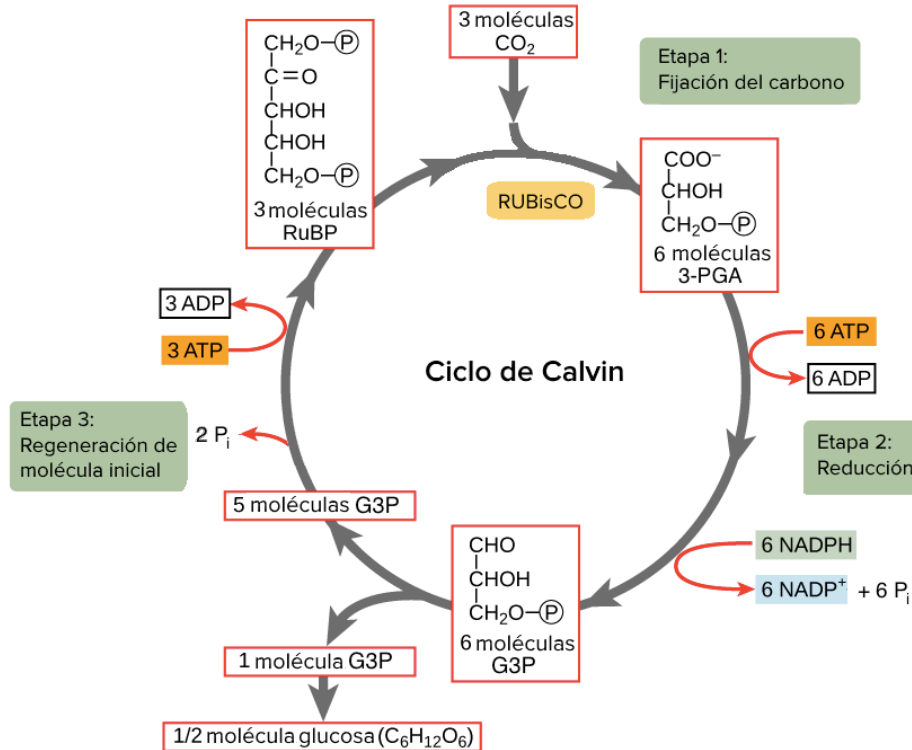
Algunas moléculas de G3P van a formar glucosa, mientras que otras deben reciclarse para regenerar el aceptor RuBP. La regeneración necesita ATP e implica una compleja serie de reacciones (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019c).

Para que un G3P salga del ciclo (y se dirija a la síntesis de glucosa), tres moléculas de CO_2 deben entrar, lo que resulta en tres nuevos átomos de carbono fijo. Cuando tres moléculas de CO_2 entran al ciclo se producen seis moléculas de G3P. Una sale del ciclo y se utiliza para formar glucosa, mientras que las otras cinco deben reciclarse para regenerar tres moléculas del aceptor RuBP (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019c).

Se necesitan tres vueltas del ciclo de Calvin para crear una molécula de G3P que pueda salir del ciclo para formar glucosa. Reduciendo las cantidades de moléculas clave que

entran y salen del ciclo a medida que se crea una molécula de G3P neta (Campbell *et al.*, 2001; Solomon *et al.*, 2001; Audersik *et al.*, 2003; Nabors, 2006; Khan, 2019c).

Figura 13. Panorama del ciclo de Calvin



FUENTE: Khan (2019c).

En tres vueltas del ciclo de Calvin (figura 13):

- Carbono: 3 moléculas de CO_2 se combinan con 3 aceptores RuBP, lo cual forma 6 moléculas de gliceraldehído-3-fosfato (G3P).
- 1 molécula de G3P sale del ciclo para formar glucosa.
- 5 moléculas de G3P se reciclan, lo cual regenera 3 moléculas aceptoras de RuBP.
- ATP: 9 moléculas de ATP se convierten en 9 ADP (6 durante la etapa de fijación y 3 durante la etapa de regeneración).
- NADPH: 6 moléculas de NADPH se convierten en 6 moléculas de NADP^+ (durante la etapa de reducción).

Una molécula de G3P contiene tres átomos de carbono fijo, por lo que toma dos G3P para formar una molécula de glucosa de seis carbonos. Se necesitarán seis vueltas del ciclo o seis CO_2 , dieciocho ATP y doce NADPH, para producir una molécula de glucosa.

3. MARCO PSICOPEDAGÓGICO

3.1. EL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES (CCH)

3.1.1. Misión

El Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) busca en sus estudiantes:

- Que al egresar, respondan al perfil de su Plan de Estudios.
- Que sean actores de su propia formación, de la cultura de su medio, capaces de obtener, jerarquizar y validar información, utilizando instrumentos clásicos y tecnológicos para resolver con ello problemas nuevos.
- Sujetos poseedores de conocimientos sistemáticos en las principales áreas del saber, de una conciencia creciente de cómo aprender, de relaciones interdisciplinarias en el abordaje de sus estudios, de una capacitación general para aplicar sus conocimientos, formas de pensar y de proceder, en la solución de problemas prácticos. Con todo ello, tendrán las bases para cursar con éxito sus estudios superiores y ejercer una actitud permanente de formación autónoma.
- Se desarrollen como personas dotadas de valores y actitudes éticas fundadas; con sensibilidad e intereses en las manifestaciones artísticas, humanísticas y científicas; capaces de tomar decisiones, de ejercer liderazgo con responsabilidad y honradez, de incorporarse al trabajo con creatividad, para que sean, al mismo tiempo, ciudadanos habituados al respeto, diálogo y solidaridad en la solución de problemas sociales y ambientales (ENCCH, 2018).

3.1.2. Filosofía

Se persigue el desarrollo del alumno crítico, que aprenda a aprender, a hacer y a ser (ENCCH, 2018).

Desde su origen, el CCH adoptó los principios de una educación moderna, en la que consideró al estudiante como individuo capaz de captar por sí mismo el conocimiento y sus aplicaciones. En este sentido, el trabajo del docente del Colegio consiste en dotar al alumno de los instrumentos metodológicos necesarios para poseer los principios de una cultura científica-humanística (ENCCH, 2018).

El concepto de aprendizaje cobra mayor importancia que el de enseñanza en el proceso de la educación, por ello, la metodología aplicada persigue que aprenda a aprender, que la actividad receptiva y creadora no se malgaste y que adquiera capacidad autoinformativa (ENCCH, 2018).

Para lograr el conocimiento auténtico y la formación de actitudes, el CCH trabaja con una metodología en la que participa el escolar activamente en el proceso educativo, bajo la guía del profesor, quien intercambia experiencias con sus colegas en diferentes espacios académicos en su beneficio. De esta manera, el profesor no sólo es el transmisor de conocimientos, sino un compañero responsable del alumno, al que propone experiencias de aprendizaje para permitir adquirir nuevos conocimientos y tomar conciencia creciente de cómo proceder para que, por su propia cuenta y mediante la información, logre una reflexión rigurosa y sistemática (ENCCH, 2018).

Lo anterior no le resta al docente su autoridad académica, respaldada por sus experiencias, habilidades intelectuales y conocimientos (ENCCH, 2018). Al ser un aprendizaje dinámico el promovido por el CCH, el escolar desarrollará una participación activa, tanto en el salón de clases, como en la realización de trabajos de investigación y prácticas de laboratorios (ENCCH, 2018).

3.1.2. Modelo educativo

Los puntos esenciales del modelo educativo del CCH son (ENCCH, 2018) los siguientes

- 1) Su caracterización como un bachillerato universitario, propedéutico, general y único.
- 2) Ser un bachillerato de cultura básica.
- 3) El reconocimiento del alumno como sujeto de la cultura y de su propia educación.
- 4) Facilitar que los alumnos aprendan cómo se aprende.
- 5) El papel del profesor como mediador del proceso de aprendizaje.

Esto significa que el CCH preparará al estudiante para ingresar a la licenciatura con los conocimientos necesarios para su vida profesional, y que la enseñanza dirigida al estudiante en la institución le fomentará actitudes y habilidades necesarias para que, por sí mismo, se apropie de conocimientos racionalmente fundados, y asuma valores y opciones personales (ENCCH, 2018).

3.1.3. Bases pedagógicas del CCH

- *Aprender a aprender*: es un concepto multidimensional que incluye aspectos metacognitivos,¹⁰ habilidades complejas de pensamiento, autoestima y autorregulación,¹¹ que son base para que el alumno sea capaz de adquirir nuevos conocimientos por cuenta propia (ENCCH, 2016).
- *Aprender a hacer*: implica que los alumnos desarrollen y fortalezcan habilidades cognitivas y destrezas manuales, es decir, a través de actividades prácticas o experimentales tenemos, como profesores, este recurso didáctico para enriquecer nuestros cursos fortaleciendo en los alumnos el “aprender haciendo” (ENCCH, 2016).
- *Aprender a ser*: el alumno desarrollará, además de los conocimientos científicos e intelectuales, valores humanos, cívicos y particularmente éticos (ENCCH, 2016).

3.1.4. Plan de estudios

El panorama del actual plan de estudios conserva las orientaciones y principios pedagógicos esenciales que dieron origen al CCH. Tomando en cuenta estos principios, los conocimientos se agrupan en cuatro áreas del conocimiento: matemáticas,¹² ciencias experimentales¹³, histórico-social¹⁴ y taller de lenguaje y comunicación¹⁵(ENCCH, 2018a).

En el caso de Biología, ésta se encuentra en el área de ciencias experimentales que incluye a las materias de Física, Química, Ciencias de la Salud y Psicología ya que comparten aspectos metodológicos como la interdisciplina, la resolución de problemas y el método científico experimental, como forma de construcción del conocimiento científico (Becerra y Cuenca, 2015).

¹⁰ La metacognición implica saber qué se sabe, cómo se aprendió, cómo se relaciona lo aprendido con el bagaje de conocimientos y cómo seguir aprendiendo, habiendo reconocido los posibles errores cometidos, así como reconocer nuestro estilo de aprendizaje (ENCCH, 2016).

¹¹ La autoestima y la autorregulación permiten determinar los momentos de aprendizaje y su aplicación: detección o aislamiento de problemas, adquisición de información documental de fuentes variadas, la investigación o la difusión de lo aprendido (ENCCH, 2016).

¹² Enseña a los alumnos a percibir esta disciplina como ciencia en constante desarrollo, la cual les permitirá la resolución de problemas. Se origina en las necesidades de conocer y descubrir el entorno físico y social, así como desarrollar el rigor, la exactitud y la formalización para manejarlo (ENCCH, 2018).

¹³ Es importante que los alumnos conozcan y comprendan la información que diariamente se les presenta con características científicas, para que comprendan fenómenos naturales que ocurren en su entorno, o en su propio organismo, y con ello elaboren explicaciones racionales de estos fenómenos (ENCCH, 2018).

¹⁴ Que los alumnos analicen y comprendan problemas específicos del acontecer histórico de los procesos sociales del pensamiento filosófico y la cultura universal (ENCCH, 2018).

¹⁵ Conocerán el uso consciente y adecuado del conocimiento reflexivo y de los sistemas simbólicos, buscando desarrollar la facultad de entenderlos y producirlos, tanto en la lengua materna, la lengua extranjera, como en los sistemas de signos auditivos y visuales de nuestra sociedad (ENCCH, 2018).

3.1.5. Programa de Biología

La materia de biología se imparte en cuatro asignaturas; biología I y II que son de manera obligatoria en tercero y cuarto semestre; biología III y IV son opcionales en quinto y sexto semestre (ENCCH, 2018b). El tema que se aborda en este trabajo es la fotosíntesis y se ubica dentro del temario del programa de Biología I y Biología III (anexos 1 y 2).

3.1.6. Enfoque disciplinario de la Biología

En el aspecto disciplinario, se propone el enfoque integral de la Biología, teniendo como eje estructurante a la evolución. Se basa en cuatro ejes complementarios para construir el conocimiento en la disciplina, los cuales permean en las distintas unidades temáticas de los programas: el pensamiento evolutivo,¹⁶ el análisis histórico,¹⁷ las relaciones sociedad-ciencia-tecnología-ambiente¹⁸ y las propiedades de los sistemas biológicos¹⁹ (ENCCH, 2016).

3.1.7. Enfoque didáctico de la Biología

Se comprende a partir de la concepción de aprendizaje como un proceso en construcción, mediante el cual los alumnos conocen, comprenden y actúan. Aprender es una actividad de permanente cuestionamiento y debe existir interacción entre el sujeto y el objeto de conocimiento. Lo deseable es que los aprendizajes se apliquen a situaciones diferentes, atiendan a las nociones fundamentales de la biología, sean de interés potencial para el alumno

¹⁶ Su inclusión permite explicar los procesos, mecanismos y características de los sistemas biológicos, desde un punto de vista evolutivo, además de brindarnos un panorama de la historia de la vida en nuestro planeta que posibilita comprender la naturaleza y el proceder de la ciencia (ENCCH, 2016).

¹⁷ Brinda una visión amplia del quehacer científico, contribuye al análisis de diferentes conceptos y teorías de la Biología, considerando el contexto social, metodológico e ideológico de cada época; esto ayuda adicionalmente a comprender el carácter provisional de distintas explicaciones científicas y promueve la toma de conciencia en torno al papel sociopolítico que tradicionalmente ha desempeñado el conocimiento científico, así como las comunidades que producen los saberes (ENCCH, 2016).

¹⁸ Permiten fomentar en el alumno 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, para que perciba tanto sus beneficios en la mejora de la calidad de vida, como las consecuencias negativas de su desarrollo (ENCCH, 2016).

¹⁹ Reconoce que son entidades complejas cuyos componentes interactúan entre sí de manera dinámica, comportándose como una unidad y no como un agregado de elementos, lo que lleva al aprendizaje de la Biología con una visión integral de la vida (ENCCH, 2016).

y revelen realidades y procesos que lo lleven a diferenciar o contrastar el conocimiento científico de otro tipo de conocimientos (ENCCH, 2016).

En la didáctica constructivista, el alumno adquiere un papel preponderante: es el actor principal en el proceso educativo; aquí adquiere dinamismo y asume el compromiso de participar en su proceso de aprendizaje; por lo tanto, se propone que los alumnos vayan reestructurando el conocimiento de manera continua, de tal manera que sus investigaciones escolares, las explicaciones, los procedimientos y los cambios sean la base a partir de la cual se logrará el aprendizaje de nuevos conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores más complejos (ENCCH, 2016).

En este contexto, las estrategias deberán organizarse tomando en cuenta su edad y los cambios biológicos, intereses, rasgos socioculturales y antecedentes académicos. Además, conviene recordar que el alumno tiene sus propias ideas previas respecto de los fenómenos naturales, y para que reestructure científicamente esas ideas será necesario propiciar un cuestionamiento sistemático que ponga en juego sus diversas formas de razonar (ENCCH, 2016).

Por su parte, el profesor debe ser claro y explícito con los alumnos en relación con los aprendizajes a lograr, incentivarlos a participar en todas las actividades, guiarlos en el planteamiento y resolución de problemas y alentarlos para que asuman la responsabilidad de su aprendizaje. Se requiere, además, que oriente a los educandos para que vinculen adecuadamente sus ideas previas o preconcepciones con la nueva información objeto de estudio. Bajo estas circunstancias, el docente será un mediador entre el alumno y los contenidos a aprender, sin perder de vista que el nivel cognitivo se establece en los aprendizajes para cada unidad de los programas. Con base en lo anterior, la acción docente en el aula-laboratorio se caracterizará por:

- Realizar una evaluación diagnóstica que permita identificar los conocimientos e ideas previas que tienen los alumnos sobre los aprendizajes a lograr.
- Las actividades planeadas deberán considerar el logro de aprendizajes conceptuales (hechos, conceptos, principios, teorías), habilidades (destrezas técnicas, procedimentales, experimentales, de investigación) y actitudes (hacia las ciencias, a la actividad científica, etcétera..)
- Se sugiere que las acciones sean diversas, atendiendo a los diferentes estilos y saberes de los alumnos, evitando caer en monotonías o rutinas que provoquen el desinterés por parte de ellos.

- A través de la incorporación de actividades prácticas-experimentales en laboratorio, permitir el análisis y la reflexión sobre problemas o estudios de caso de forma contextualizada y bajo distintas perspectivas.
- Promover la participación individual y colectiva, utilizando espacios con equipo de cómputo (TIC) para que el alumno reformule y construya la nueva información, comparta sus percepciones e intercambie información en la resolución de problemas.
- Las actividades planeadas deberán de considerar la participación individual y el trabajo colectivo, en los que prevalezca la disciplina, la tolerancia y el respeto entre los integrantes, así como el cuidado de las instalaciones (ENCCH, 2016).

3.2. EL COLEGIO DE BACHILLERES

3.2.1. Fundamentos del programa

El nivel de educación media superior tiene como propósito contribuir a que los estudiantes logren cuatro aprendizajes básicos: ser, convivir, aprender y hacer (Colegio de Bachilleres, 2018). Esos aprendizajes están delimitados en el Marco Curricular Común, y expresados en el perfil de egreso, que representa el último nivel de logro esperado para todo el trayecto de la educación obligatoria; además de que proporciona una formación propedéutica para la educación superior, prepara para ingresar al mundo laboral, favorece el desarrollo de habilidades socioemocionales fundamentales para la educación integral de las personas, e impulsa el fortalecimiento de derechos y obligaciones ciudadanas (Colegio de Bachilleres, 2018).

3.2.2. Perfil de egreso²⁰

El perfil está conformado por once ámbitos que, en conjunto, se desarrollan a través de los aprendizajes de las asignaturas de las áreas de formación básica,²¹ específica²² y laboral²³

²⁰ Perfil de egreso: refiere al conjunto de conocimientos, habilidades, y valores expresados en rasgos deseables para ser alcanzados por el estudiante al concluir la educación obligatoria, en este caso en el nivel Medio Superior (Colegio de Bachilleres, 2018).

²¹ Le corresponde impulsar la formación general del bachiller en el desarrollo de las competencias genéricas y disciplinares básicas, a través de seis campos disciplinares: Comunicación, Matemáticas, Ciencias Experimentales, Humanidades, Ciencias Sociales y Desarrollo Humano (Colegio de Bachilleres, 2018).

²² Tiene la intención de ofrecer la formación propedéutica general del bachiller, a través de cuatro dominios profesionales: Físico-Matemático, Químico-Biológicas, Económico-Administrativas, Humanidades y Artes (Colegio de Bachilleres, 2018).

²³ Tiene la intención de desarrollar en los estudiantes competencias profesionales básicas que respondan a las necesidades actuales del sector productivo, es decir, se genera la alternativa de incorporarse al trabajo, ya sea subordinado o independiente. Está organizada en siete grupos ocupacionales: Arquitectura, Biblioteconomía, Contabilidad, Informática, Química, Recursos Humanos y Turismo (Colegio de Bachilleres, 2018).

(Colegio de Bachilleres, 2018). Cabe destacar que, de los once ámbitos, cuatro se consideran transversales en las asignaturas, y se desarrollan como competencias habilitantes en los diversos cursos. Se trata de Lenguaje y Comunicación, Habilidades Socioemocionales y Proyecto de Vida, Colaboración y Trabajo en Equipo, y Habilidades Digitales (Colegio de Bachilleres, 2018).

Los once ámbitos del perfil de egreso son los siguientes (Colegio de Bachilleres, 2018):

- 1) Lenguaje y comunicación.
- 2) Pensamiento matemático.
- 3) Elaboración y comprensión del mundo natural y social.
- 4) Pensamiento crítico y solución de problemas.
- 5) Habilidades socioemocionales ²⁴y proyectos de vida.
- 6) Elaboración y trabajo en equipo.
- 7) Convivencia y ciudadanía.
- 8) Apreciación y expresión artísticas.
- 9) Atención al cuerpo y la salud.
- 10) Habilidades digitales.²⁵
- 11) Cuidado del medio ambiente.

3.2.3. Intenciones educativas²⁶

El campo disciplinar de las Ciencias Experimentales tiene la intención de contribuir al desarrollo de una cultura científica en los estudiantes, a partir de la aplicación de los conocimientos sobre la materia, la energía y los métodos propios de las disciplinas que lo conforman, en los entornos físico, geográfico, químico y biológico, que les permita la exploración y comprensión racional de hechos y fenómenos naturales a lo largo de su vida, con el fin de proponer soluciones a problemas cotidianos en los ámbitos de la salud, ambiente, sustentabilidad y prevención de riesgos (Colegio de Bachilleres, 2018).

²⁴ Habilidades socioemocionales (HSE): su propósito es fortalecer su capacidad para relacionarse de forma positiva con otros, en su desarrollo como seres sanos, creativos y productivos, contribuir al desarrollo de otras competencias disciplinares y específicas, así como la prevención de conductas de riesgo que pueden truncar su trayectoria educativa, tales como violencia, adicciones o embarazo temprano (Colegio de Bachilleres, 2018).

²⁵ Las tecnologías de la información y comunicación (TIC): apoyo de las herramientas tecnológicas que enriquecen y hacen posible una participación e involucramiento cada vez más activo de los estudiantes, promueven la generación de soluciones creativas a problemas diversos y participar en comunidades virtuales colaborativas (Colegio de Bachilleres, 2018).

²⁶ Intenciones educativas: expresan el desempeño que los estudiantes deben demostrar al término de su proceso formativo (Colegio de Bachilleres, 2018).

La asignatura de Biología I tiene como intención que el estudiante desarrolle habilidades de investigación y trabajo colaborativo, así como comprender los procesos biológicos y la interrelación de la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente; valorando y reconociendo el impacto personal, social y ambiental de las innovaciones y avances científicos (Colegio de Bachilleres, 2018).

3.2.4. Enfoque

El programa de Biología I (anexo 3) ha sido diseñado siguiendo el modelo integral que asume a la Biología como una ciencia experimental que estudia a la naturaleza, con un carácter específico como “ciencia de cambio”, en el contexto de los principios unificadores y con un enfoque histórico y cultural de las ciencias biológicas (Colegio de Bachilleres, 2018).

En el aspecto pedagógico, la enseñanza de la Biología en el bachillerato se basa en el establecimiento de prácticas diversas, centradas en la participación activa de los estudiantes para construir y dar sentido a los conocimientos adquiridos dentro de un contexto específico, plantear una práctica dirigida hacia el aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias, abriendo espacios para el establecimiento de prácticas como la indagación, la resolución de problemas, la argumentación y la comunicación, como parte del trabajo en los entornos de aprendizaje, para tal efecto se consideró (Colegio de Bachilleres, 2018):

- a) *Un enfoque transdisciplinar* que pretende asumir a la biología como un vehículo en la enseñanza en ciencias, que permita integrar, diseñar y conectar los contenidos con el resto de las asignaturas²⁷ para formar a los alumnos en la comprensión y participación democrática en decisiones políticas relacionadas con la naturaleza.
- b) *Un aprendizaje significativo* que permita la conexión de los contenidos con problemas y debates actuales sobre la incidencia de la ciencia en la vida cotidiana y el mundo contemporáneo, así como, la motivación del alumno para utilizar los conocimientos adquiridos en su contexto local y social.
- c) *Un enfoque social e intercultural* en el que la enseñanza de las ciencias permita formar a los alumnos para la comprensión y participación democrática en decisiones relacionadas con la naturaleza (Colegio de Bachilleres, 2018).

²⁷ Vinculación transversal: existencia de relaciones de los contenidos con otras asignaturas, en particular con aquellas del campo de ciencias experimentales, como Química, Física y Geografía, y asignaturas como Matemáticas, Lenguaje y Comunicación y TIC (Colegio de Bachilleres, 2018).

Y para la propuesta metodológica para el aprendizaje procedimental (Colegio de Bachilleres, 2018) se consideraron los aspectos siguientes:

- Aprender a aprender en el contexto de las ciencias naturales: búsqueda de recursos, manejo e interpretación de datos e información científica, etcétera.
- Fomentar la capacidad de indagación del alumnado.
- Vincular el proceso constructivo de la ciencia con el proceso constructivo del aprendizaje individual.
- Vincular el carácter colectivo del conocimiento científico con las posibilidades del aprendizaje colaborativo y en grupo en los cursos de bachillerato (Colegio de Bachilleres, 2018).

Ambos sistemas (ENCCCH y Colegio de Bachilleres), tienen como base pedagógica el constructivismo, donde el alumno es el principal actor en el contexto educativo donde asume el compromiso para reestructurar, construir y dar sentido a los conocimientos adquiridos de manera continua dentro de un contexto específico.

3.3. EL CONSTRUCTIVISMO

Por lo anterior, la construcción de esta estrategia didáctica está basada en un enfoque constructivista, que se organiza en tres ideas fundamentales (Díaz y Hernández, 2002). En primer lugar, *el alumno es el responsable de su propio proceso de aprendizaje*, es decir, él es quien reconstruye los saberes su grupo cultural, y éste puede ser un sujeto activo cuando manipula, explora, descubre, incluso cuando lee o escucha la exposición de los otros (Díaz y Hernández, 2002). En segundo lugar, *la actividad mental constructiva del alumno se aplica a contenidos que ya poseen un grado considerable de elaboración*. Esto quiere decir que el alumno no tiene en todo momento qué descubrir, debido a que el conocimiento que se enseña es el resultado de un proceso de construcción a nivel social (Díaz y Hernández, 2002) y, en tercer lugar, *la función del docente es organizar los procesos de construcción del alumno con el saber colectivo culturalmente organizado*. Esto implica que la función del profesor no se limita a crear condiciones óptimas, sino que debe orientar y guiar explícita y deliberadamente dicha actividad (Díaz y Hernández, 2002).

En este sentido, la construcción del conocimiento es un proceso de elaboración, en el sentido de que el alumno selecciona, organiza y transforma la información que recibe de muy diversas fuentes, estableciendo relaciones entre dicha información y sus ideas o

conocimientos previos (Díaz y Hernández, 2002). Implica un cambio en los esquemas de conocimientos que se poseen previamente; esto se logra introduciendo nuevos elementos, o estableciendo nuevas relaciones entre dichos elementos (Díaz y Hernández, 2002). Así, el alumno ampliará o ajustará dichos esquemas, o reestructurarlos a profundidad, como resultado de su participación en un proceso instruccional. Esto nos refiere a la teoría del aprendizaje significativo (Díaz y Hernández, 2002).

Las teorías del aprendizaje que sustentan esta investigación son la teoría cognitiva de Piaget, la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, la teoría del aprendizaje social de Vygotsky y la teoría del procesamiento de la información.

3.3.1. Teorías del aprendizaje

3.3.1.1. Teoría cognitiva de Piaget

Las investigaciones del psicólogo y epistemólogo suizo Jean Piaget constituyen una importante aportación para explicar cómo se produce el conocimiento en general y el científico en particular. Marcan el inicio de una concepción constructivista del aprendizaje, entendido como un proceso de construcción interno, activo e individual (Nieda y Macedo, 1998).

El desarrollo cognitivo supone la adquisición sucesiva de estructuras mentales cada vez más complejas, las cuales se van adquiriendo evolutivamente en sucesivas fases o estadios, caracterizados cada uno por un determinado nivel de desarrollo (Nieda y Macedo, 1998; Coloma y Tafur, 1999; Meece, 2000; Ortiz, 2015).

La teoría sostiene que este proceso de maduración biológica conlleva al desarrollo de estructuras cognitivas cada vez más complejas, lo cual facilita una mayor relación con el ambiente donde se desenvuelve el individuo y, en consecuencia, un mayor aprendizaje que contribuye a una mejor adaptación (Ortiz, 2015).

De acuerdo con Piaget, en la adolescencia, a partir de los doce años, se empieza a razonar de manera más abstracta y se utilizan representaciones de la realidad sin manipularla directamente. Comienza con lo que Piaget denomina pensamiento formal (el niño reflexivo). Las habilidades intelectuales que caracterizan esta etapa están íntimamente relacionadas con los requerimientos que se exigen para el aprendizaje de las ciencias. Se es capaz de comprobar hipótesis, controlar variables o utilizar el cálculo combinatorio (Nieda y Macedo, 1998; Meece, 2000).

El mecanismo básico de adquisición de conocimientos consiste en un proceso en el que las nuevas estructuras se incorporan a los esquemas o estructuras preexistentes en la mente de las personas, que se modifican y reorganizan según un mecanismo o proceso de asimilación²⁸ y acomodación,²⁹ facilitado por la actividad del alumno (Nieda y Macedo, 1998; Meece, 2000; Ortiz, 2015). El primero se refiere al contacto que el individuo tiene con

²⁸ Es el proceso que consiste en moldear activamente la nueva información para encajarla en los esquemas existentes (Meece, 2000).

²⁹ Proceso consistente en modificar los esquemas existentes para encajar la nueva información discrepante (Meece, 2000).

los objetos del mundo a su alrededor; de cuyas características, la persona se apropia en su proceso de aprendizaje. El segundo se refiere a lo que ocurre con los aspectos asimilados: son integrados en la red cognitiva del sujeto, contribuyen a la construcción de nuevas estructuras de pensamientos e ideas, que, a su vez favorecen una mejor adaptación al medio (Ortiz, 2015). Cuando es compatible con lo que se conoce, se alcanza un estado de equilibrio. Todas las partes de la información encajan perfectamente entre sí (Meece, 2000).

Una de las contribuciones más importantes de la obra de Piaget se refiere a los propósitos y a las metas de la educación. Criticó los métodos que hacen hincapié en la transmisión y memorización de información ya conocida. Estos métodos, afirma, desalientan al alumno para que no aprenda a pensar por sí mismos ni a confiar en sus procesos de pensamiento. En la perspectiva de Piaget, “aprender a aprender” debería ser la meta de la educación, de modo que los niños se conviertan en pensadores creativos, inventivos e independientes (Meece, 2000).

La segunda aportación es la idea de que el conocimiento se construye a partir de actividades físicas y mentales del niño. Piaget estaba convencido de que los niños no pueden entender los conceptos y principios con sólo leerlos u oír hablar de ellos. Necesitan la oportunidad de explorar, experimentar, de buscar las respuestas a sus preguntas (Meece, 2000).

La tercera contribución de Piaget se refiere a la necesidad de adecuar las actividades de aprendizaje al nivel del desarrollo del niño. En el modelo piagetiano, el aprendizaje se facilita al máximo cuando las actividades están relacionadas con lo que el niño ya conoce, pero, al mismo tiempo, superan su nivel actual de comprensión para provocar un *conflicto cognoscitivo*. El niño se siente motivado para reestructurar su conocimiento cuando entra en contacto con información o experiencias ligeramente incongruentes con lo que ya conoce. El aprendizaje se realiza a través del proceso cognoscitivo, de la reflexión y de la reorganización conceptual (Meece, 2000).

La cuarta aportación de Piaget se refiere a la función que la interacción social tiene en el desarrollo cognoscitivo del niño. En los niños de mayor edad, especialmente entre los adolescentes, la interacción que realizan con sus compañeros y adultos es una fuente natural de conflicto cognoscitivo. A través de ésta aclaran sus ideas, conocen otras opiniones y

concilian sus ideas con las ajenas. A menudo, los procesos de equilibrio mencionados anteriormente entran en acción cuando los niños no coinciden entre sí (Meece, 2000).

3.3.1.2. Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel

La teoría de David Paul Ausubel (1963) acuña el concepto de “aprendizaje significativo” para distinguirlo del repetitivo o memorístico, y señala el papel que cumplen los conocimientos previos del alumno en la adquisición de nuevas informaciones (Nieda y Macedo, 1998). La significatividad sólo es posible si se relacionan los nuevos conocimientos con los que ya posee el sujeto (Nieda y Macedo, 1998).

Ausubel definió tres condiciones básicas para que se produzca el aprendizaje significativo:

- 1) Que los materiales de enseñanza estén estructurados lógicamente con una jerarquía conceptual, situándose en la parte superior los más generales, inclusivos y poco diferenciados.
- 2) Que se organice la enseñanza respetando la estructura psicológica del alumno, es decir, sus conocimientos previos y sus estilos de aprendizaje.
- 3) Que los alumnos estén motivados para aprender (Neida y Macedo, 1998).

3.3.1.3. Aprendizaje social de Vygotsky

Lev Vygotsky (1896-1934) fue un destacado representante de la psicología rusa. Su teoría pone de relieve las relaciones del individuo con la sociedad. Afirmó que no es posible entender el desarrollo del niño si no se conoce la cultura donde se cría (Meece, 2000). En su perspectiva, la construcción del conocimiento no es un proceso individual, sino que se trata fundamentalmente de un proceso social en el que las funciones mentales superiores son producto de una actividad entre las personas a medida que interactúan (Meece, 2000). Las interacciones sociales con compañeros y adultos más conocedores constituyen el medio principal del desarrollo intelectual (Meece, 2000).

Para Vygotsky, el lenguaje es la herramienta psicológica que más influye en el desarrollo cognoscitivo. Una de las aportaciones más importante de la teoría de Vygotsky a la psicología y a la educación es el concepto de “zona del desarrollo proximal” (ZDP); la instrucción debe centrarse en el nivel de competencia que el niño demuestra, con la ayuda y la supervisión de otros (Meece, 2000).

3.3.1.4. Manejo de la motivación escolar

Se deben enfatizar los contenidos curriculares desde el enfoque de la motivación intrínseca y las actividades de aprendizaje que se relacionan con los intereses de los alumnos, se les debe dar la oportunidad de tomar sus propias decisiones acerca de qué hacer y permitir el ejercicio de su autonomía (Díaz y Hernández, 2002).

El manejo de la motivación en el aula encaja en el campo de las denominadas *estrategias de apoyo*, las cuales permiten al aprendiz mantener un estado propicio para el aprendizaje, reducir la ansiedad ante situaciones de aprendizaje y evaluación, dirigir la atención y organizar las actividades y tiempo de estudio (Díaz y Hernández, 2002).

Un buen intento de integración de la serie de factores y procesos involucrados en la motivación escolar, con miras a proponer un modelo que promueva en los estudiantes el aprendizaje autorregulado y que es suficientemente accesible a los profesores, es el propuesto por Carol Ames en 1992 conocido por las siglas TARGET,³⁰ que son una serie de principios para la organización emocional de la instrucción, aplicables en el aula (Díaz y Hernández, 2002). Dichos principios abarcan:

- a) La forma de presentar y estructurar la tarea para promover su interés intrínseco y significatividad.
- b) El nivel de autonomía del estudiante en las decisiones y actividades escolares.
- c) La naturaleza y uso de reconocimientos y recompensas a la clase.
- d) Los procedimientos de agrupamiento y organización cooperativa de las actividades.
- e) La naturaleza y uso de los procedimientos de evaluación del aprendizaje.
- f) El manejo del tiempo y la programación flexible de actividades.
- g) Las expectativas que tiene el propio docente, los mensajes que transmite a sus estudiantes y el modelado que hace [para] afrontar las tareas y valorar los resultados (Díaz y Hernández, 2002).

3.3.1.5. La importancia del juego en la educación

El juego es una de las actividades más importantes para los seres humanos en su vida cotidiana, pues es empleado desde la infancia y aplicado a varios contextos para aprender,

³⁰ Son seis áreas básicas en las que los profesores influyen favorablemente: naturaleza de la tarea (*Task*), nivel de participación o autonomía del alumno (*Autonomy*), naturaleza y uso del reconocimiento y recompensas otorgadas (*Recognition*), organización de las actividades o forma de agrupamiento de los alumnos (*Grouping*), procedimientos de evaluación (*Evaluation*), y el ritmo y programación de las actividades (*Time*) (Díaz y Hernández, 2002).

divertirse, entretenerse y adquirir o desarrollar habilidades, como la observación, la experimentación y la comprobación de ideas. Asimismo, es un medio para la creación de hábitos que den a los estudiantes para vivir en una comunidad científica y tecnológica, en la cual se siguen reglas, normas, autonomía y responsabilidad (Torres, 2002; Niño, 2014; Montero, 2017).

Mouaheb *et al.* (2012) identifican tres principales ventajas educativas de adoptar juegos en las aulas:

- 1) Ofrecen una interacción intensa que genera conflictos sociocognitivos reales, proporcionando una sólida construcción de conocimiento.
- 2) Proporcionan una autonomía en el proceso de aprendizaje, después de una fuerte actividad metacognitiva.
- 3) Potenciar una eventual transferencia de habilidades adquiridas.

Desde el punto de vista de la didáctica, el juego tiene la finalidad de buscar el aprendizaje. Para que el juego cumpla con el objetivo de enseñar, debe estar estructurado y planificado, tener propósitos que sirvan para adquirir conceptos y desarrollar procedimientos, además de establecer los mecanismos de evaluación pertinentes, tanto para el proceso de enseñanza, como para el aprendizaje (Torres, 2002; Niño, 2014; Montero, 2017).

Además de divertir y coadyuvar a la construcción de conocimiento, el juego contribuye de forma relevante al desarrollo integral del adolescente y se ha comprobado que desempeña un papel importante en el desarrollo intelectual, pues, a través de las variadas actividades lúdicas que realiza a lo largo de su vida, crea y desarrolla estructuras mentales que posibilitan una vía de desarrollo del pensamiento abstracto, siendo un estímulo para la atención y la memoria (Torres, 2002; Niño, 2014; Montero, 2017). Asimismo, en lo referente al desarrollo social, también es un hecho confirmado que las actividades lúdicas son un instrumento relevante de comunicación y socialización. Además, en el juego, las personas interactúan con otros compañeros, lo que les permite ampliar sus formas de comunicación, desarrollar su capacidad de cooperación y sus habilidades sociales (Torres, 2002; Niño, 2014; Montero, 2017).

Por otro lado, el juego promueve el equilibrio psíquico y la salud mental, pues es una fuente de placer que estimula la alegría de vivir, además de una vía de liberación de la

ansiedad que se deriva de fuentes externas e internas (Torres, 2002; Niño, 2014; Montero, 2017).

Los niños que interactúan en un ambiente lúdico, mantienen comunicaciones más eficaces, verbalizan más ideas, aceptan más las ideas de los otros, mostrando más coordinación, esfuerzo y productividad cuando realizan una tarea, incluso aquí se favorece el establecimiento de relaciones más positivas entre los compañeros. Además, un ambiente lúdico mejora el clima del aula y las relaciones interpersonales en el seno del grupo, posibilitando el marco más idóneo para el desarrollo de unas adecuadas habilidades sociales (Torres, 2002; Niño, 2014; Montero, 2017).

3.3.1.5.1. Aprendizaje basado en el juego (ABJ)

El aprendizaje basado en el juego (ABJ) es, en esencia, aprender jugando. A pesar de que la definición exacta del juego sigue siendo un área de debate entre los investigadores, incluyendo qué actividades pueden considerarse juego, el ABJ se diferencia del concepto amplio del juego. Los estudios que han examinado los beneficios del ABJ se han centrado en dos tipos particulares de juego: el juego libre, dirigido por los alumnos, y el juego guiado, en el que el docente proporciona un cierto grado de orientación o participación (Danniels y Pyle, 2018).

Se entiende como juego libre el que es dirigido por los alumnos, es voluntario, internamente motivado y agradable. En cambio, el juego guiado se refiere a las actividades de juego en el que un adulto participa, hasta cierto punto, para integrar o añadir oportunidades de aprendizaje adicionales dentro del propio juego. Algunas actividades se describen como dirigidas por el docente, por ejemplo, juegos específicos, planeados intencionalmente; un ejemplo de este tipo de actividades es la modificación de un juego de mesa para incluir acciones y habilidades especiales (Danniels y Pyle, 2018). Mientras que otros se describen como “mutuamente dirigidos”, en este tipo de juegos, tanto los docentes como los alumnos ejercen un cierto grado de control sobre el juego (Danniels y Pyle, 2018).

3.3.2. Modelo pedagógico

3.3.2.1. Modelo Ciclos de aprendizaje

La adaptación del modelo de enseñanza 5E se basa en la teoría de la enseñanza y el aprendizaje de Piaget (específicamente neopiagetiana o socioconstructivista). Se basa en una secuencia estructurada; diseñada como una manera práctica y tangible de implementar la teoría constructivista. Cada una de las “E” del modelo representa una fase específica del ciclo: enganchar, explorar, explicar, elaborar y evaluar (Centro Mario Molina, 2014; Evren y Camliyer, 2016).

Cuadro 2. Fases del ciclo de aprendizaje

Fase	Descripción
Enganchar	El profesor diagnostica los conocimientos previos de los estudiantes y los ayuda a involucrarse en el aprendizaje de un nuevo concepto, a través de una pregunta generadora. Esta fase del ciclo promueve el interés y la motivación.
Explorar	Los estudiantes trabajan colaborativamente para realizar actividades experimentales que les ayudan a utilizar sus saberes y habilidades previas, explorar respuestas alternativas a sus preguntas.
Explicar	Los estudiantes explican con sus propias ideas un concepto dado, hacen representaciones, comparten con sus pares y comparan. Escuchan la explicación del profesor y juntos construyen ideas más completas y profundas.
Elaborar	Los estudiantes elaboran representaciones o actividades adicionales de exploración para reforzar su entendimiento.
Evaluar	En esta fase final, los aprendices reciben retroalimentación para conocer la exactitud de sus explicaciones y habilidades.

FUENTE: Centro Mario Molina (2014), y Evren y Camliyer (2016).

3.4. LOS SUJETOS DE APRENDIZAJE: ADOLESCENTES

3.4.1. Desarrollo cognitivo

Piaget influyó profundamente en la forma de concebir el desarrollo del niño: el desarrollo cognoscitivo lo concibió a través de la sucesión de estados o etapas, desde el nacimiento a la edad adulta. Dichas etapas se diferencian cualitativamente entre sí en función de las

características estructurales del pensamiento y el tipo de razonamiento que se desarrolla en cada momento. Estas cuatro etapas se indican en el cuadro 3 (Meece, 2001):

Cuadro 3. Etapas cognitivas según Piaget

Etapa	Edad	Características
Sensoriomotora (el niño activo)	0 a los 2 años	Los niños aprenden la conducta propositiva, el pensamiento orientado a medios y fines, la permanencia de los objetos.
Preoperacional (el niño intuitivo)	De los 2 a los 7 años	El niño puede usar símbolos y palabras para pensar. Solución intuitiva de los problemas, pero el pensamiento está limitado por la rigidez, la centralización y el egocentrismo.
Operaciones concretas (el niño práctico)	De los 7 a los 11 años	El niño aprende las operaciones lógicas de seriación, de clasificación y de conservación. El pensamiento está ligado a los fenómenos y objetos del mundo real.
Operaciones formales (el niño reflexivo)	De los 11 a los 12 años y en adelante	El niño aprende sistemas abstractos del pensamiento que le permiten usar la lógica proposicional, el razonamiento científico y razonamiento proporcional.

FUENTE: Meece (2001).

En cada etapa, se supone que el pensamiento del niño es cualitativamente distinto al de las restantes. De acuerdo con Piaget, el desarrollo cognoscitivo no sólo consiste en cambios cualitativos de los hechos y de las habilidades, sino en transformaciones radicales de cómo se organiza el conocimiento. Una vez que el niño entra en una nueva etapa, no retrocede a una forma anterior de razonamiento ni de funcionamiento (Meece, 2001).

Piaget propuso que el desarrollo cognoscitivo sigue una secuencia invariable. Es decir, todos los niños pasan por las cuatro etapas en el mismo orden. No es posible omitir ninguna de éstas. Las etapas se relacionan, generalmente, con ciertos niveles de edad, pero el tiempo que dura una etapa muestra gran variación individual y cultural (Meece, 2001).

3.4.1.1. Etapa de las operaciones formales

Una vez lograda la capacidad de resolver problemas como los de seriación, clasificación y conservación, el niño de 11 a 12 años comienza a formarse un sistema coherente de lógica formal. Ya cuenta con herramientas cognoscitivas que le permiten solucionar muchos tipos de problemas de lógica, comprender las relaciones conceptuales entre operaciones matemáticas, ordenar y clasificar los conjuntos de conocimientos. Durante la adolescencia, las operaciones mentales que surgieron en las etapas previas se organizan en un sistema más complejo de lógica y de ideas abstractas (Meece, 2001).

El cambio más importante en la etapa de las operaciones formales es que el pensamiento hace la transición de lo *real a lo posible*. Los niños de primaria razonan lógicamente, pero sólo en lo referente a personas, lugares y cosas tangibles y concretas. En cambio, los adolescentes piensan en cosas con las que nunca han tenido contacto (por ejemplo, *cuando lea una historia, trate de imaginar qué significa ser esclavo en la década de 1850*); pueden generar ideas acerca de sucesos que nunca ocurrieron (por ejemplo, *¿cómo sería Europa si Alemania hubiera ganado la segunda guerra mundial?*); y pueden hacer predicciones sobre hechos hipotéticos o futuros (por ejemplo, *si el gobierno de un país aprobara un ley que deroga la pena de muerte, ¿qué sucedería con los índices de criminalidad?*). Los adolescentes de mayor edad pueden discutir complejos problemas sociopolíticos que incluyan ideas abstractas, como derechos humanos, igualdad y justicia. También pueden razonar sobre las relaciones y analogías proporcionales, resolver las ecuaciones algebraicas, realizar pruebas geométricas y analizar la validez intrínseca de un argumento (Meece, 2001).

La capacidad de pensar de manera abstracta y reflexiva se logra durante esta etapa. Hay cuatro características fundamentales de este tipo de pensamiento (Meece, 2001):

- 1) La lógica proposicional.
- 2) Razonamiento científico.
- 3) Razonamiento combinatorio.
- 4) Razonamiento sobre probabilidades y proporciones.

3.4.1.2. Lógica proposicional

Las operaciones mentales del adulto corresponden a cierto tipo de operación lógica, denominada lógica proposicional, la cual, según Piaget, es indispensable para el pensamiento de esta etapa. Es la capacidad de extraer una inferencia lógica a partir de la relación entre dos afirmaciones o premisas. También es indispensable para razonar sobre problemas científicos, como determinar la manera de clasificar un animal o planta (por ejemplo, si todos los mamíferos amamantan a su cría y si este animal amamanta a su cría, entonces será mamífero) (Meece, 2001).

3.4.1.3. Razonamiento científico

A medida que el adolescente aprende a utilizar la lógica proposicional, empieza a abordar los problemas de un modo más sistemático: formula hipótesis, determina cómo compararlas con los hechos y excluye las que resulten falsas. Piaget dio el nombre de pensamiento *hipotético-deductivo* a la capacidad de generar y probar hipótesis en una forma lógica y sistemática (Meece, 2001).

3.4.1.4. Razonamiento combinatorio

Es la capacidad de pensar en causas múltiples (Meece, 2001).

3.4.1.5. Razonamiento sobre las probabilidades y las proporciones

A los alumnos les resulta difícil resolver tareas que requieren formas más abstractas de razonamiento. Se estima que apenas de 30 a 40 por ciento de los estudiantes de enseñanza media en las escuelas estadounidenses pueden resolver actividades formales. El desarrollo de este pensamiento depende mucho de las expectativas y de las experiencias culturales; predomina más en las sociedades que dan mucha importancia a las matemáticas y a los conocimientos técnicos (Meece, 2001).

3.4.2. Desarrollo psicosocial

3.4.2.1. El impacto psicológico de la pubertad

Para los adolescentes, la pubertad no consiste tan sólo en meros cambios físicos. A menudo produce cambios en la autoimagen, la seguridad en sí mismos, en las relaciones familiares, en el estado de ánimo, en las relaciones con el sexo opuesto y en muchas conductas. La forma en que los adolescentes reaccionan ante aquélla es complicada. A menudo los medios de comunicación masiva presentan al adolescente como una persona obsesionada por el sexo, rebelde, pubertad, indecisa, malhumorada, etc. Estas imágenes reflejan estereotipos culturales y no sólo condicionan cómo reacciona la sociedad de adultos, sin que, además, influyen en el propio adolescente (Meece, 2001).

A la adolescencia se le ha llamado los “años larguiruchos”. El cuerpo del adolescente parece estar totalmente fuera de proporción. En las primeras etapas de la pubertad, los pies y las manos, incluso las piernas, parecen desproporcionados con el tronco. Y así es, efectivamente. Algunas partes de su cuerpo están madurando a un ritmo diferente. En términos generales, las manos y los pies crecen antes que el tronco y los hombros. Las variantes del crecimiento originan sensación de torpeza y timidez, que influyen negativamente en la autoimagen, mientras no se alcance algún equilibrio (Meece, 2001).

A menudo, al adolescente se le califica de malhumorado. Un momento puede estar contento y ser amistoso, y al siguiente sentirse molesto o triste. El rápido aumento hormonal en las primeras etapas de la pubertad intensifica la irritabilidad, la impulsividad y la agresión (en el varón) y la depresión (en la mujer); pero estos efectos los atenúa generalmente el ambiente. El aumento de los niveles hormonales en la adolescencia temprana puede dar origen a depresión en la mujer, pero esto se explica mejor por hechos estresantes, como los problemas con amigos, en la escuela y con miembros de la familia; también interviene el entorno social. A lo largo del día, los adolescentes muestran muchos cambios de estado de ánimo. Se les ve felices a la hora de la comida, aburridos en la clase de matemáticas, emocionados con los amigos y enojados si un profesor los trata injustamente. Su estado de ánimo fluctúa a medida que cambia la actividad. Y como cambian de actividad y de ambiente más a menudo que los adultos, esto explica su propensión al malhumor (Meece, 2001).

A los adolescentes también se les considera rebeldes e incontrolables. Al comenzar la adolescencia, se observan menos pensamientos positivos hacia los padres, menos comunicación con ellos y más conflictos diarios, quizá porque pasan más tiempo juntos. La intensidad y la frecuencia del conflicto parecen alcanzar su punto máximo en la pubertad (Meece, 2001).

4. PLANEACIÓN DEL TRABAJO DOCENTE EN EL AULA

4.1. ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Las estrategias didácticas, según la UNED (2013), son las acciones planificadas por el docente, con el objetivo de que el estudiante logre la construcción del aprendizaje y se alcancen los objetivos planteados. Una estrategia didáctica, en sentido estricto, es un procedimiento organizado, formalizado y orientado a la obtención de una meta claramente establecida. Su aplicación en la práctica diaria requiere del perfeccionamiento de procedimientos y de técnicas cuya elección detallada y diseño son responsabilidad del docente; ello implica la planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje, así como una gama de decisiones que el docente debe tomar, consciente y reflexivamente, en relación con las técnicas y actividades que utilizaría para alcanzar los objetivos de aprendizaje.

4.1.1. Estrategias de enseñanza

Según Díaz y Hernández (2002), son los medios o recursos para prestar ayuda pedagógica. Consideramos que el docente debe poseer un bagaje amplio de estrategias, conociendo qué función tienen y cómo se utilizan o se desarrollan apropiadamente. Dichas estrategias de enseñanza se complementan con las estrategias o principios motivacionales y de trabajo cooperativo, de los cuales se puede echar mano para enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Conviene tener presentes *cinco aspectos esenciales* para considerar qué tipo de estrategia es la indicada para utilizarse en ciertos momentos de la enseñanza, dentro de una sesión, un episodio o una secuencia instruccional, entre otras, están las siguientes:

- 1) Consideración de las características generales de los aprendices (nivel de desarrollo cognitivo, conocimientos previos, factores motivacionales, etcétera).
- 2) Tipo de dominio del conocimiento en general y del contenido curricular en particular que se abordará.
- 3) La intencionalidad o meta que se desea lograr y las actividades cognitivas y pedagógicas que debe realizar el alumno para conseguirla.
- 4) Vigilancia constante del proceso de enseñanza (de las estrategias de enseñanza empleadas previamente, si es el caso), así como del progreso y aprendizaje de los alumnos.

- 5) Determinación del contexto intersubjetivo (conocimiento ya compartido) creado con los alumnos hasta ese momento, si es el caso.

Cada uno de estos factores y su posible interacción constituyen un importante argumento para decidir por qué utilizar alguna estrategia y de qué modo emplearla. Dichos factores también son elementos centrales para lograr el ajuste de la ayuda pedagógica (Díaz y Hernández, 2002).

Cuadro 4. Clasificación de las estrategias de enseñanza

Proceso cognitivo en el que incide la estrategia	Tipos de estrategia de enseñanza
Generación de expectativas apropiadas	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos o intenciones
Activación de los conocimientos previos	<ul style="list-style-type: none"> • Situaciones que activan o generan información previa (actividad focal introductoria, discusiones guiadas y otras) • Objetivos
Orientar y guiar la atención y el aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Señalizaciones • Preguntas insertadas
Mejorar la codificación de la información nueva	<ul style="list-style-type: none"> • Ilustraciones • Gráficas • Preguntas insertadas
Promover una organización global más adecuada de la información nueva a aprender (mejorar las conexiones internas)	<ul style="list-style-type: none"> • Resúmenes • Mapas y redes conceptuales • Organizadores gráficos (cuadros sinópticos simples y de doble columna, cuadros C-Q-A) • Organizadores textuales
Para potenciar y explicar el enlace entre conocimientos previos y la información nueva por aprender (mejorar las conexiones externas)	<ul style="list-style-type: none"> • Organizadores previos • Analogías • Cuadros C-Q-A

FUENTE: Díaz y Hernández (2002).

4.1.1.1. RA-P-RP (Respuesta anterior-pregunta-respuesta posterior)

Es una estrategia que nos permite construir significados en tres momentos representados por una pregunta, una respuesta anterior (o anticipada) y una respuesta posterior. Nos permite indagar conocimientos previos, desarrollar un pensamiento crítico, desarrollar la metacognición y la comprensión (Pimienta, 2012).

En síntesis, según Pimienta (2012), esta estrategia consiste en los siguientes pasos:

- 1) Se comienza con las preguntas, ya sea por parte del profesor o de los estudiantes.
- 2) Se inicia con preguntas medulares del tema. *Preguntas*: se plantean las interrogantes iniciales del tema. Éste es el punto de partida para que los alumnos den una respuesta anterior y una posterior.
- 3) Posteriormente, las preguntas se responden con base en los conocimientos previos (lo que se conoce del tema). *Respuesta anterior*: conocimientos previos de los alumnos acerca del tema.
- 4) Se procede a contestar las preguntas con base en el texto u objeto observado. *Respuesta posterior*: después del análisis de la información leída y observada, se responden las preguntas iniciales.

4.1.2. Estrategias de aprendizaje

Son procedimientos (conjunto de pasos, operaciones o habilidades) que un aprendiz emplea de forma consciente, controlada e intencional como instrumentos flexibles para aprender significativamente y solucionar problemas (Díaz y Hernández, 2002). En términos generales, Díaz y Hernández (2002) señalan:

- Son procedimientos o secuencias de acciones.
- Son actividades conscientes y voluntarias.
- Pueden incluir varias técnicas, operaciones o actividades específicas.
- Persiguen un propósito determinado: el aprendizaje y la solución de problemas académicos o los otros aspectos vinculados con aquéllos.
- Son más que los “hábitos de estudio”, porque se realizan flexiblemente.
- Pueden ser abiertas (públicas) o encubiertas (privadas).
- Son instrumentos con cuya ayuda se potencian las actividades de aprendizaje y solución de problemas.
- Son instrumentos socioculturales aprendidos en contextos de interacción con alguien que sabe más.

Cuadro 5. Clasificación de las estrategias de aprendizaje

Proceso	Tipo de estrategia	Finalidad u objetivo	Técnica o habilidad
Aprendizaje memorístico	Recirculación de la información	Repaso simple	<ul style="list-style-type: none"> • Repetición simple y acumulativa
		Apoyo al repaso (seleccionar)	<ul style="list-style-type: none"> • Subrayar • Destacar • Copiar
Aprendizaje significativo	Elaboración	Procedimiento simple	<ul style="list-style-type: none"> • Palabra clave • Rimas

Proceso	Tipo de estrategia	Finalidadu objetivo	Técnica o habilidad
			<ul style="list-style-type: none"> • Imágenes mentales • Parafraseo
		Procesamiento complejo	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de inferencias • Resumir • Analogías • Elaboración conceptual
	Organización	Clasificación de la información	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de categorías
		Jerarquización y organización de la información	<ul style="list-style-type: none"> • Redes semánticas • Mapas conceptuales • Uso de estructuras textuales

FUENTE: Díaz y Hernández (2002).

4.1.2.1. Lluvia de ideas

Continuando con Pimienta (2012), se puede decir que es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado, pues esta técnica permite:

- 1) Indagar en los conocimientos previos.
- 2) Favorecer la recuperación de información.
- 3) Favorecer la creación de nuevo conocimiento.
- 4) Aclarar concepciones erróneas.
- 5) Resolver problemas.
- 6) Desarrollar la creatividad.
- 7) Obtener conclusiones grupales.
- 8) Propiciar una alta participación de los alumnos.

Para utilizar la técnica de lluvia de ideas, Pimienta (2012) y la Sociedad Latinoamericana para la Calidad (2000) refieren tres formatos:

- No estructurado (o de flujo libre):
 - 1) Se parte de una pregunta central acerca de un tema, una situación o un problema.
 - 2) La participación de los estudiantes puede ser oral o escrita.
 - 3) Se exponen ideas, pero no se ahonda en justificaciones ni en su fundamento.

- 4) Escoger a alguien para que sea el facilitador y apunte las ideas, y que promueva un ambiente de respeto, creatividad y relajación.
 - 5) Escribir en un rotafolio o en un tablero una frase que represente el problema y el asunto de discusión.
 - 6) Escribir cada idea en el menor número de palabras posible. Verificar con la persona que hizo la contribución cuando se esté repitiendo la idea. No interpretar o cambiar las ideas.
 - 7) Establecer un tiempo límite, debe ser breve: no más de quince minutos.
 - 8) Fomentar la creatividad. Construir sobre ideas de otros. Los miembros del grupo y el facilitador nunca deben criticar las ideas.
 - 9) Verificar la lista para comprobar su comprensión.
 - 10) Eliminar las duplicaciones.
- Estructurado (o en círculo): tiene las mismas metas que la lluvia de ideas no estructurada. La diferencia consiste en que cada miembro del equipo presenta sus ideas en un formato ordenado.
 - Silenciosa (o de lluvia de ideas escritas): es similar a la lluvia de ideas de flujo libre, los participantes piensan las ideas, pero las registran en papel, en silencio. Cada participante pone su hoja en la mesa y la cambia por otra. Cada participante puede entonces agregar otras ideas relacionadas o pensar en otras nuevas.

4.1.2.2. Modelo de exposición-discusión

El modelo exposición-discusión está dirigido al maestro y destinado a ayudar a los alumnos a comprender las relaciones que hay en cuerpos organizados de conocimiento. En contraste con los modelos de contenido específico, que enfocan conceptos particulares, éste ayuda a los alumnos a comprender no sólo los conceptos, sino también cómo están relacionados (Eggen y Kauchak, 2009a).

Este modelo se basa en tres principios fundamentales: primero, aprovechar lo que los alumnos ya saben y construyen sobre ese conocimiento previo el nuevo conocimiento, aquí entra la “Teoría de los esquemas”: el segundo se basa en el concepto de David Paul Ausubel de aprendizaje verbal con significado: supone que la adquisición de ideas sólo se da por conexión con otras ideas. Esto difiere del aprendizaje memorístico, en el que no se guardan conocimientos aislados, sino que los conocimientos se relacionan entre sí. El modelo fue planeado para ayudar a los alumnos a vincular la información nueva con el conocimiento previo, así como a relacionar entre sí las diferentes partes del nuevo conocimiento. Pretende superar algunas fallas manifiestas del método de exposiciones, al subrayar enérgicamente el tercer fundamento, las preguntas del maestro como medio para comprometer activamente a los alumnos en el proceso de aprendizaje (Eggen y Kauchak, 2009a).

Una lección de exposición-discusión tiene cinco fases, las cuales se presentan, con sus funciones docentes y motivadoras (Eggen y Kauchak, 2009a), en el cuadro 6:

Cuadro 6. Fases del modelo exposición-discusión

Fase	Función de aprendizaje y motivación
<i>Fase 1: Introducción.</i> Revisar y presentar una forma de enfoque para la lección.	<ul style="list-style-type: none"> • Despertar la atención. • Activar el conocimiento previo.
<i>Fase 2: Presentación.</i> Se presenta una información organizada.	<ul style="list-style-type: none"> • Aportar conocimiento previo. • Comenzar la producción de esquemas.
<i>Fase 3: Supervisión de la comprensión.</i> Mediante preguntas, comprobar que los alumnos entendieron el material presentado.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar la percepción. • Colocar a los alumnos en roles activos.
<i>Fase 4: Integración.</i> El conocimiento nuevo se relaciona con la comprensión previa.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar esquemas. • Lograr un equilibrio.
<i>Fase 5: Revisión y cierre</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Completar la producción de esquemas. • Promover percepciones de competencia.

FUENTE: Eggen y Kauchak (2009a).

4.1.2.3. Aprendizaje cooperativo: técnica de rompecabezas

Es una forma de aprendizaje cooperativo, en el que los alumnos se vuelven expertos en subsecciones de un tema y enseñan tales subsecciones a los otros (Eggen y Kauchak, 2009b).

Esta técnica se planeó para enseñar *cuerpos organizados de conocimiento*, temas que combinan hechos, conceptos, generalizaciones y las relaciones entre sí, y emplea un concepto llamado *especialización en la tarea*, el cual requiere que distintos alumnos adopten papeles especializados, para alcanzar los objetivos de una actividad de aprendizaje, es decir, los estudiantes se vuelven “expertos” en un área específica de una tarea de aprendizaje y utilizan esta especialización para enseñar a otros (Eggen y Kauchak, 2009b).

Cada miembro aporta una fracción diferente del rompecabezas, con esto se pretende fomentar la interdependencia en los miembros del equipo, ya que los alumnos deben depender unos de otros para aprender el contenido (Eggen y Kauchak, 2009b).

Cuadro 7. Fases de la técnica de rompecabezas

Fase 1	Recabar la información	Se asignan ciertos temas a los alumnos, que deberán dominar.
Fase 2	Reuniones de “expertos”	Después de que los alumnos tuvieron tiempo para estudiar los temas individuales, en esta fase, se forma un “grupo de expertos”, donde se les da la oportunidad de comparar sus notas y de aclarar la posibilidad de interpretación errónea.
Fase 3	Informes del equipo	Cada “experto” retorna a su equipo de origen y se responsabiliza de explicar y enseñar el contenido a los integrantes de su equipo. Esto alienta no sólo a compartir el conocimiento, sino también a organizar y resumir la información.
Fase 4	Evaluación de la comprensión de los alumnos	Se realiza en tres niveles: 1. Comprensión individual del contenido (rúbrica). 2. Evaluación del funcionamiento del grupo. 3. Evaluación de procesos del grupo.

FUENTE: elaboración propia, con datos de Eggen y Kauchak (2009b); Maset (2003).

4.1.3. La evaluación

La evaluación para el aprendizaje de los alumnos permite valorar el nivel de desempeño y el logro de los aprendizajes esperados; además, identifica los apoyos necesarios para analizar las causas de los aprendizajes no logrados y tomar decisiones oportunamente. En este sentido, la evaluación en el contexto del enfoque formativo requiere recolectar, sistematizar y analizar la información obtenida de diversas fuentes, con el fin de mejorar el aprendizaje de los alumnos y la intervención docente (SEP, 2013).

Por lo anterior, la evaluación no puede depender de una sola técnica o instrumento, porque así se estarían evaluando únicamente conocimientos, habilidades, actitudes o valores de manera desintegrada. La evaluación con enfoque formativo debe permitir el desarrollo de habilidades de reflexión, observación, análisis, pensamiento crítico y capacidad de resolver problemas (SEP, 2013).

4.1.3.1. Tipos de evaluación

Las múltiples perspectivas bajo las cuales puede considerarse la evaluación, así como las funciones que en cada caso pueda cumplir, han dado lugar a diferentes denominaciones o tipos de evaluación (Díaz y Hernández, 2002):

- 1) En función del agente evaluador:
 - a) Interna: es la que se realiza desde el punto de vista del protagonista (centro escolar, profesores, alumnos).
 - b) Externa: es la que efectúa el docente o, en su caso, el experto en evaluación, utilizando técnicas adecuadas, tratando de comprobar lo encomendado.
- 2) En función de las finalidades y momentos en los que se realizan:
 - a) Evaluación diagnóstica.
 - b) Evaluación formativa.
 - c) Evaluación sumativa.

Cuadro 8. Tipos de evaluación

Tipos	Momento en el que se realiza	Funciones
Diagnóstica	Inicial	<ul style="list-style-type: none">- Conocer el punto de partida del alumno.- Facilitar el diseño de los procesos de enseñanza-aprendizaje.- Diseñar nuevos aprendizajes.
Formativa	Continuo	<ul style="list-style-type: none">- Seguir el ritmo de aprendizaje de los alumnos.- Constatar el proceso de aprendizaje.- Modificar estrategias a lo largo del proceso.
Sumativa	Final	<ul style="list-style-type: none">- Permite comprobar el grado en que el alumno alcanzó los objetivos previstos.- Constatar la consecución de objetivos.

FUENTE: Díaz y Hernández (2002).

4.1.3.2. Técnicas e instrumentos de evaluación

Son los procedimientos utilizados por el docente para obtener información acerca del aprendizaje de los alumnos. Cada técnica se acompaña de sus propios instrumentos, definidos como recursos estructurados diseñados para fines específicos. Tanto las técnicas, como los

instrumentos de evaluación deben adaptarse a las características de los alumnos y brindar información de su proceso de aprendizaje (SEP, 2013).

En el cuadro 9 se especifican las técnicas, los instrumentos y aprendizajes que pueden evaluarse con estos:

Cuadro 9. Técnicas e instrumentos de evaluación

Técnicas	Instrumentos	Aprendizajes que pueden evaluarse		
		Conocimientos	Habilidades	Actitudes y valores
Observación	Guía de observación	X	X	X
	Registro anecdótico	X	X	X
	Diario de clase	X	X	X
	Diario de trabajo	X	X	X
	Escala de actitudes			X
Desempeño de los alumnos	Preguntas sobre el procedimiento	X	X	
	Cuadernos de los alumnos	X	X	X
	Organizadores gráficos	X	X	
Análisis del desempeño	Portafolio	X	X	
	Rúbrica	X	X	X
	Lista de cotejo	X	X	X
Interrogatorio	Tipos textuales: debate y ensayo	X	X	X
	Tipos orales y escritos: pruebas escritas	X	X	

FUENTE: SEP (2013).

4.2. METODOLOGÍA

4.2.1. Materiales y métodos

La siguiente estrategia didáctica se aplicó en los grupos de Biología I y Biología III del CCH plantel sur y en la asignatura de Biología I del Colegio de Bachilleres plantel 3 “Iztacalco”. Se basa en el modelo educativo constructivista, utilizando como modelo pedagógico los ciclos de aprendizaje. El tema que se impartió fue el de fotosíntesis, abordado por medio de

una secuencia didáctica (anexo 5). Dicha estrategia se planeó para una total de cinco horas y se realizó en tres sesiones, contempla la introducción, el desarrollo y el cierre de cada una de las sesiones.

PRIMERA SESIÓN

Como actividad de apertura se dio el saludo y la bienvenida a los alumnos; enseguida, por medio de una presentación en Powerpoint, se dio a conocer el tema y los objetivos de aprendizaje, los materiales a utilizar y las instrucciones de trabajo en el aula, en un tiempo aproximado de diez minutos.

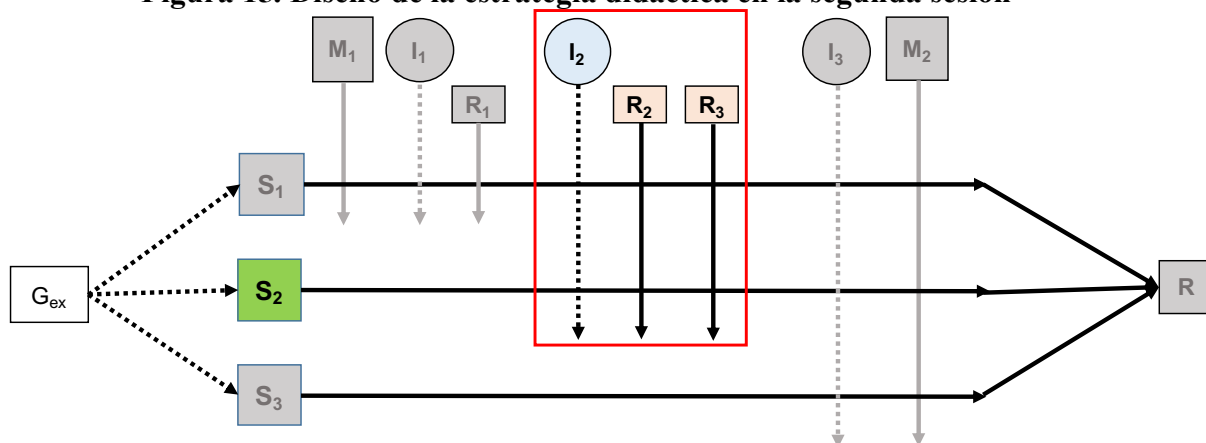
En la etapa de desarrollo, se aplicó una evaluación diagnóstica, en la que los alumnos resolvieron las preguntas de un cuestionario RA-P-RP, contestando únicamente en la columna de Respuesta anterior; se dio a los alumnos un tiempo de veinte minutos para contestarlo (anexo 6); el instrumento utilizado para evaluar el desempeño de los alumnos fue por medio de una rúbrica (anexo 9); una vez terminado el cuestionario, se proyectó a los alumnos otra presentación en Powerpoint con un breve repaso de la célula vegetal y con el tema a impartir, la fotosíntesis, poniendo énfasis en las dos etapas: la fase dependiente de la luz y la fase independiente de la luz, en un tiempo aproximado de treinta minutos; una vez finalizada la presentación, los alumnos resolvieron una sopa de letras (anexo 7) de conceptos relacionados con la fotosíntesis; después, con las palabras localizadas, completaron las oraciones, en un tiempo aproximado de veinte minutos.

En la etapa de cierre, los alumnos, junto con el profesor, realizaron la conclusión de la sesión, por medio de una discusión en el grupo, con base en preguntas sobre lo que habían entendido del tema. Esta fase tuvo una duración aproximada de veinte minutos.

compañeros; por medio de la estrategia didáctica de grupos de aprendizaje cooperativos, con la técnica de rompecabezas (Eggen y Kauchak, 2009b), actividad evaluada mediante una rúbrica (anexo 10). Al finalizar esta actividad, el profesor, junto con los alumnos, realizaron un repaso de lo visto hasta ahora en la sesión.

En la actividad de cierre, los alumnos resolvieron un ejercicio que se proyectó en una presentación de Powerpoint; la actividad se dividió en tres secciones y englobó todo lo visto en las dos sesiones; como primera actividad resolvieron un esquema, en el que colocaron en el espacio correspondiente las acciones que ocurren dentro del cloroplasto; después, respondieron unas preguntas relacionadas con la fotosíntesis y, por último, los alumnos resolvieron un cuadro, en el que los alumnos primero leyeron unas frases y escribían el número que correspondía a la respuesta correcta.

Figura 15. Diseño de la estrategia didáctica en la segunda sesión



Donde:

G_{ex} = Grupo experimental:

S_2 = Segunda sesión

R_2 = Recurso didáctico 2: Lecturas sobre la fotosíntesis

R_3 = Recurso didáctico 3: Ejercicios de repaso

I_2 = Intervención didáctica 2: Experimento sobre la importancia del oxígeno en la fotosíntesis

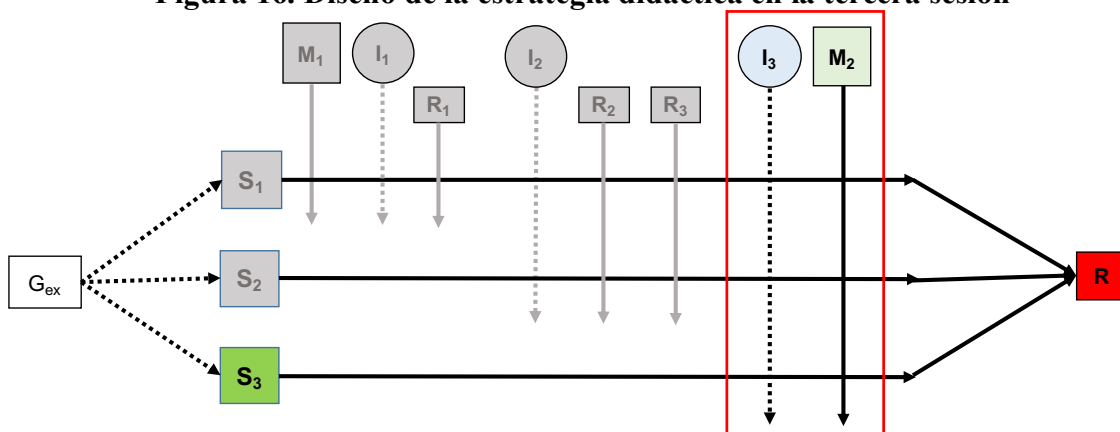
TERCERA SESIÓN

En la actividad de apertura, los alumnos, con ayuda del profesor, hicieron un repaso de lo visto en la clase previa, el tiempo dedicado para esta actividad fue de aproximadamente cuatro minutos.

En la actividad de desarrollo, los alumnos jugaron un memorama, conformado por 46 tarjetas; ellos relacionaron la imagen con la función. El tiempo estimado para esta actividad fue de veinte minutos.

Como actividad de cierre, los alumnos resolvieron las mismas preguntas del cuestionario RA-P-RP (anexo 6), respondiendo en la columna de Respuesta posterior; para la evaluación de este instrumento, se utilizó la misma rúbrica ya mencionada (anexo 9). Por último, el profesor realizó una serie de preguntas concernientes al tema impartido, por lo que los alumnos contestaban de acuerdo a lo que ellos habían aprendido en las sesiones precedentes.

Figura 16. Diseño de la estrategia didáctica en la tercera sesión



Donde:

G_{ex} = Grupo experimental

S_3 = Tercera sesión

M_2 = Medición 2: Cuestionario RA-P-RP (aprendizajes adquiridos)

I_3 = Intervención didáctica 3: Juego de memorama sobre el tema de fotosíntesis

R = Resultados

5. RESULTADOS

5.1. PRÁCTICA DOCENTE I (PD-I)

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la secuencia didáctica que se aplicó a quince alumnos del grupo 0451-B de Biología I, en el horario de 17:00 a 19:00 horas en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) plantel sur.

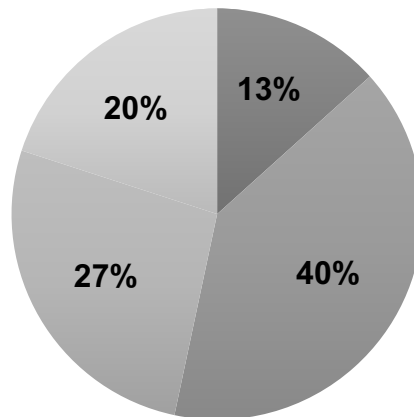
5.1.1. Resultados de las lecturas

En la figura 17, se observa que, de los alumnos que resolvieron el cuestionario guía, 40 por ciento obtuvieron satisfactorio, 27 por ciento suficiente, 20 por ciento requieren apoyo y el 13 por ciento destacado.

Cuadro 10. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 1 (PD-1)

Preguntas diagnóstico	Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
1 Explica ¿qué es el proceso de la fotosíntesis?	0	4	1	0
2 Describe cómo se da la fase dependiente de la luz de la fotosíntesis	1	0	2	2
3 Explica en dónde se lleva a cabo la fase dependiente de la luz y su importancia	1	2	1	1

Figura 17. Porcentaje obtenido en la lectura 1 (PD-I)



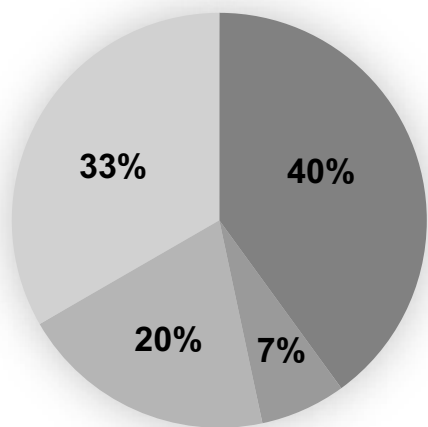
■ Destacado ■ Satisfactorio ■ Suficiente ■ Requiere apoyo

En la figura 18 se observa que los alumnos que resolvieron el cuestionario guía de la segunda lectura 40 por ciento obtuvieron destacado, 33 por ciento requieren apoyo, 20 por ciento suficiente y el 7 por ciento satisfactorio.

Cuadro 11. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 2 (PD-I)

Preguntas diagnóstico	Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
1 Explica ¿qué es el proceso de la fotosíntesis?	2	0	3	0
2 Describe cómo se da la fase dependiente de la luz de la fotosíntesis	4	1	0	0
3 Explica en dónde se lleva a cabo la fase dependiente de la luz y su importancia	0	0	0	5

Figura 18. Porcentaje obtenido en la lectura 2 (PD-I)



■ Destacado ■ Satisfactorio ■ Suficiente ■ Requiere apoyo

5.2. PRÁCTICA DOCENTE II (PD-II)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la secuencia didáctica aplicada a diecisiete alumnos del grupo 350-B de Biología I, en el horario de 15:00 a 17:00 horas del CCH Sur.

5.2.1. Resultados de las lecturas

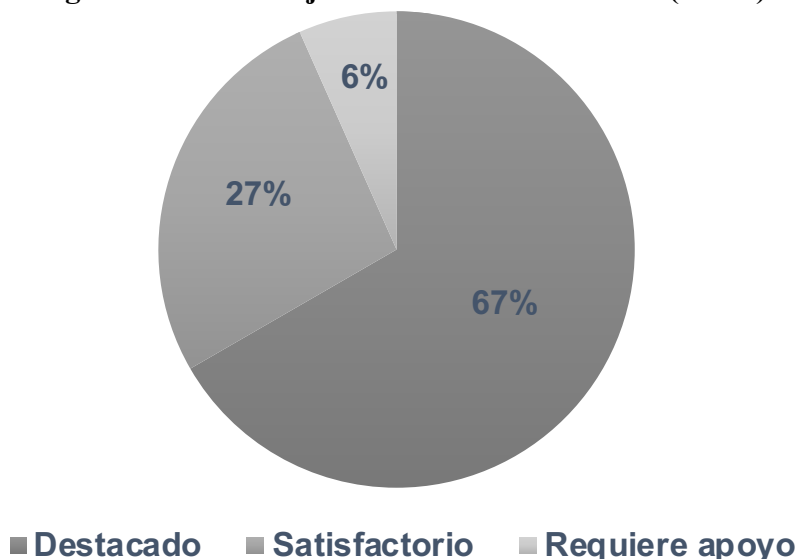
En la figura 19, se observa que, de los alumnos que resolvieron el cuestionario guía de la primera lectura, 67 por ciento obtuvieron destacado, 27 por ciento fue satisfactorio y el 6 por ciento requieren apoyo.

Cuadro 12. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 1 (PD-II)

Preguntas diagnóstico	Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
1 Explica ¿qué es la fotosíntesis y dónde se realiza?	1	4	0	0
2 Describe brevemente las fases de la fotosíntesis	4	0	0	1

Preguntas diagnóstico		Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
3	¿Dónde se llevan a cabo cada una de las fases?	5	0	0	0

Figura 19. Porcentaje obtenido en la lectura 1 (PD-II)

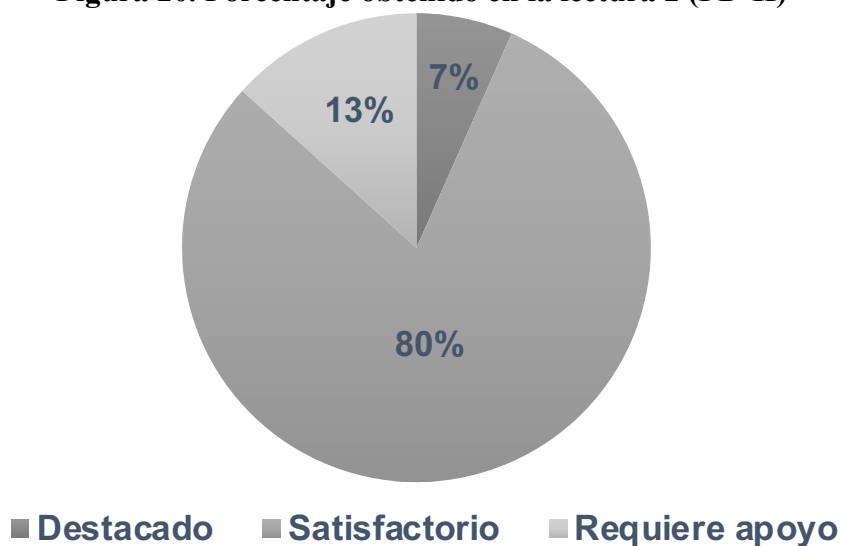


En la figura 20, se advierte que, de los integrantes del equipo que resolvieron el cuestionario guía de la lectura 2, el 80 por ciento de los alumnos obtuvieron satisfactorio, el 7 por ciento fue destacado y el 13 por ciento requiere apoyo.

Cuadro 13. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 2 (PD-II)

Preguntas diagnóstico		Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
1	Explica ¿cuál es la importancia de los pigmentos? y ¿qué tipos existen?	0	5	0	0
2	Describe brevemente las dos etapas que conforman la fase dependiente de la luz	1	3	0	1
3	¿Cuál es el principal producto de las reacciones luminosas?	0	4	0	1

Figura 20. Porcentaje obtenido en la lectura 2 (PD-II)

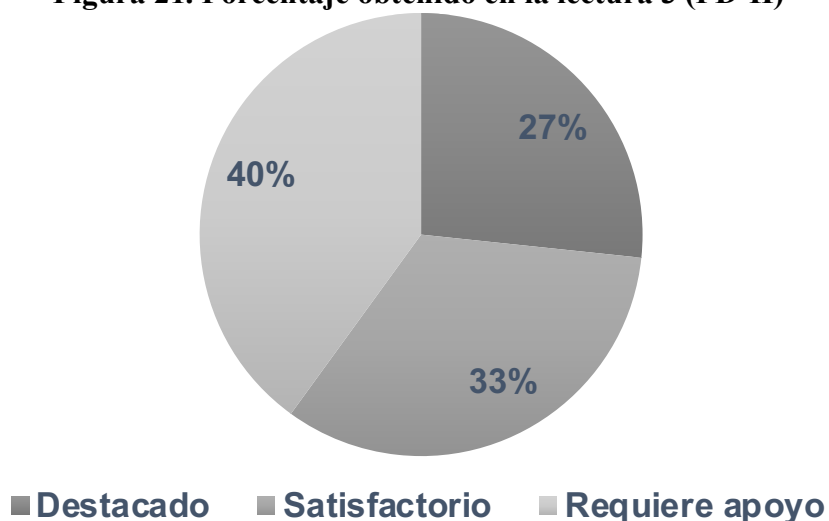


En la figura 21 se observan los resultados obtenidos por los alumnos al resolver el cuestionario guía de la tercera lectura, de donde se obtuvo que el 40 por ciento de los alumnos requieren apoyo, el 33 por ciento fue satisfactorio y el 27 por ciento resultó destacado.

Cuadro 14. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 3 (PD-II)

Preguntas diagnóstico		Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
1	¿Dónde se efectúa el ciclo de Calvin?	0	0	0	5
2	Describe brevemente lo que ocurre en el ciclo de Calvin	4	0	0	1
3	Para sintetizar una molécula de glucosa, ¿cuántas moléculas de CO ₂ , ATP y NADPH utiliza el ciclo de Calvin?	0	5	0	0

Figura 21. Porcentaje obtenido en la lectura 3 (PD-II)



5.2.2. Resultados del cuestionario RA-P-RP

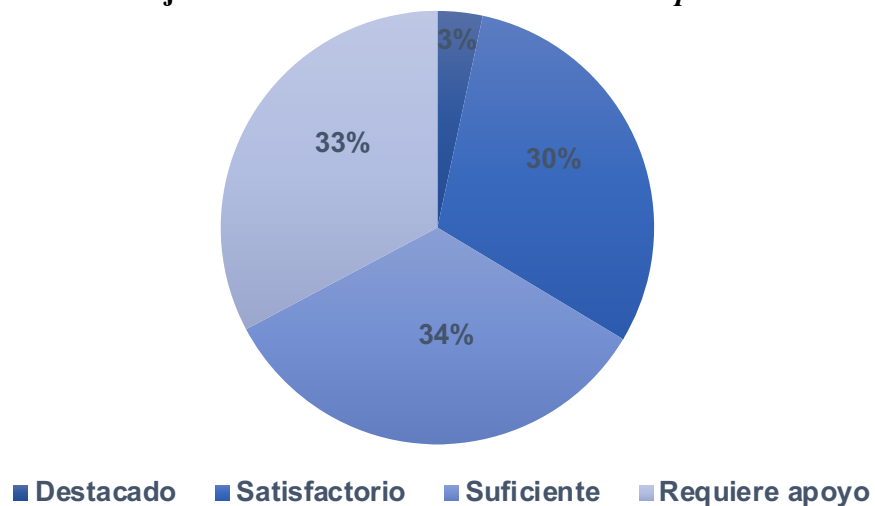
En cuanto al momento de apertura (RA), antes de iniciar la secuencia didáctica, los alumnos contestaron las preguntas incluidas en el cuadro 15, y se observan igualmente en la figura 22, que, en general, las respuestas dadas por los alumnos arrojan los siguientes resultados: el 34 por ciento obtuvieron suficiente, el 33 por ciento requieren apoyo, el 30 por ciento fueron satisfactorios y sólo el 3 por ciento fueron destacados.

Cuadro 15. Resultados obtenidos en la columna de *Respuesta anterior* (PD-II)

Pregunta	Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
1 ¿Qué son las plantas? ¿Cuál es su importancia?	0	8	5	4
2 ¿Sabes cómo comen las plantas?	0	5	3	9
3 ¿Sabes qué es la fotosíntesis y dónde se realiza?	1	8	6	2
4 ¿Qué son los cloroplastos y dónde se localizan?	1	5	6	5
5 ¿Qué es la clorofila?	0	2	7	8

Pregunta		Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
6	¿Qué se necesita para que se lleve a cabo la fotosíntesis?	2	8	4	3
7	¿Por qué crees que es importante la fotosíntesis?	0	0	9	8

Figura 22. Porcentaje de los resultados de la columna *Respuesta anterior* (PD-II)



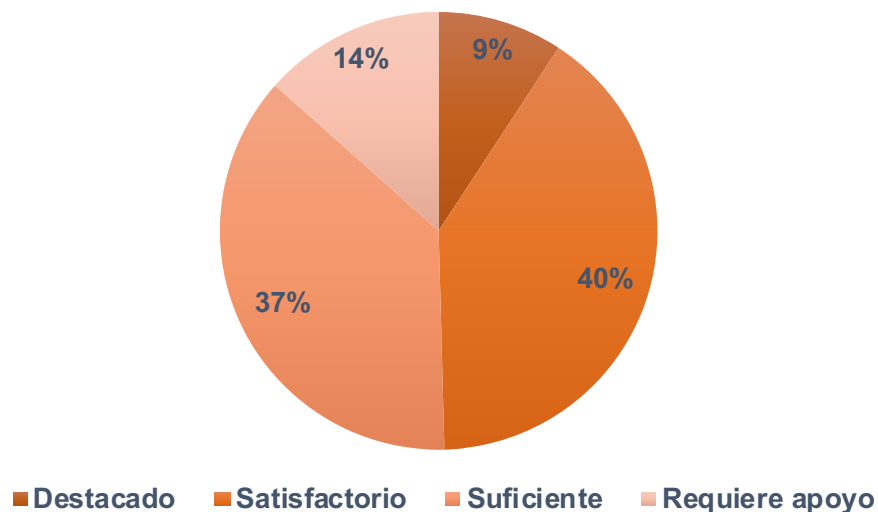
En cuanto al momento del cierre de la secuencia didáctica (RP), después de la aplicación de las estrategias, los alumnos contestaron las mismas preguntas y se observa en la figura 23 que, en general, de las respuestas de los alumnos, el 40 por ciento fueron satisfactorios, el 30 por ciento suficientes, 14 por ciento requieren apoyo y el 9 por ciento fueron destacados.

Cuadro 16. Resultados obtenidos en la columna de *Respuesta posterior* (PD-II)

Pregunta		Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
1	¿Qué son las plantas? ¿Cuál es su importancia?	1	10	6	0
2	¿Sabes cómo comen las plantas?	1	8	6	2
3	¿Sabes qué es la fotosíntesis y dónde se realiza?	2	12	2	1

	Pregunta	Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
4	¿Qué son los cloroplastos y dónde se localizan?	3	6	7	1
5	¿Qué es la clorofila?	1	3	10	3
6	¿Qué se necesita para que se lleve a cabo la fotosíntesis?	3	9	2	3
7	¿Por qué crees que es importante la fotosíntesis?	0	0	11	6

Figura 23. Porcentaje de los resultados de la columna *Respuesta posterior* (PD-II)



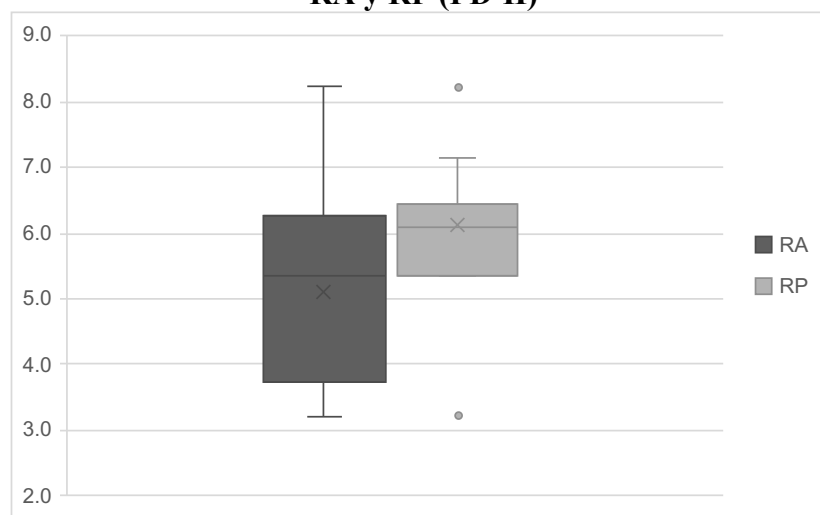
5.2.3. Promedios obtenidos en el cuestionario RA-P-RP

De acuerdo con los resultados arrojados por el instrumento de evaluación, se observa que los alumnos, antes de empezar la secuencia didáctica, obtuvieron un promedio de 5.1, y posterior a la estrategia didáctica, lograron un promedio de 6.1, por lo que se diría, a primera vista, que las medias son diferentes y se asume que existen diferencias significativas entre los momentos de apertura y cierre de la estrategia didáctica (figura 24).

Cuadro 17. Promedios obtenidos en el cuestionario RA-P-RP

Población (N)	Promedio RA (momento de apertura)	Promedio RP (momento de cierre)
1	6.4	8.2
2	8.2	8.2
3	6.4	6.1
4	3.6	6.4
5	5.0	6.4
6	3.9	5.4
7	4.6	5.4
8	3.2	3.2
9	3.9	5.4
10	3.2	6.8
11	5.4	6.1
12	5.7	6.4
13	5.4	5.7
14	6.1	5.4
15	6.4	7.1
16	6.1	6.1
17	3.2	6.1
Media	5.1050	6.1345
Diferencia	1.0295	

Figura 24. Gráfica de caja y bigote con los promedios obtenidos en los momentos de RA y RP (PD-II)



5.2.4. Estadísticos de grupo

Cuadro 18. Estadísticos descriptivos

Variable dependiente	Variable independiente	N	Media	Desviación típica	Error típico de la media
RA/P/RP	RA	17	5.1050	1.44392	0.35020
	RP	17	6.1345	1.15889	0.28107

Después del análisis descriptivo de los datos, hay una diferencia significativa de las medias de 1.0295 (cuadro 17), debido a la variable independiente, por lo que se procedió a realizar una prueba de Levene.

5.2.5. Prueba de Levene para la igualdad de varianzas

En la primera interpretación (cuadro 19), se asume que los datos cumplen con los supuestos estadísticos (distribución normal), ya que el nivel de significancia es igual a .120, lo que es mayor a $\alpha=0,05$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se confirma el supuesto de igualdad de varianzas, de ahí que se procedió a realizar una prueba T de student.

Cuadro 19. Prueba de homogeneidad de varianzas

	F	Sig.
Se han asumido varianzas iguales	2.552	.120
No se han asumido varianzas iguales		

$H_0 = p > 0,05$ se asume que las varianzas son iguales.

$H_a = p < 0,05$ se asume que al menos una de las varianzas es significativamente diferente a la otra.

$\alpha=0,05$.

5.2.6. Prueba T de student

Después de asumir las varianzas iguales, para la prueba T de student para muestras independientes, se tiene una p igual a .027, valor que es menor a $\alpha=0,05$, por lo que se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, que nos dice que existen diferencias significativas entre los momentos de apertura y cierre de la estrategia didáctica (RA y RP).

Cuadro 20. Prueba T para la igualdad de medias

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Intervalo de confianza para la media al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Se han asumido varianzas iguales	-2.326	32	.027	-1.04118	.44771	-1.95313	-.12922
No se han asumido varianzas iguales	-2.326	30.436	.027	-1.04118	.44771	-1.95498	-.12738

$H_0 = p < 0,05$, se asume que las medias son significativamente diferentes.

$H_a = p > 0,05$, se asume que las medias no son significativamente diferentes.

$\alpha = 0,05$.

5.3. PRÁCTICA DOCENTE III (PD-III)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la secuencia didáctica aplicada a treinta y nueve alumnos del grupo 428 de la asignatura de Biología I, en el horario de 08:00 a 10:00 horas en las instalaciones del Colegio de Bachilleres plantel 3 Iztacalco.

5.3.1. Resultados de las lecturas

Para la obtención de los resultados de la técnica de rompecabezas, se tomaron en cuenta seis parámetros³¹ (anexo 11); en el cuadro 21 se observa que el promedio obtenido por los alumnos que conformaron este equipo fue de 7.44, teniendo un valor mínimo de 6.67 y un máximo de 7.92 (figura 25).

Cuadro 21. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 1 (PD-III)

Población (N)	Promedio
1	7.08
2	7.50
3	7.50

³¹ Comprensión de lectura, organización del equipo, actitud del equipo, dinámica de trabajo, presentación y pensamiento crítico.

Población (N)	Promedio
4	6.67
5	7.08
6	7.08
7	7.92
8	7.92
9	7.92
10	7.92
11	6.67
12	7.92
13	7.50
14	7.50
15	7.50
Promedio	7.44

En el cuadro 22 se advierte que los integrantes del equipo que resolvieron el cuestionario guía de la lectura 2 obtuvieron un promedio de 7.31, teniendo un valor mínimo de 6.67 y un máximo de 7.92 (figura 25).

Cuadro 22. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 2 (PD-III)

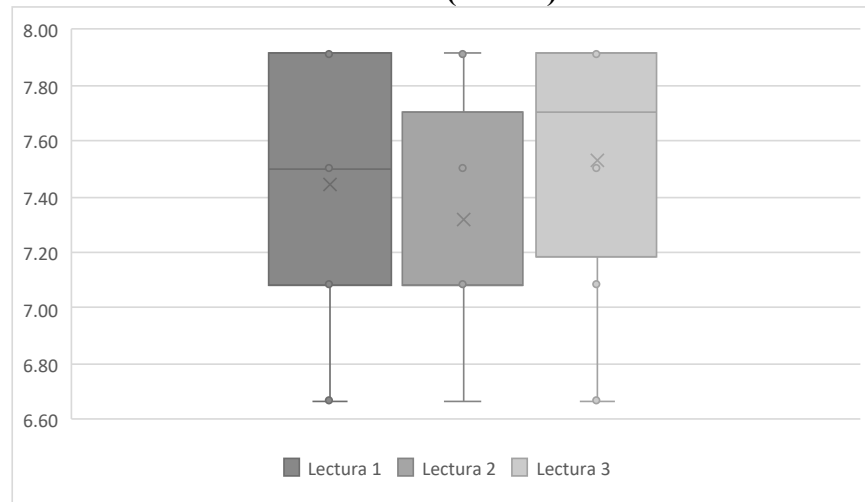
Población (N)	Promedio
1	7.08
2	7.08
3	7.50
4	7.92
5	7.92
6	7.08
7	6.67
8	7.50
9	7.08
Promedio	7.31

En el cuadro 23, se observa un promedio general de 7.53 en los alumnos que resolvieron el cuestionario guía de la lectura 3, teniendo un valor mínimo de 6.67 y un máximo de 7.92 (figura 25).

Cuadro 23. Desempeño obtenido por los alumnos en la lectura 3 (PD-III)

Población (N)	Promedio
1	6.67
2	6.67
3	7.50
4	7.92
5	7.50
6	7.92
7	7.92
8	7.92
9	7.92
10	7.08
11	7.92
12	7.50
Promedio	7.53

Figura 25. Gráfica de caja y bigote que muestra los promedios obtenidos en las tres lecturas (PD-III)



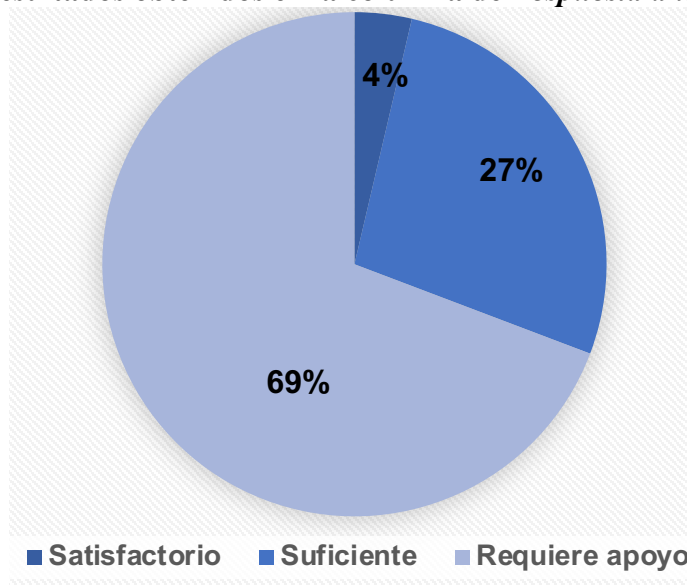
5.3.2. Resultados del cuestionario RA-P-RP

En cuanto al momento de apertura (RA), antes de iniciar la secuencia didáctica, los alumnos contestaron las preguntas incluidas en el cuadro 21, que igualmente se hallan en la figura 25; en general, de las respuestas dadas por los alumnos, el 69 por ciento requiere apoyo, el 27 por ciento fueron suficientes y sólo el 4 por ciento fueron satisfactorios.

Cuadro 24. Resultados obtenidos en la columna de *Respuesta anterior* (PD-III)

Respuesta anterior				
Pregunta	Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
1 ¿Qué son las plantas? ¿Cuál es su importancia?	0	1	22	16
2 ¿Sabes cómo comen las plantas?	0	2	11	26
3 ¿Sabes qué es la fotosíntesis y dónde se realiza?	0	4	14	21
4 ¿Qué son los cloroplastos y dónde se localizan?	0	1	6	32
5 ¿Qué es la clorofila?	0	0	6	33
6 ¿Qué se necesita para que se lleve a cabo la fotosíntesis?	0	1	8	30
7 ¿Por qué crees que es importante la fotosíntesis?	0	1	7	31

Figura 26. Resultados obtenidos en la columna de *Respuesta anterior* (PD-III)



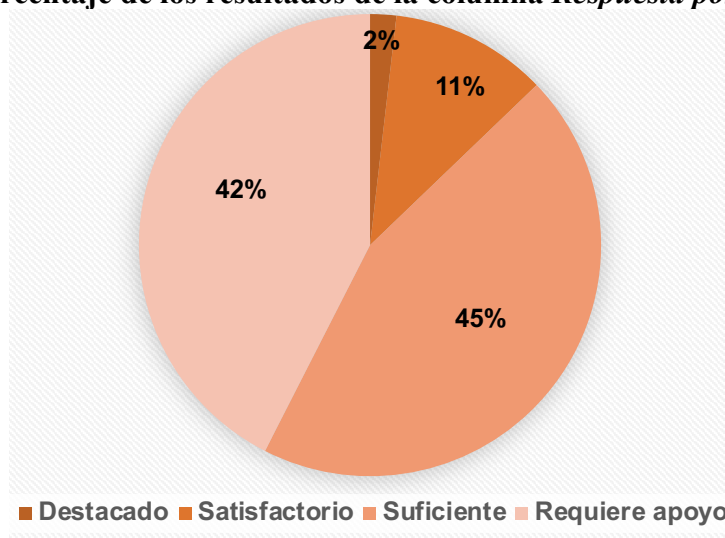
En cuanto al momento del cierre de la secuencia didáctica (RP), después de la aplicación de las estrategias, los alumnos contestaron las mismas preguntas y se advierte en la figura 26 que, en general, de las respuestas dadas por los alumnos, el 45 por ciento fueron

suficientes, el 42 por ciento requieren apoyo, el 11 por ciento resultó satisfactorio y el 2 por ciento fueron destacados.

Cuadro 25. Resultados obtenidos en la columna de *Respuesta posterior* (PD-III)

Respuesta posterior				
Pregunta	Destacado	Satisfactorio	Suficiente	Requiere apoyo
1 ¿Qué son las plantas? ¿Cuál es su importancia?	1	6	19	13
2 ¿Sabes cómo comen las plantas?	1	2	21	15
3 ¿Sabes qué es la fotosíntesis y dónde se realiza?	2	8	18	11
4 ¿Qué son los cloroplastos y dónde se localizan?	1	1	19	18
5 ¿Qué es la clorofila?	0	4	20	15
6 ¿Qué se necesita para que se lleve a cabo la fotosíntesis?	0	6	10	23
7 ¿Por qué crees que es importante la fotosíntesis?	0	3	15	21

Figura 27. Porcentaje de los resultados de la columna *Respuesta posterior* (PD-III)



5.3.3. Promedios obtenidos en el cuestionario RA-P-RP

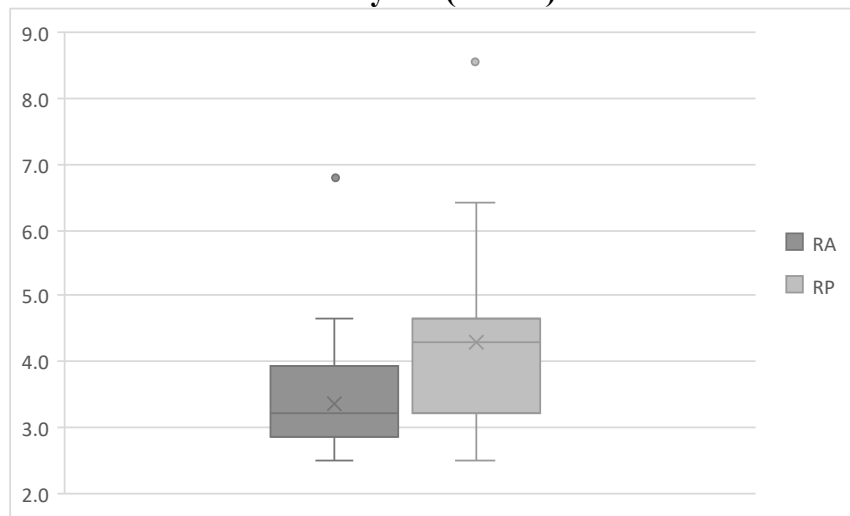
De acuerdo con los resultados arrojados por el instrumento de evaluación, se advierte que los alumnos, antes de empezar la secuencia didáctica, obtuvieron un promedio de 3.4, y posterior a la estrategia didáctica obtuvieron un promedio de 4.3, por lo que se diría, a primera vista, que las medias son diferentes y se asume que existen diferencias significativas entre los momentos de apertura y cierre de la estrategia didáctica.

Cuadro 26. Promedios obtenidos en el cuestionario RA-P-RP

Población (N)	Promedio RA (momento de apertura)	Promedio RP (momento de cierre)
1	3.6	5.4
2	3.2	3.2
3	3.6	5.0
4	4.3	4.6
5	3.6	3.6
6	3.2	3.9
7	4.6	4.3
8	3.9	3.2
9	4.6	4.6
10	3.6	4.6
11	3.2	2.9
12	3.9	5.0
13	2.5	4.3
14	2.5	2.9
15	2.9	2.9
16	2.9	3.9
17	2.5	3.2
18	3.9	3.6
19	2.9	4.3
20	2.5	3.2
21	3.2	4.3
22	2.5	3.2
23	2.9	4.6
24	2.5	2.5
25	2.5	2.9
26	2.9	3.9

Población (N)	Promedio RA (momento de apertura)	Promedio RP (momento de cierre)
27	2.9	4.3
28	2.5	4.6
29	3.9	3.6
30	3.2	3.2
31	2.5	2.5
32	4.3	4.6
33	3.2	6.1
34	3.2	6.1
35	3.6	4.6
36	3.6	6.4
37	3.2	5.7
38	3.9	6.4
39	6.8	8.6
Media	3.3608	4.2766
Diferencia	-0.9158	

Figura 28. Gráfica de caja y bigote con los promedios obtenidos en los momentos de RA y RP (PD-III)



5.3.4. Estadísticos de grupo

Después del análisis descriptivo de los datos, se tiene una diferencia significativa de las medias de 0.9158 (cuadro 26), debido a la variable independiente, por lo que se procedió a realizar una prueba de Levene.

5.3.5. Prueba de Levene para la igualdad de varianzas

En la primera interpretación (cuadro 27), se asume que los datos cumplen con los supuestos estadísticos (distribución normal), ya que el nivel de significancia es igual a .120, lo que es mayor a $\alpha = 0,05$, por lo que se acepta la hipótesis nula y se confirma el supuesto de igualdad de varianzas, de ahí que se procedió a realizar una prueba T de student.

Cuadro 27. Prueba de homogeneidad de varianzas

	F	Sig
Se han asumido varianzas iguales	2.552	.120
No se han asumido varianzas iguales		

$H_0 = p > 0,05$ se asume que las varianzas son iguales.

$H_a = p < 0,05$ se asume que al menos una de las varianzas es significativamente diferente a la otra.

$\alpha = 0,05$.

5.3.6. Prueba T de student

Después de asumir las varianzas iguales, para la prueba T de student para muestras independientes, se tiene una p igual a .027, valor que es menor a $\alpha = 0,05$, por lo que se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, que nos señala que existen diferencias significativas entre los momentos de apertura y cierre de la estrategia didáctica (RA y RP).

Cuadro 28. Prueba T para la igualdad de medias

	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Intervalo de confianza para la media al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Se han asumido varianzas iguales	-2.326	32	.027	-1.04118	.44771	-1.95313	-.12922

$H_0 = p < 0,05$, se asume que las medias son significativamente diferentes.

$H_a = p > 0,05$, se asume que las medias no son significativamente diferentes.

$\alpha = 0,05$.

DISCUSIÓN

El trabajo colaborativo de los alumnos fue de gran importancia para la elaboración del material didáctico, pues no sólo hizo posible que los estudiantes centraran su atención y estimularan su motivación, sino que consiguieron apropiarse de los contenidos del tema de fotosíntesis. Pues, de acuerdo con Vygotsky, “la construcción del conocimiento no es un proceso individual, sino social en donde las funciones mentales superiores son producto de una actividad entre las personas a medida que interactúan” (Meece, 2000).

Se alentó la motivación entre los alumnos por medio de la estrategia Aprendizaje Basado en el Juego (ABJ). El material didáctico y las actividades que se propusieron se adecuaron de acuerdo con las necesidades y el nivel de desarrollo de los alumnos, pues entraron en contacto con información ligeramente incongruente con la que ya conocían (Meece, 2000; Plass *et al.*, 2015). Las actividades se centraron en un juego guiado. Con esto se quiere resaltar que la orientación y participación del docente fue intensa e importante (Danniels y Pyle, 2018). Y a través de esto alcanzar el objetivo de que los alumnos supieran en todo momento cómo participar.

La estrategia implementada en este trabajo consiguió mejorar el grado de aprendizaje y el aprovechamiento de los jóvenes en el tema de la fotosíntesis; la hipótesis planteada se cumplió, el material didáctico que se elaboró y se aplicó favoreció, de forma significativa, el acercamiento al tema, pues se estableció una estrecha relación entre los antiguos y los nuevos conocimientos (Nieda y Macedo, 1998).

El desarrollo de la estrategia se desarrolló en dos sistemas educativos. El primero fue el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) plantel sur; el segundo, el Colegio de Bachilleres plantel 3. En ambos sistemas fue posible constatar ventajas y limitantes en la aplicación de la estrategia.

El material didáctico cumplió su objetivo de conducir al estudiante a un aprendizaje significativo a través de la participación activa, tanto individual como colaborativa que enriqueció la experiencia.

La hipótesis planteada se cumplió al implementar la presente estrategia didáctica que perseguía acercar a los alumnos a un tema complejo como es el de la fotosíntesis. Es sabido que uno de los obstáculos en el aprendizaje de este tema es el hecho de que los alumnos

confunden, desconocen o no reconocen algunos de los términos que se emplean (Charrier *et al.*, 2006; Wichaidit *et al.*, 2011; Gómez, 2014; Dimec y Strgar, 2017).

Cabe mencionar que, en el Colegio de Bachilleres, los alumnos no mostraron un buen desempeño, en cambio, en el CCH, los resultados fueron mejores. Esto puede deberse a diversos factores y niveles: sociales, institucionales, educativos, familiares e individuales (Solís *et al.*, 2014; Weiss *et al.*, 2014). Miranda (2012) enfatiza la interrelación entre factores socioeconómicos, la situación laboral, las características de la escuela y el contenido curricular.

Las principales causas del bajo rendimiento escolar pueden concentrarse en tres grandes dimensiones: económica o social, académica o educativa y familiar o personal (Weiss *et al.*, 2014). Algunas de las razones económicas y sociales se presentan por la necesidad de trabajar y de ayudar al gasto del hogar, así como por los bajos ingresos dentro del seno familiar, en una palabra, por la pobreza (Weiss *et al.*, 2014).

Dentro de las razones familiares o personales, podemos mencionar el embarazo, el matrimonio o la unión de la vida en pareja; la enfermedad, el cuidado de familiares, cambio de residencia, entre otras (Weiss *et al.*, 2014).

En cuanto al aspecto académico, en muchas ocasiones, los alumnos presentan un historial en el que confluyen situaciones como la imposibilidad de adaptarse al ambiente escolar, lo que conlleva bajas calificaciones, o incluso no alcanzar notas aprobatorias, y también malas relaciones con los profesores, para confluir todo lo anterior en un desinterés general por la vida escolar (Charrier *et al.*, 2006; Weiss *et al.*, 2014).

Charrier *et al.* (2006) y Vidales (2009) coinciden en señalar que algunas de las causas del fracaso escolar se deben a la escasa introducción de mejoras didácticas y pedagógicas en los programas de formación docente. La situación de los docentes, por otra parte, puede describirse a través de los siguientes elementos: falta de profesionalización, contratados a tiempo parcial, en la mayoría de los casos, lo que implica inestabilidad laboral, movilidad entre planteles, excesiva carga de grupos, escasa articulación entre niveles educativos, poca vinculación de la escuela con los agentes externos, insuficiencia en lo referente a la orientación vocacional y, por supuesto, poca capacidad de incidir en la motivación de los jóvenes.

Existen, sin embargo, otras cuestiones que explican el bajo rendimiento escolar. En primer lugar, debe señalarse el rápido aumento hormonal en las primeras etapas de la pubertad que puede intensificar la irritabilidad, la impulsividad y la agresión (en el varón) y la depresión (en la mujer).

Y a todo lo anterior, habría que agregar los eventos estresantes a los que están sometidos, como los problemas con amigos, en la escuela y con miembros de la familia. En segundo lugar, está el entorno social. A lo largo del día, los adolescentes presentan muchos estados de ánimo: se les ve felices a la hora de la comida, aburridos en la clase de matemáticas, emocionados con los amigos y enojados si un profesor los trata injustamente. En otras palabras, su estado de ánimo fluctúa de acuerdo con cada cambio de actividad. Y como estos cambios son más frecuentes en ellos que entre los adultos, propician su inclinación hacia el mal humor (Meece, 2001).

Por otro lado, es necesario ahora hablar de las limitaciones a las que se enfrentó el presente trabajo. La primera y más importante fue la falta de información, pues no existe una estrategia como la propuesta aquí. Existen, sí, diversas estrategias de enseñanza para el tema de fotosíntesis tales como: rompecabezas, caricaturas, analogías, un juego de la Oca (Fatma *et al.*, 2007; Beltrán, 2009; Sittichai, *et al.*, 2011; Gómez, 2014). Noh (2016), por su parte, construyó una propuesta pedagógica encaminada a la mejora de la comprensión lectora a través del juego del memorama. Y llamo la atención sobre esto porque he encontrado coincidencias con lo expuesto en este trabajo, en el que también se utilizan imágenes y frases.

Una limitante más fue el número de alumnos que participaron: 12 en Colegio de Ciencias y Humanidades, y 39 en el Colegio de Bachilleres. Esto puede tener dos lecturas: por un lado, verse como una ventaja porque un grupo con un número pequeño de alumnos facilita el control de los participantes, así como alcanzar una organización más eficiente; sin embargo, tener pocos alumnos impide contar con un parámetro más amplio para comparar y decir que nuestra propuesta puede ser exitosa. Por el otro, un número mayor de alumnos tiene como desventaja el control del grupo, de tal suerte que el volumen y el tono de voz del profesor debe ser más alto.

Debo señalar también que el número de sesiones tal vez no fueron las suficientes para alcanzar el desarrollo total del tema, por lo que, de forma relativa, se obstaculizó el proceso

de aprendizaje, ya que no fue posible realizar las actividades que podrían concretar la experiencia de los alumnos.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Los objetivos planteados en la presente investigación se cumplieron y la estrategia implementada consiguió mejorar el aprendizaje y aprovechamiento de los jóvenes en el tema de fotosíntesis; la hipótesis planteada se cumplió, se elaboró y aplicó material didáctico de mi autoría que favoreció de manera significativa el acercamiento al tema.

Uno de los principales obstáculos que presentó la presente investigación fue que en general, no existe mucha información sobre actividades lúdicas en biología, en especial sobre el tema aquí tratado, gran parte de la información encontrada hace referencia al uso de las TIC's y de juegos de computadora, de tal modo que el presente trabajo resulta novedoso y puede servir como antecedente para futuras investigaciones sobre el uso de juegos de mesa en la enseñanza de la fotosíntesis.

Considero que es necesario continuar diseñando materiales didácticos, en el área de biología, basados en el juego, que sean acordes con las características de cada grupo, de cada institución. Enfocados, específicamente, en atender asuntos en los que está implicado un conocimiento abstracto, como es el caso de la fotosíntesis, en el que es necesario comprender y representar procesos.

Aunque en la actualidad el uso de las TIC es sumamente utilizado, me parece importante que los profesores no abandonen la labor de crear materiales útiles para los estudiantes, pues no hay que olvidar que, en general, las instituciones no cuentan con los recursos necesarios para poder hacer uso de esas herramientas, por lo que es absolutamente necesario que se produzca material didáctico útil, e incluso, por qué no, que sean los propios alumnos quienes participen en su creación.

Para el mejoramiento de los aprendizajes sobre este tema se recomienda el uso de actividades de laboratorio en donde los alumnos puedan observar de manera más explícita el funcionamiento de la fotosíntesis.

Para tener un mayor control sobre los resultados del juego de memorama, se recomienda tener un instrumento de evaluación más eficiente.

FUENTES

- Audersik, T., A. Gerald y E. M. Bruce (2003). Captura de energía solar: fotosíntesis, capítulo 7, en *Biología: La vida en la Tierra*, 6ª ed. México, Prentice Hall, pp. 114-129.
- Becerra, T. N. C. y Cuenca, A. B. (2015). Las Áreas en el Modelo Educativo del CCH: Ciencias Experimentales, *Nuevos Cuadernos del Colegio*, ENCCCH, 5: 37-47 en <http://memoria.cch.unam.mx/tmp/pdf/16/NCC_No5_ene-mar_2015_1559167686.pdf>.
- Beltrán Durán, S. (2009). Elaboración de estrategias de aprendizaje en biología con énfasis en la fotosíntesis, México, Facultad de Estudios Superiores-Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, 78 pp., en <<http://132.248.9.195/ptb2010/mayo/0657772/Index.html>>.
- Campbell, N. A., L. G. Mitchell y J.B. Reece (2001). Fotosíntesis: uso de la luz para fabricar alimento, capítulo 7, en *Biología: Conceptos y relaciones*, 3ª ed. México, Prentice Hall, pp. 108-124.
- Centro Mario Molina (2014). Estrategias didácticas, en *Programa de Educación en Cambio Climático: Manual del docente*, Ciudad de México, Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, pp. 112-114, en <<http://centromariomolina.org/libro/docente/files/assets/basic-html/page12.html>>.
- Charrier, M. M., Cañal, P. y R. V. Maximiliano, (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas, *Rev. Enseñanza de las Ciencias*, 24(3): 401-410.
- Colegio de Bachilleres, (2018). Programa de Asignatura, Área Química-Biología, Biología I y II, México, CB, 48 pp en <https://cbgobmx.cbachilleres.edu.mx/que-hacemos/Programas_de_estudio_vigentes/4to_semestre/basica/07_Biologia_I.pdf>.
- Coloma, M. C.R. y P. R.M. Tafur, (1999). El constructivismo y sus implicaciones en educación, *Educación*, Perú, Pontificia Universidad Católica de Perú, 6(16): 217-244, en <<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5056798.pdf>>.
- Danniels, E. y A. Pyle (2018). Definir el aprendizaje basado en el juego, en *Aprendizaje Basado en el Juego. Enciclopedia sobre el Desarrollo de la Primera Infancia*,

- Toronto, pp. 7-11, en <<http://www.encyclopedia-infantes.com/sites/default/files/dossiers-complets/es/aprendizaje-basado-en-el-juego.pdf>>.
- Díaz Barriga, A. F. y , R. G. Hernández (2002). La motivación escolar y sus efectos en el aprendizaje, capítulo 3, en *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*, México, McGraw-Hill, pp. 63-98. Fecha de consulta: 29 de octubre de 2017, en <<https://jeffreydiaz.files.wordpress.com/2008/08/estrategias-docentes-para-un-aprendizaje-significativo.pdf>>.
- Dimec, D. S. y J. Strgar (2017). Scientific Conceptions of Photosynthesis among Primary School Pupils and Students Teachers of Biology, *C.E.P.S. Journal*, 7(1): 49-68.
- Eggen, P.D y Kauchak, D.P. (2009a). El modelo de exposición-discusión, en *Estrategias Docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*, 3ª ed. México, Fondo de Cultura Económica, pp. 414-451.
- Eggen, P.D y D.P. Kauchak (2009b). Modelos de interacción en grupo, en *Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*, 3a ed. México, Fondo de Cultura Económica, pp. 117-180.
- Ekici, F., E. Ekici y F. Aydin (2007). Utility of Concept Cartoons in Diagnosing and Overcoming Misconceptions Related to Photosynthesis, *International Journal of Environmental & Science Education*, 2(4): 111-124, en <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ901275.pdf>>.
- Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH) (2016). Programas de Estudio, Área de Ciencias Experimentales, Biología I-II , México, ENCCH, 30 pp., en <https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_III_IV.pdf>.
- Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH) (2018a). Plan de estudios, México, ENCCH, en <<https://www.cch.unam.mx/plandeestudios>>.
- Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH) (2018b). Programas de estudios, México, ENCCH, en <<https://www.cch.unam.mx/programasestudio>>.

- Evren, S. H. y H. Camliyer (2016). A New Learning Model on Physical Education: 5E Learning Cycle, *Universal Journal of Educational Research*, 4(1): 26-29, en <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1086206.pdf>>.
- Galindo, U. A. R., P. R. C. Avedaño y R. A. A. Angulo (2012). Fotosíntesis, en *Biología básica*, 8ª ed. Culiacán, , Universidad Autónoma de Sinaloa, Dirección General de Escuelas Preparatorias, pp. 112-114. Fecha de consulta: 21 de octubre de 2017, en <<https://es.slideshare.net/P3QUYTHAZ/texto-de-biologia-bsica>>.
- Gómez, N.G. A (2014). Propuesta didáctica para la enseñanza de la fotosíntesis dirigida a estudiantes del ciclo V del Colegio Rural Pasquilla I.E.D., Bogotá, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, 62 pp, en <<http://bdigital.unal.edu.co/46400/1/2806926.2014.pdf>>.
- González-González, J. (1991). Los procesos transformados y los procesos alterados: Fundamentos para una teoría procesual del conocimiento biológico, *Uroboros* 1(2): 45-90.
- Khan, S. (2019a). Khan Academy: Introducción a la fotosíntesis, , Khan Academy, en <<https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/introduction-to-stages-of-photosynthesis/a/intro-to-photosynthesis>>.
- Khan, S. (2019b). Khan Academy: Las reacciones dependientes de la luz, en <<https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-dependent-reactions>>.
- Khan, S. (2019c). Khan Academy: El ciclo de Calvin, en <<https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-calvin-cycle-reactions/a/calvin-cycle>>.
- Khan, S. (2019d). Khan Academy: Fotorrespiración: las plantas C3, C4 y CAM, en <<https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/photorespiration--c3-c4-cam-plants/a/c3-c4-cam-plants>>.
- León, P. y A. Guevara-García (2007). El cloroplasto: un organelo clave en la vida y en aprovechamiento de las plantas, en *Una ventana al quehacer científico*, México, Instituto de Biotecnología, UNAM, 25 aniversario, pp. 223-238. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2017, en <http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_20.pdf>.

- Martínez, M. (2013). Cloroplasto: estructura y función, en *La Belleza de las plantas. La fotosíntesis en la naturaleza*. Recuperado de: <<http://labellezadelasplantas.blogspot.com/2013/11/cloroplasto-estructura-y-funcion.html>>.
- Maset, P.P. (2003). El aprendizaje cooperativo: algunas ideas prácticas, Universidad de Vic, pp. 16-17, en <http://www.deciencias.net/convivir/1.documentacion/D.cooperativo/AC_Algunasideaspracticadas_Pujolas_21p.pdf>.
- Meece, J. (2000). Desarrollo cognoscitivo: las teorías de Piaget y de Vygotsky, capítulo 3, en *Desarrollo del niño y del adolescente*, compendio para educadores, México, SEP/McGraw-Hill Interamericana (Biblioteca para la actualización del maestro), pp. 101-141. Fecha de consulta: 29 de octubre de 2017, en <<http://www.sigeyucatan.gob.mx/materiales/1/d1/p1/4.%20JUDITH%20MEECE.%20Desarrollo%20del%20nino.pdf>>.
- Meece, J.L. (2001). *Desarrollo del niño y del adolescente. Compendio para educadores*, México, McGraw-Hill Interamericana, 408 pp.
- Miranda, L.F. (2012). Los jóvenes contra la escuela. Un desafío para pensar las voces y tiempos para América Latina, *Revista Latinoamericana de Educación Comparada*, México, Flacso, 71(3): 71-84, en <<http://www.saece.com.ar/relec/revistas/3/art6.pdf>>.
- Montero, H. B. (2017). Aplicación de juegos didácticos como metodología de enseñanza: una revisión de la literatura, *Experiencias Docentes*, 7(1): 75-92, en <<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6000065.pdf>>.
- Mouaheb, H., Fahli, A., Moussetad, M. y Eljamali, S. (2012). The serious game: what educational benefits?, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46: 5502-5508, en <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281202201X>>.
- Mumuni, A. A. O., J. W. Dike y A. Uzoma-Nwogu (2017). Teaching Trajectories and Students Understanding of Difficult Concepts in Biology in Obio/Akpor Local Government Area in Rivers State, *World Journal of Education*, 7(1): 44-52, en <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1157595.pdf>>.

- Nabors, M. W. (2006). Fotosíntesis, capítulo 8, en *Introducción a la Botánica*, Madrid, Pearson Education, 220 pp.
- Nieda, J. y B. Macedo (1998). Las fuentes del currículo, en *Currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*, México, SEP/OEI-Unesco, (Biblioteca para la actualización del maestro), pp. 37-76. Fecha de consulta: 29 de octubre de 2017, en <<http://www.centrodemaestros.mx/bam/nieda-macedo.pdf>>.
- Noh Noh, M.A. (2016). El memorama, estrategia que favorece el desarrollo mental para la comprensión lectora de textos cortos, Mérida, Universidad Pedagógica Nacional, Unidad 31-A, 166 pp, en <<http://200.23.113.51/pdf/31944.pdf>>.
- Ortiz, G. D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza, *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana, 19: 93-110, en <<https://www.redalyc.org/pdf/4418/441846096005.pdf>>.
- Pantoja C., J.C. y P.P. Covarrubias (2013). La enseñanza de la biología en el bachillerato a partir del aprendizaje basado en problemas (ABP), *Perfiles Educativos*, 35(139): 93-109, en <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13225611005>>.
- Peña-Miguel, N. y H. M. Sedano (2014). Educational Games for Learning, *Universal Journal of Educational Research*, 2(3): 230-238, en <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1053979.pdf>>.
- Pimienta, P.J.H. (2012). Estrategias de enseñanza-aprendizaje. Docencia universitaria basada en competencias, México, Pearson, (Pearson Educación), 192 pp.
- Plass, J.L., Homer, B.D. y Kinzer, C.K. (2015). Foundations of Game-Based Learning, *Educational Psychologist*, 50(4): 258-283, en <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1090277.pdf>>.
- Ramly, M. A., I. N. A. B. Kamal, R. N. R.H. B. Abdul y R. N. Binti (2017). Protein Synthesis Game: utilizing game-based approach for improving communicate skills in A-levels Biology class, *Asian Journal of University Education*, 13(2): 79-90, en <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1207771.pdf>>.
- Sáenz, G. J. E. (2012). La fotosíntesis, concepciones, ideas alternativas y analogías. Unidad didáctica dirigida a estudiantes de los ciclos 3 y 4 de educación básica del colegio José María Carbonell, Bogotá, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de

- Colombia,, 67 pp., en
 <<http://www.bdigital.unal.edu.co/7577/1/jorgeenriquesaenzguarin.2012.pdf>>.
- Sato, A. y J. de Haan (2016). Applying an Experiential Learning Model to Teaching of Gateway Strategy Board Games, *International Journal of Instruction*, 9(1): 3-16, en
 <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1086955.pdf>>.
- Secretaría de Educación Pública (SEP) (2013). La evaluación desde un enfoque formativo, en *Los elementos del currículo en el contexto del enfoque formativo de la evaluación*, México, SEP (serie Herramientas para la evaluación en educación básica), pp. 30-39.
- Sociedad Latinoamericana para la Calidad (SLC) (2000). Lluvia de ideas (Brainstorming), Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Toluca, Campus Estado de México, en
 <http://homepage.cem.itesm.mx/alesando/index_archivos/MetodoDisMejoraDeProcesos/LluviaDeIdeas.pdf>.
- Solís, P., A. Leal y N. Brunet (2014). Informe final del estudio ‘Abandono escolar del primer semestre de la generación 2013-B del Colegio de Bachilleres’, México, El Colegio de México/Universidad Nacional Autónoma de México, 10 pp., en
 <https://transparencia.cbachilleres.edu.mx/estudios-y-opiniones/PDF/desafilacion_escolar_1semestre_transparencia.pdf>.
- Solomon, E.P., R.B. Linda y W.M. Diana (2001). Fotosíntesis: captura de energía, capítulo 8, en *Biología*, 5ª ed. México, McGraw-Hill Interamericana, pp. 176-197.
- Tippens, P.E. (2011). Física. Conceptos y aplicaciones, México, McGraw-Hill, 943 pp.
- Torres, M. C. (2002). *El juego: una estrategia importante*, Mérida, Ven., Educere, Universidad de los Andes, 6(19): 289- 296.
- Universidad Estatal a Distancia (Uned) (2013). ¿Qué son las estrategias didácticas, San José, Centro de Capacitación en Educación a Distancia, en
 <https://www.uned.ac.cr/academica/images/ceced/docs/Estaticos/contenidos_curso_2013.pdf>.
- Urey, M. (2018). Defining the Relationship between the Perceptions and the Misconceptions about Photosynthesis Topic of the Preservice Science Teachers, *European Journal of Educational Research*, 7(4): 813-826, en
 <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1193413.pdf>>.

- Vidales, S. (2009). El fracaso escolar en la educación media superior. El caso del bachillerato de una universidad mexicana, *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 7(4): 320-341, en <<https://www.redalyc.org/pdf/551/55114094017.pdf>>.
- Weiss, E., E. Bernal, M.J. Mejía e Y. Quesnel (2014). El abandono escolar en la educación media superior, México, Informe final para la Dirección General de Investigación Estratégica, Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República, 80 pp.
- Wichaidit, S., S. Wongyounoi, P. Dechsri y P. Chaivisuthangkura (2011). Using Analogy and Model to Enhance Conceptual Change in Thai Middle School Students, *US-China Education Review*, 8(3): 333-338, en <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED520455.pdf>>.

ANEXO 1. CONTENIDO TEMÁTICO BIOLOGÍA I (CCH)

Biología I

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

Propósito:

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
<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce al cloroplasto como el principal organelo encargado de la transformación energética. • Aplica habilidades para 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 actividades favorables hacia la ciencia y sus productos. 	<p>2. Estructura y función celular</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transformación de energía 	<p>El profesor, centrado en la promoción de los aprendizajes de los alumnos, diseña estrategias o secuencias didácticas, entre las que se sugieren algunas de la actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detecta las ideas previas de los alumnos acerca del panorama actual de la biología y su objeto de estudio. • 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. • Promueve la aplicación de los conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas por los alumnos, durante el desarrollo de la unidad, a la solución de problemas

Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
		<p>o la realización de una investigación escolar, con relación a la temática abordada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.

ANEXO 2. CONTENIDO TEMÁTICO BIOLOGÍA II (CCH)

Biología III

Unidad 1. ¿Cómo los procesos metabólicos energéticos contribuyen a la conservación de los sistemas biológicos?

Propósito:

Describirá la importancia del metabolismo, a través del análisis de diferentes procesos energéticos, para que se explique su contribución a la conservación de los sistemas biológicos.

Tiempo:

32 horas

Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
<ul style="list-style-type: none"> • Comprende que la fotosíntesis es un proceso anabólico que convierte la energía luminosa en energía química. • Aplica habilidades para 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 actividades favorables hacia la ciencia y sus productos. 	<p>2. Procesos metabólicos de obtención y transformación de materia y energía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fotosíntesis 	<p>El profesor, centrado en la promoción de los aprendizajes de los alumnos, diseña estrategias o secuencias didácticas, entre las que se sugieren algunas de la actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentación de la unidad, propósito, aprendizajes y acordar las formas de evaluación. • Exploración de las ideas previas de los estudiantes sobre los temas de la unidad. • Explicitación de la temática a través de: imágenes, lecturas, películas, etc. • Desarrollo de actividades que permitan reestructurar las ideas previas de los alumnos, por ejemplo: proyectos de investigación

Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
		<p>escolar documental, experimental, virtual o de campo, ABP, estudios de caso, actividades en línea, simulaciones, entre otras.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planteamiento de situaciones o problemas que permitan poner en juego el conocimiento que está construyendo. • Promoción de actividades que permitan al alumno recapitular los aprendizajes. • Diseño de situaciones que permitan la elaboración de conclusiones y la reflexión sobre los aprendizajes.

ANEXO 3. CONTENIDO TEMÁTICO BIOLOGÍA I (COLEGIO DE BACHILLERES)

Biología I Corte 2. Célula	
Propósito: Al finalizar el corte el estudiante será capaz de analizar la estructura y función de la célula lo que le permita reconocer a esta como la unidad de origen, estructura y función de todo ser vivo.	Tiempo: 20 horas

Aprendizajes	Temática	Producto esperado
<ul style="list-style-type: none"> • -Reconoce al metabolismo celular como la base del intercambio de materia y energía que permiten mantener la vida y la importancia del ATP y las enzimas en el metabolismo celular. • Describe los procesos celulares de fotosíntesis. • Compara los procesos de nutrición autótrofa y heterótrofa. • Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética. • Participa y colabora de manera efectiva en equipos diversos. 	<p>¿Cómo el correcto funcionamiento del metabolismo celular permite mantener la vida?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metabolismo celular • Nutrición • Autótrofo 	Modelos para describir los procesos celulares de fotosíntesis, respiración y transporte.

ANEXO 4. PLANEACIÓN DIDÁCTICA

Sesión 1

Asignatura: Biología I Unidad: Unidad 2. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos? Temática y subtemática: 2. Estructura y función celular: Transformación de energía. Docente: Biól. Francisco Alejandro Saavedra González		Fecha: XX/ XXXXX /XXXX Número de sesiones: 1 de 3 sesiones Duración por sesión: 120 min. Supervisor: XXXX			
Propósito de la Unidad: 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.					
Temática	Aprendizajes		Estrategias y actividades (indicar los tiempos)	Materiales y recursos didácticos	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> Transformación de energía 	Conceptuales	<ul style="list-style-type: none"> Reconoce al cloroplasto como el principal organelo encargado de la transformación energética. 	Apertura (10 min) <ul style="list-style-type: none"> Saludo y bienvenida a los alumnos (1 min). Conformación de grupos de trabajo, 3 equipos: 8 alumnos por equipo (5 min). Enseguida se dará a conocer el tema y los objetivos de aprendizaje, los materiales a usar y las instrucciones de trabajo en el aula (4 min). 	<ul style="list-style-type: none"> Pizarrón Plumones Computadora/laptop Proyector 	<ul style="list-style-type: none"> Diagnóstica: Cuestionario de respuesta anterior-respuesta posterior (RA-P-RP). Lluvia de ideas acerca del tema
	Procedimentales	Los alumnos: <ul style="list-style-type: none"> Aplica habilidades para analizar y sintetizar la información proveniente de diferentes fuentes confiables que coadyuven en la comprensión de la biología como ciencia. 	Desarrollo (70 min) <ul style="list-style-type: none"> Los alumnos resolverán las preguntas del cuestionario RA-P-RP, contestando únicamente en la columna de <i>respuesta anterior</i>. (20 min). Una vez que ya hayan terminado el cuestionario, el profesor proyectará una presentación en Power Point® con un breve repaso de la célula vegetal, la fotosíntesis, la fase foto-dependiente y la 	<ul style="list-style-type: none"> Pizarrón Plumones Cuestionarios Computadora/laptop Bocinas Proyector 	<ul style="list-style-type: none"> Formativa: observación de las actividades de los alumnos, revisión de productos.

				<p>fase foto- independiente (30 min).</p> <ul style="list-style-type: none"> Terminando la presentación los alumnos resolverán una sopa de letras, encontrando los términos relacionados con el proceso de la fotosíntesis y los escribirán sobre las líneas y con las palabras localizadas completarán las oraciones. (20 min). 		
	Actitudinales	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Interactúan de manera propositiva y proactiva con otros compañeros. Muestra actitudes favorables hacia la ciencia y sus productos. 	Cierre (20 min)	<ul style="list-style-type: none"> El profesor guiará una discusión para formular conclusiones de la sesión. Así mismo proporcionará una retroalimentación sobre el desempeño y los aprendizajes logrados por los alumnos (20 min). 	<ul style="list-style-type: none"> Pizarrón Plumones Cuestionarios 	<ul style="list-style-type: none"> Sumativa: prueba oral acerca de lo visto en clase

Sesión 2

Asignatura: Biología I Unidad: Unidad 2. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos? Temática y subtemática: 2. Estructura y función celular: Transformación de energía. Docente: Biól. Francisco Alejandro Saavedra González	Fecha: XX/ XXXXX /XXXX Número de sesiones: 2 de 3 sesiones Duración por sesión: 120 min. Supervisor: XXXX
---	--

Propósito de la Unidad: 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.

Temática	Aprendizajes	Estrategias y actividades (indicar los tiempos)	Materiales y recursos didácticos	Evaluación		
<ul style="list-style-type: none"> • Transformación de energía 	Conceptuales	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce al cloroplasto como el principal organelo encargado de la transformación energética. 	Apertura (10 min)	<ul style="list-style-type: none"> • Saludo y bienvenida a los alumnos (1 min). • Se dará un breve repaso de lo visto en la clase anterior. Los alumnos con ayuda del profesor explicarán lo que se vio la clase anterior. Se les hará la pregunta ¿Cuál creen que sea la importancia del oxígeno en la fotosíntesis? (9 min) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pizarrón • Plumones 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstica: Lluvia de ideas acerca del tema.
	Procedimentales	Los alumnos: <ul style="list-style-type: none"> • Aplica habilidades para analizar y sintetizar la información proveniente de diferentes fuentes confiables que coadyuvan en la comprensión de la biología como ciencia. 	Desarrollo (50 min)	<ul style="list-style-type: none"> • El profesor realizará un experimento demostrativo sobre fotosíntesis y la importancia del oxígeno. Se comprobará el tiempo que tarda en apagarse una vela dentro de un bol de plástico, y el tiempo que tarda en apagarse cuando se coloca una 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 plantas • 2 bol de plástico • 2 velas • 1 encendedor • 1 lámpara • 25 juegos de lecturas • Pizarrón • Plumones 	<ul style="list-style-type: none"> • Formativa: observación de las actividades de los alumnos, revisión de productos. • Se utilizará una rúbrica para calificar el mapa conceptual que

				<p>planta. Con esto los alumnos observarán como el oxígeno actúa para mantener la vela prendida. Los alumnos darán unas breves conclusiones acerca de lo que observaron (20 min).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posteriormente los estudiantes se organizarán en grupos de trabajo y realizarán una lectura sobre la fotosíntesis, la cual está dividida en: “generalidades”, “fase dependiente de la luz” y “fase independiente de la luz”, después compartirán la información con sus compañeros para dar respuesta al cuestionario guía. El profesor pasará por mesa para resolver dudas. Como complemento de la actividad los alumnos construirán un esquema donde se muestren los principales elementos de la fotosíntesis y como se vinculan con la fotosíntesis (30 min). 		ellos mismos elaborarán.
	Actitudinales	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interactúan de manera propositiva y proactiva con otros compañeros. 	Cierre (40 min)	<ul style="list-style-type: none"> • Al terminar los alumnos resolverán un ejercicio, donde se engloba todo lo visto en las sesiones. Primero se muestra un esquema, donde tendrán que colocar en el espacio 	<ul style="list-style-type: none"> • Pizarrón • Plumones • Computadora/laptop • Proyector 	<ul style="list-style-type: none"> • Sumativa: prueba oral acerca de lo visto en clase

		<ul style="list-style-type: none">• Muestra actitudes favorables hacia la ciencia y sus productos.		correspondiente las acciones que ocurren dentro del proceso fotosintético. Después responderán unas preguntas relacionadas con este proceso; por último, los alumnos leerán unas frases completar el cuadro escribiendo el número que corresponde a la respuesta correcta. (40 min) .		
--	--	--	--	--	--	--

Sesión 3

Asignatura: Biología I Unidad: Unidad 2. ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos? Temática y subtemática: 2. Estructura y función celular: Transformación de energía. Docente: Biól. Francisco Alejandro Saavedra González			Fecha: XX/ XXXXX /XXXX Número de sesiones: 3 de 3 sesiones Duración por sesión: 120 min. Supervisor: XXXX			
Propósito de la Unidad: 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.						
Temática	Aprendizajes		Estrategias y actividades (indicar los tiempos)		Materiales y recursos didácticos	Evaluación
<ul style="list-style-type: none"> Transformación de energía 	Conceptuales	<ul style="list-style-type: none"> Reconoce al cloroplasto como el principal organelo encargado de la transformación energética. 	Apertura (10 min)	<ul style="list-style-type: none"> Saludo y bienvenida a los alumnos (1 min). Se dará un breve repaso de lo visto en la clase anterior. Los alumnos con ayuda del profesor explicarán lo que se vio la clase anterior (9 min) 	<ul style="list-style-type: none"> Pizarrón Plumones 	<ul style="list-style-type: none"> Diagnóstica: Lluvia de ideas acerca del tema
	Procedimentales	Los alumnos: <ul style="list-style-type: none"> Aplica habilidades para analizar y sintetizar la información proveniente de diferentes fuentes confiables que coadyuven en la comprensión de la biología como ciencia 	Desarrollo (50 min)	<ul style="list-style-type: none"> Los alumnos jugarán un memorama en donde ellos deberán relacionar la imagen con la función (50 min). 	<ul style="list-style-type: none"> 3 juegos de tarjetas de memorama 	<ul style="list-style-type: none"> Formativa: observación de las actividades de los alumnos. Se utilizará una rúbrica para calificar el juego propuesto.

	Actitudinales	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interactúan de manera propositiva y proactiva con otros compañeros. • Muestra actitudes favorables hacia la ciencia y sus productos. 	Cierre (40 min)	<ul style="list-style-type: none"> • Los alumnos deberán de responder las mismas preguntas del inicio en la columna de <i>respuesta posterior</i> (20 min). • Al terminar, los alumnos junto con el profesor, se darán aportaciones para construir conclusiones, finalmente el profesor proporcionará una retroalimentación sobre el logro de los aprendizajes por parte de los alumnos (20 min). 	<ul style="list-style-type: none"> • Pizarrón • Plumones • Cuestionarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Sumativa: Cuestionario de respuesta anterior-respuesta posterior (RA-P-RP).
--	----------------------	---	------------------------	---	---	---

ANEXO 5. CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Escuela Nacional
Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur
Biología I-III

CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO

Nombre: _____

Grupo: _____

Fecha: _____

Horario: _____

Instrucciones: Resuelve la siguiente tabla de manera individual. Al inicio de la clase debes de responder a las preguntas y anotar tu respuesta en la columna de *respuesta anterior*, una vez finalizada la clase debes responder las mismas preguntas en la columna de *respuesta posterior*. Así te darás cuenta que avances lograste en tu aprendizaje. Es importante que escribas tus respuestas con base en lo que sabes, recuerdas o imaginas.

Respuesta anterior	Pregunta	Respuesta posterior
	1. ¿Qué son las plantas? ¿Cuál es su importancia?	
	2. ¿Cómo comen las plantas?	
	3. ¿Qué es la fotosíntesis y donde se realiza?	
	4. ¿Qué son los cloroplastos y donde se localizan?	
	5. ¿Qué es la clorofila?	
	6. ¿Qué elementos requieren las plantas para que se lleve a cabo la fotosíntesis?	
	7. ¿Cuál es la importancia biológica, económica y para la vida diaria de la fotosíntesis?	

ANEXO 6. SOPA DE LETRAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Escuela Nacional
Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur
Biología I-III

Nombre: _____

Grupo: _____

Fecha: _____ Horario: _____

Instrucciones: Resuelve la siguiente sopa de letras; encuentra los siguientes términos y una vez localizados, pasa a la siguiente actividad y con ellos, completa los enunciados (A-P).

F	O	T	O	S	I	N	T	E	S	I	S	E	C	A	R	B	O	N	C	G	M	L
O	A	Q	Z	A	Q	R	V	B	A	F	Z	K	I	O	I	Z	U	S	P	E	L	K
T	D	S	S	R	A	D	E	N	O	S	I	N	T	R	I	F	O	S	F	A	T	O
O	X	D	E	Z	S	S	A	S	D	A	J	Z	R	M	Z	U	H	K	R	C	O	C
S	Z	I	L	D	I	G	F	O	T	O	N	E	S	N	E	S	V	Q	O	I	S	E
I	B	O	A	C	E	L	U	L	A	V	E	G	E	T	A	L	W	Ñ	Q	C	Z	L
S	N	X	X	P	S	P	T	S	R	R	H	J	L	X	I	D	L	A	U	L	H	U
T	T	I	C	L	T	J	E	Q	R	U	D	Q	U	H	V	L	Q	B	I	O	Ñ	L
E	A	D	K	H	R	W	S	N	M	F	B	F	C	P	B	H	A	Z	M	D	O	A
M	O	O	Q	K	O	L	I	A	D	F	S	O	O	W	K	K	T	C	I	E	S	V
A	C	D	A	R	M	T	N	Z	T	I	Ñ	T	S	P	Z	Q	N	Q	O	C	L	E
D	Q	E	N	Q	A	Q	T	V	H	F	E	O	A	C	H	O	K	J	S	I	M	G
E	F	C	D	M	I	R	E	T	Q	A	N	N	J	K	O	P	L	T	M	L	D	E
L	T	A	G	Q	U	U	S	A	Z	S	B	E	T	D	J	Z	L	I	O	V	U	E
A	H	R	N	A	Q	B	L	W	Z	D	Z	S	V	E	A	V	W	Q	S	I	P	A
L	I	B	S	R	K	I	S	R	O	F	R	N	I	A	D	Q	V	X	I	N	Z	L
U	V	O	V	H	F	S	G	H	Y	J	T	C	V	B	N	E	S	G	S	A	G	F
Z	Z	N	Z	O	Z	C	L	O	R	O	P	L	A	S	T	O	L	X	K	N	M	O
D	J	O	R	J	H	O	K	V	B	A	D	V	C	X	U	H	G	A	P	X	F	Y
S	U	O	A	A	T	I	L	A	C	O	I	D	E	S	E	W	Q	A	L	D	A	G
Q	L	E	R	T	T	Y	A	H	W	Z	O	J	K	L	S	D	F	M	C	U	H	J
C	I	C	L	O	D	E	C	A	L	V	I	N	O	T	O	S	I	S	T	E	Z	A

1) fase dependiente de la luz; 2) quimiósmosis; 3) fotones; 4) clorofila; 5) tilacoide; 6) glucosa; 7) fotosistema; 8) fotosíntesis; 9) estroma; 10) dióxido de carbono (CO₂); 11) cloroplasto; 12) hoja; 13) ciclo de calvin; 14) célula vegetal; 15) rubisco y 16) adenosin trifosfato (ATP).

1. _____
4. _____
7. _____
10. _____
13. _____
16. _____

2. _____
5. _____
8. _____
11. _____
14. _____

3. _____
6. _____
9. _____
12. _____
15. _____

- A. La **hoja** es el lugar donde se localizan las células vegetales.
- B. La **quimiosmosis** consiste en la síntesis de ATP por medio de la difusión de iones a través de una membrana.
- C. La forma de energía electromagnética que se mueve a través del espacio en forma de paquetes, se les denomina: **fotones**.
- D. La **clorofila** es el principal pigmento que está implicado en las reacciones dependientes de la luz.
- E. El **fotosistema** es la unidad colectora de luz de la membrana tilacoidea del cloroplasto y consta de: un complejo recolector de luz y un sistema de transporte de electrones.
- F. El **dióxido de carbono** es utilizado por las plantas para la síntesis de carbohidratos (almidón, celulosa).
- G. La **célula vegetal** se caracteriza por poseer: una pared celular rígida, cloroplastos y una vacuola central.
- H. Los cloroplastos capturan la energía de la luz y fabrican moléculas de **glucosa** a partir de dióxido de carbono atmosférico y agua.
- I. Proceso que transforma la energía del sol en energía química y que consiste en la elaboración de azúcares (principalmente de almidón y celulosa) a partir de CO₂ y agua en presencia de la luz solar, se denomina: **fotosíntesis**.
- J. **rubisco** es la forma abreviada de la enzima que cataliza la fijación del CO₂ a una forma orgánica, cuyo nombre completo es carboxilasa de ribulosa bífosfato.
- K. El **cloroplasto** es el orgánulo que contiene pigmentos de clorofila y es el lugar donde se produce la fotosíntesis en las células vegetales.
- L. El **adenosín trifosfato (ATP)** es una molécula fundamental en la obtención de energía molecular, es la principal fuente de energía para la mayoría de las funciones celulares.
- M. Fase que se lleva a cabo en el estroma y se caracteriza por la captura del CO₂ atmosférico por medio de una serie de reacciones denominadas: **ciclo de Calvin**.
- N. Sistema membranar en forma de sacos apilados, se encuentran presentes en los cloroplastos y que contiene la totalidad de los pigmentos fotosintéticos se le llama: **tilacoide**.
- O. Reacciones que se llevan a cabo en los tilacoides. Consisten en la conversión de la energía luminosa en energía química (ATP y NADPH) y se produce O₂ como producto de desecho: **dependiente de la luz**.
- P. Es el fluido acuoso que rellena el cloroplasto, en él se produce la fase independiente de la luz de la fotosíntesis: **estroma**.

Actividad tomada y modificada de:

- **UAG (2011)**, "Partes de la planta y la fotosíntesis" en *Cuadernillo de Trabajos en el aula Ciencias I*, Unidad Académica de Educación Secundaria y Media superior, Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Guadalajara, 56 p.

ANEXO 7. LECTURAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Escuela Nacional
Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur
Biología I-III

INTRODUCCIÓN A LA FOTOSÍNTESIS

Instrucciones: Lee el siguiente texto de manera individual, después en equipo comenten acerca de lo que entendieron. Posteriormente, cada integrante se unirá a otros, y compartirán la información del texto que leyeron con sus compañeros.

I. Introducción

¿Has abrazado un árbol últimamente? Si no, quizás sea buena idea que lo consideres; tú, junto con el resto de la población humana, debes tu existencia a las plantas y a otros organismos que capturan energía de la luz. De hecho gran parte de la vida de la Tierra es posible debido a que el sol proporciona energía de forma continua a los ecosistemas.

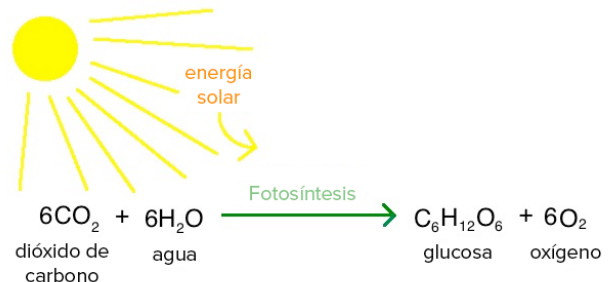
Todos los organismos, incluidos los seres humanos, necesitan energía para provocar las reacciones metabólicas del crecimiento, desarrollo y reproducción. No obstante, los organismos no pueden utilizar energía de la luz directamente para sus necesidades metabólicas, ya que ésta primero debe convertirse en energía química mediante el proceso de fotosíntesis.

II. ¿Qué es la fotosíntesis?

La fotosíntesis es un proceso realizado por organismos autótrofos, que transforman la energía del sol en energía química. Consiste en la elaboración de azúcares (principalmente de almidón y celulosa) a partir de dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) en presencia de luz solar, mientras que se libera oxígeno como subproducto.

Es un proceso altamente importante en nuestro planeta, porque permite la producción de oxígeno.

Figura 1. Proceso general de la fotosíntesis (tomado de Khan, 2019).



III. Importancia ecológica de la fotosíntesis

Los organismos fotosintéticos, como plantas, algas y algunas bacterias (cianobacterias), cumplen una función ecológica clave: introducen la energía química y el carbono fijo en los ecosistemas mediante el uso de la luz para sintetizar azúcares. Dado que producen su propio alimento (fijan su propio carbono) con la energía de la luz, estos organismos se llaman fotoautótrofos (“organismos que se alimentan a sí mismos al utilizar luz”).

Además de introducir carbono fijo y energía en los ecosistemas, la fotosíntesis también afecta la composición de la atmósfera de la Tierra. Hace unos 33 mil millones de años las bacterias que se asemejan a las cianobacterias modernas, cambiaron para siempre la vida en el planeta. Estas bacterias liberaron poco a poco oxígeno en la atmósfera terrestre que carecía de él, y se cree que el aumento en la concentración de oxígeno influyó en la evolución de las formas de vida aerobias, organismos que utilizan oxígeno para la respiración celular. Si no hubiera sido por esos antiguos fotosintetizadores, nosotros, como muchas otras especies, ¡no estaríamos aquí hoy! Los organismos fotosintéticos también retiran grandes cantidades de CO₂ de la atmósfera y utilizan los átomos de carbono para crear moléculas orgánicas. Si las plantas y algas no abundaran en la Tierra ni aspiraran continuamente el CO₂, el gas se acumularía en la atmósfera. Aunque los organismos fotosintéticos eliminan parte del CO₂ producido por las actividades humanas, los niveles atmosféricos en aumento están reteniendo el calor provocando que el clima cambie.

IV. Las hojas: donde ocurre la fotosíntesis

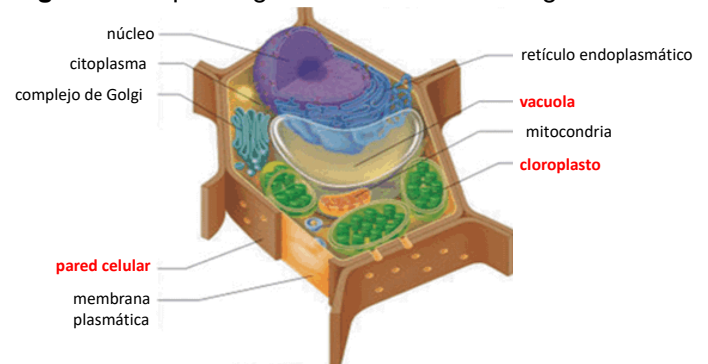
Las plantas son los autótrofos más comunes en los ecosistemas terrestres. Todos los tejidos verdes de las plantas pueden fotosintetizar pero, en la mayoría de las plantas, la mayor parte de la fotosíntesis ocurre en las hojas. Las células de una capa intermedia de tejido foliar llamada mesófilo son el principal lugar donde ocurre la fotosíntesis.

En casi todas las plantas hay unos pequeños poros llamados estomas en la superficie de las hojas, los cuales permiten que el dióxido de carbono se difunda hacia el mesófilo y el oxígeno hacia el exterior.

Las células mesófilas se diferencian de la célula animal, en que poseen una pared celular rígida, una vacuola central y organelos llamados

cloroplastos, que se especializan en llevar a cabo las reacciones de la fotosíntesis.

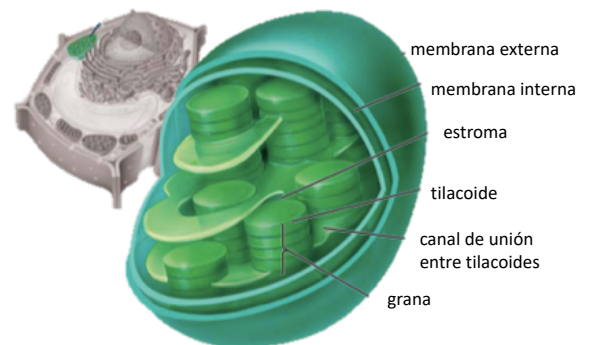
Figura 2. Esquema general de una célula vegetal



(modificado de: <http://descubriendoanossaciencia.blogspot.com/2015/02/celula-vegetal.html>).

Dentro de cada cloroplasto, las estructuras similares a discos llamadas tilacoides están dispuestas en pilas que se asemejan a panqueques y se conocen como granas. Las membranas de los tilacoides contienen un pigmento de color verde llamado clorofila, que absorbe la luz. El espacio lleno de líquido alrededor de las granas se llama estroma, mientras que el espacio interior de los discos tilacoides se conoce como espacio tilacoidal. Se producen distintas reacciones químicas en las diferentes partes del cloroplasto.

Figura 3. Esquema del cloroplasto (modificado de: Audersik *et al*, 2003).

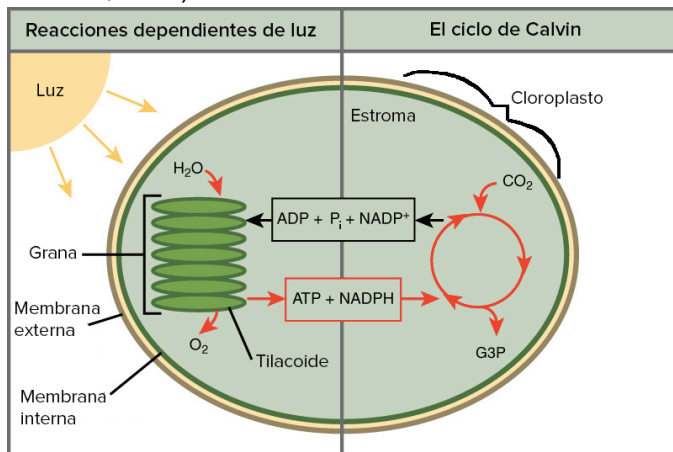


V. Las reacciones dependiente de la luz y el ciclo de Calvin

La fotosíntesis en las hojas de las plantas implica muchos pasos, pero puede dividirse en dos etapas: las reacciones dependientes de la luz y ciclo de Calvin.

- Las **reacciones dependientes de la luz**, se producen en la membrana de los tilacoides y necesitan suministro continuo de energía luminosa. La clorofila absorbe esta energía luminosa, que se convierte en energía química mediante la formación de dos compuestos: ATP (molécula de almacenamiento de energía) y NADPH (portador de electrones). En este proceso, las moléculas de agua también se convierten en gas oxígeno, ¡el oxígeno que respiramos!
- El **ciclo de Calvin**, también conocido como reacciones independientes de la luz, se llevan a cabo en el estroma y no necesita luz directamente. El ciclo de Calvin utiliza el ATP y NADPH de las reacciones dependiente de la luz para fijar el dióxido de carbono y producir azúcares de tres carbonos, moléculas de gliceladehído-3-fosfato, o G3P, que se unen para formar glucosa.

Figura 4. Panorama general de la fotosíntesis (tomado de Khan, 2019).



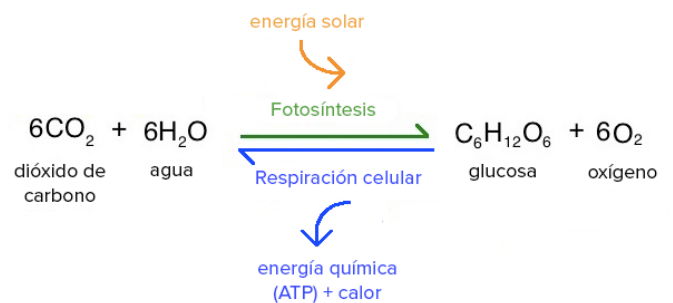
En general, las reacciones dependientes de la luz capturan energía luminosa y la almacenan de forma temporal en las formas químicas de ATP y NADPH. Allí, el ATP se descompone para liberar energía, y el NADPH dona electrones para

convertir las moléculas de CO₂ en azúcares. Al final, la energía que empezó como luz acaba atrapada en los enlaces de los azúcares.

VI. Fotosíntesis vs. respiración celular

A nivel de reacciones generales, la fotosíntesis y la respiración celular son procesos casi opuestos, aunque sólo difieren en la forma de la energía absorbida o liberada.

Figura 5. Fotosíntesis y respiración celular (tomado de Khan, 2019).



la fotosíntesis y respiración celular implican una serie de reacciones redox (que implican la transferencia de electrones). En la respiración celular, los electrones fluyen de la glucosa al oxígeno, se forma agua y se libera energía. En la fotosíntesis, van en la dirección opuesta, comienzan en el agua y acaban en la glucosa, un proceso que requiere energía e impulsado por la luz. Tal como la respiración celular, la fotosíntesis también utiliza una cadena de transporte de electrones para formar un gradiente de concentración de H⁺, que promueve la síntesis de ATP por quimiosmosis. Si nada de esto te suena familiar, ¡no te preocupes! No necesitas conocer la respiración celular para comprender la fotosíntesis.

Referencias

- Audersik, T., Gerald, A. y Bruce, E. M. (2003), "Captura de energía solar: Fotosíntesis", capítulo 7 en *Biología: La vida en la Tierra*, 6ª. Ed, México, Prentice Hall, México, 114-129 Pp.
- Campbell, N. A., Mitchell, L. G. y Reece, J.B. (2001), "Fotosíntesis: uso de la luz para fabricar alimento", capítulo

7 en *Biología: Conceptos y relaciones*, 3ª. Ed, Prentice Hall, México, 108-124 Pp.

- **Khan, S. (2019)**, Khan Academy: Introducción a la fotosíntesis, California, E.U. Recuperado de: <https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/introduction-to-stages-of-photosynthesis/a/intro-to-photosynthesis>
- **Solomon, E.P. Linda, R.B. y Diana, W.M. (2001)**. “Fotosíntesis: Captura de energía”, capítulo 8 en *Biología*, 5ª. Ed, México, Mc Graw-Hill Interamericana, Ciudad de México, 176-197 Pp.

Glosario

- **estroma**: Fluido que rodea a los tilacoides, sitio de producción y reserva de azúcares en los cloroplastos.
- **mesófilo**: (del griego *mesos*, “medio”, y *phyllon*, “hoja”): Tejido fundamental del *clorénquima* situado entre la epidermis superior e inferior de la hoja. Lugar de la fotosíntesis. Véase *mesófilo en empalizada* y *mesófilo esponjoso*.
- **mesófilo en empalizada** (del latín *palus*, “estaca”): Células del mesófilo alargadas y alineadas que se encuentran debajo de la epidermis superior. Contienen la mayoría de los cloroplastos de una hoja.
- **mesófilo esponjoso**: Células fotosintéticas más o menos organizadas bajo la epidermis inferior de una hoja.
- **vacuola**: (del latín *vacuus*, “vacío”): Ayuda a mantener la forma de la célula presionando el resto del contenido del citoplasma contra la pared celular.

Nombre: _____

Grupo: _____

Fecha: _____

Horario: _____

Instrucciones: Contesta las siguientes preguntas con base a la lectura anterior.

1. Explica ¿qué es la fotosíntesis y donde se realiza?

2. Describe brevemente las fases de la fotosíntesis.

3. ¿Donde se llevan a cabo cada una de las fases?



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Escuela Nacional
Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur
Biología I-III

FASE DEPENDIENTE DE LA LUZ

Instrucciones: Lee el siguiente texto de manera individual, después en equipo comenten acerca de lo que entendieron. Posteriormente, cada integrante se unirá a otros, y compartirán la información del texto que leyeron con sus compañeros.

PARTE 1

Luz y pigmentos fotosintéticos

I. Introducción

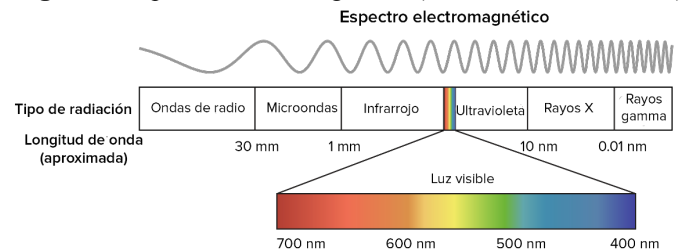
Si alguna vez has pasado demasiado tiempo en el sol y te has quemado, probablemente estás consciente de la inmensa energía del sol. Desafortunadamente, el cuerpo humano no puede hacer demasiado con la energía solar, además de producir un poco de vitamina D (una vitamina que se sintetiza en la piel en presencia de luz solar). Por otro lado, las plantas son expertas en capturar la energía de la luz y utilizarla para crear azúcares mediante un proceso llamado fotosíntesis. Este proceso comienza con la absorción de luz mediante moléculas orgánicas especializadas llamadas pigmentos, que se encuentran en los cloroplastos de las células de las plantas. Aquí, consideramos la luz como una forma de energía y también veremos cómo los pigmentos, tales como la clorofila que da el color verde a las plantas, absorben esa energía.

II. ¿Qué es la energía de la luz?

La luz es una forma de radiación electromagnética, un tipo de energía que viaja en ondas (como las ondas de radio, microondas, rayos x, entre otras). En conjunto, todos los tipos de radiación electromagnética conforman el espectro electromagnético. Cada onda electromagnética tiene una longitud de onda particular (distancia existente entre dos crestas). Los tipos de radiación con longitudes de

onda larga, como las ondas de radio, llevan menos energía que aquellos con longitudes de onda corta, como los rayos x

Figura 1. Espectro electromagnético (Tomado de Khan, 2019)



El espectro visible es la única parte del espectro electromagnético que puede ver el ojo humano. Su longitud de onda está aproximadamente entre 400 nm y 700 nm. La luz visible del sol parece blanca, pero en realidad se compone de varias longitudes de onda (colores) de la luz. Puedes ver estos diferentes colores cuando la luz atraviesa un prisma: dado que las distintas longitudes de onda están inclinadas en diferentes ángulos a medida que atraviesan el prisma, se dispersan y forman lo que vemos como un arcoíris. 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.

Aunque la luz y otras formas de radiación electromagnética actúan como ondas en muchas condiciones, también puede actuar como partículas en otras. Cada partícula de radiación electromagnética, llamada fotón, tiene una cantidad fija de energía. Los tipos de radiación con longitud de onda corta tienen fotones de alta energía,

mientras aquellos con longitud de onda larga tienen fotones de baja energía.

III. Los pigmentos absorben la luz utilizada en la fotosíntesis

En la fotosíntesis, la energía solar se convierte en energía química mediante organismos fotosintéticos. Sin embargo, en la fotosíntesis no se usan de igual manera todas las distintas longitudes de onda en la luz del sol ya que los organismos fotosintéticos contienen moléculas llamadas pigmentos que absorben solo longitudes de onda específicas de la luz visible, mientras que reflejan otras.

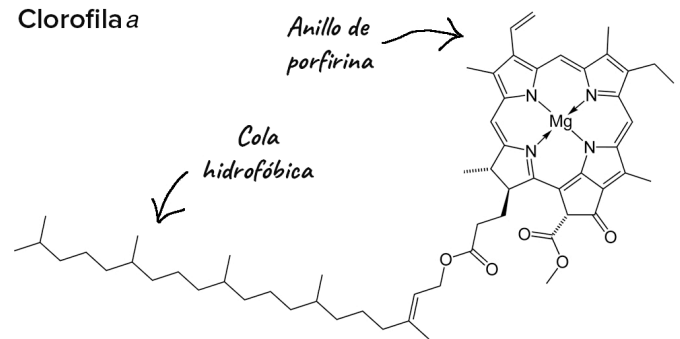
El conjunto de longitudes de onda que absorbe un pigmento se conoce como su espectro de absorción. El conjunto de longitudes de onda que un pigmento no absorbe, se refleja, y la luz reflejada es lo que vemos como color. Por ejemplo, percibimos las plantas de color verde por su gran contenido de moléculas de clorofila *a* y *b*, que reflejan luz verde.

- **Clorofila**

Hay cinco tipos principales de clorofila: *a*, *b*, *c* y *d*, más una molécula relacionada que se encuentra en procariontes llamada bacterioclorofila. En las plantas, la clorofila *a* y clorofila *b* son los principales pigmentos fotosintéticos. Las moléculas de clorofila absorben longitudes de onda azules y rojas, como se demuestra con los picos en los espectros de absorción anteriores.

A nivel estructural, las moléculas de clorofila se componen de una cola hidrófoba ("que le teme al agua") que se inserta en la membrana del tilacoide y una cabeza de anillo de porfirina (un grupo circular de átomos que rodean a un ion magnesio) que absorbe la luz

Figura 2. Molécula de clorofila (Tomado de Khan, 2019).



Aunque tanto la clorofila *a* como la clorofila *b* absorben luz, la clorofila *a* tiene una función única y crucial al convertir la energía de la luz en energía química. Todas las plantas fotosintéticas, algas y cianobacterias contienen clorofila *a*, mientras que solo las plantas y algas verdes contienen clorofila *b*, junto con algunos tipos de cianobacterias. Debido a la función central de la clorofila *a* en la fotosíntesis, todos los pigmentos utilizados además de la clorofila *a* se conocen como pigmentos accesorios, que incluyen otras clorofilas, así como otras clases de pigmentos, como los carotenoides. El uso de pigmentos accesorios permite la absorción de una gama más amplia de longitudes de onda y, por lo tanto, una captura mayor de energía de la luz solar.

- **Carotenoides**

Los carotenoides son otro grupo clave de pigmentos que absorben la luz violeta y verde azulada. Los brillantes carotenoides encontrados en frutos —como el rojo del tomate (licopeno), el amarillo de las semillas de maíz (zeaxantina) o el naranja de una cáscara de esta fruta (β -caroteno)— se utilizan como avisos para atraer animales, que pueden ayudar a dispersar las semillas de plantas.

En la fotosíntesis, los carotenoides ayudan a capturar la luz, pero también tienen una función importante al deshacerse del exceso de energía luminosa. Cuando una hoja está expuesta a pleno sol, recibe una cantidad enorme de energía; si dicha energía no se maneja adecuadamente, puede dañar la maquinaria fotosintética. Los carotenoides de los cloroplastos ayudan a absorber el exceso de energía y a disiparla como calor.

PARTE 2

Las reacciones dependientes de la luz

I. Introducción

Las plantas y otros organismos fotosintéticos son expertos en absorber la energía solar, gracias a las moléculas de pigmento que absorben la luz en sus hojas. Pero, ¿qué sucede con la energía de la luz que se absorbe? No vemos hojas brillantes como focos, pero también sabemos que la energía no simplemente desaparece, gracias a la primera ley de termodinámica (“la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma”).

Resulta que parte de la energía de la luz que absorben los pigmentos en las hojas se convierte en una forma diferente, en energía química. Esto sucede durante la primera etapa de la fotosíntesis, que consiste en una serie de reacciones químicas conocida como reacciones dependientes de la luz.

II. Descripción general de las reacciones dependientes de la luz

• Fotosistema II: genera ATP

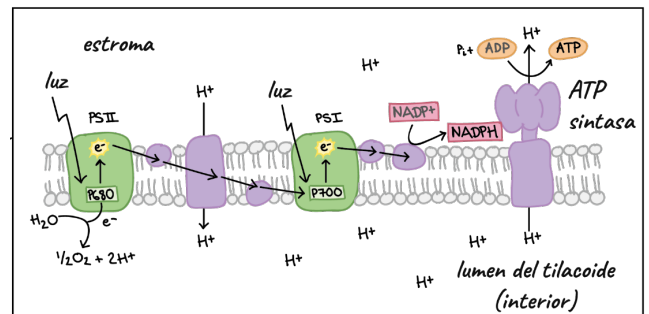
1. El fotosistema II se activa cuando una molécula de pigmento del complejo antena absorbe un fotón de energía lumínica.
2. La energía es transferida al centro de reacción. Una molécula P680 dona un electrón excitado (es un agente oxidante tan fuerte, que es capaz de extraer electrones del átomo de oxígeno (oxidación) de una molécula de agua).
3. Este es captado por un aceptor primario.
4. El electrón pasa por una cadena de moléculas aceptoras hasta que es donado a la molécula P700 en el *fotosistema I*. Parte de la energía se utiliza para bombear iones hidrógeno (H^+) del espacio interior tilacoidal al estroma, lo que genera un gradiente de iones H^+ dentro del tilacoide. Este gradiente

impulsa la síntesis de ATP por un proceso llamado quimiósmosis.

• Fotosistema I: genera NADPH

5. Una molécula de pigmento de un complejo antena también absorbe un fotón de luz proveniente del *fotosistema II*.
6. La energía absorbida se transfiere al centro de reacción, donde excita un electrón a la P700.
7. El electrón excitado se transfiere a un aceptor primario.
8. A su vez lo transfiere a la ferredoxina, una proteína de membrana que contiene hierro.
9. La cadena de transporte de electrones debe aportar dos electrones para reducir el $NADP^+$ a NADPH, que se libera en el estroma.
10. La molécula P700 adquiere carga positiva cuando cede un electrón al aceptor primario; el electrón faltante es reemplazado por uno cedido por el fotosistema II.

Figura 3. Esquema general de las Reacciones luminosas



Referencias

- Audersik, T., Gerald, A. y Bruce, E. M. (2003), “Captura de energía solar: Fotosíntesis”, capítulo 7 en *Biología: La vida en la Tierra*, 6ª. Ed, México, Prentice Hall, México, 114-129 Pp.
- Campbell, N. A., Mitchell, L. G. y Reece, J.B. (2001), “Fotosíntesis: uso de la luz para fabricar alimento”, capítulo 7 en *Biología: Conceptos y relaciones*, 3ª. Ed, Prentice Hall, México, 108-124 Pp.
- Khan, S. (2019b), Khan Academy: Las reacciones dependientes de la luz, California, E.U. Recuperado de: <https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-dependent-reactions>
- Solomon, E.P. Linda, R.B. y Diana, W.M. (2001). “Fotosíntesis: Captura de energía”, capítulo 8 en *Biología*,

5ª. Ed, México, Mc Graw-Hill Interamericana, Ciudad de México, 176-197 Pp.

Glosario

- **Cadena de transporte de electrones:** Conjunto de vehículos de transporte de electrones (como el NADPH o citocromos) que transfieren un electrón de la clorofila a través de una serie de reacciones de óxido reducción.
- **Quimiósmosis:** Proceso por el cual la fosforilación de ADP para formar ATP se acopla a la transferencia de electrones a favor de una cadena de transporte, el cual acciona bombas a través de la membrana; se forma ATP, y los electrones se difunden a través de conductos transmembrana en sintetasa ATP.

Nombre: _____

Grupo: _____

Fecha: _____

Horario: _____

Instrucciones: Contesta las siguientes preguntas con base a la lectura anterior.

4. Explica ¿cuál es la importancia de los pigmentos? y ¿qué tipos existen?

5. Describe brevemente las dos etapas que conforman la fase dependiente de la luz.

6. ¿Cuál es el principal producto de las reacciones luminosas?



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Escuela Nacional
Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur
Biología I-III

EL CICLO DE CALVIN

Instrucciones: Lee el siguiente texto de manera individual, después en equipo comenten acerca de lo que entendieron. Posteriormente, cada integrante se unirá a otros, y compartirán la información del texto que leyeron con sus compañeros.

I. Introducción

Tú, como todos los organismos de la Tierra, eres una forma de vida basada en carbono. Es decir, las moléculas complejas de tu increíble cuerpo se forman con base en esqueletos de carbono. Es posible que sepas que estás formado de carbono; sin embargo, ¿te has preguntado alguna vez de dónde proviene todo ese carbono? Resulta que los átomos de carbono de tu cuerpo alguna vez fueron parte de las moléculas de dióxido de carbono (CO_2) del aire. Los átomos de carbono acaban siendo parte de ti y de otras formas de vida gracias a la segunda etapa de la fotosíntesis, conocida como **ciclo de Calvin** (o **reacciones independientes de la luz**).

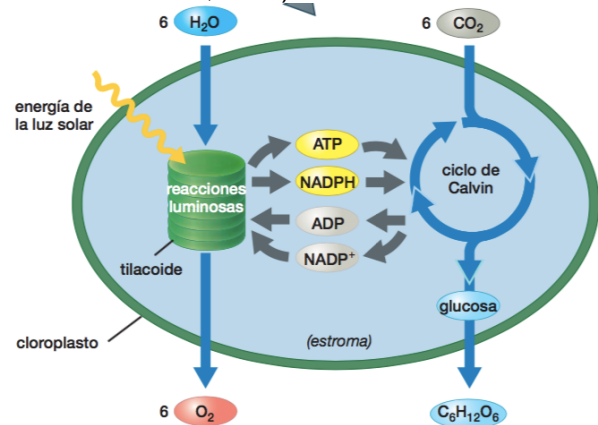
II. Descripción general del ciclo de Calvin

En las plantas, el CO_2 entra al interior de las hojas a través de unos poros llamados estomas y se difunde hacia el estroma del cloroplasto, el sitio en el cual se producen las reacciones del ciclo de Calvin, donde se sintetiza el azúcar. Estas reacciones también se llaman reacciones independientes de la luz, porque la luz no las causa directamente.

En el ciclo de Calvin, los átomos de carbono del CO_2 se fijan (es decir, se incorporan a moléculas orgánicas) y se utilizan para formar azúcares de tres carbonos. Este proceso es estimulado por el ATP y NADPH que provienen de las reacciones dependientes de la luz, y depende de ellos. A

diferencia de las reacciones dependientes de la luz, que ocurre en la membrana tilacoidal, las reacciones del ciclo de Calvin ocurren en el estroma (espacio interior de los cloroplastos).

Figura 1. Esquema general de la fotosíntesis (Tomado de: Audersik *et al*, 2003).



III. Reacciones del ciclo de Calvin

Las reacciones del ciclo de Calvin se pueden dividir en tres etapas principales: fijación de carbono, reducción y regeneración de la molécula de partida.

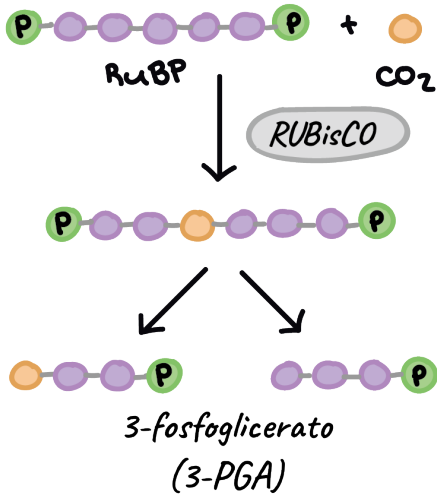
1. Fijación de carbono

La primera etapa del ciclo de Calvin incorpora el CO_2 en una molécula orgánica, un proceso llamado fijación de carbono. En las plantas, el CO_2 de la atmósfera entra en la capa mesófila de las hojas a través de los poros (estomas). Luego, puede difundirse en las células

del mesófilo y en el estroma de los cloroplastos, donde ocurre el ciclo de Calvin.

En el primer paso del ciclo, una enzima apodada RUBisCO (*carboxilasa-oxigenasa de ribulosa bisfosfato*) cataliza la fijación de CO₂ a un azúcar de cinco carbonos llamada *bisfosfato de ribulosa* (RuBP). Sin embargo, la molécula de 6 carbonos resultante es inestable y rápidamente se divide en dos moléculas de un compuesto de tres carbonos llamado 3-fosfoglicerato (3-PGA). Así por cada CO₂ que entra en el ciclo, se producen dos moléculas de 3-PGA.

Figura 2. Fase de fijación de carbono-ciclo de Calvin (Tomado de Khan, 2019).



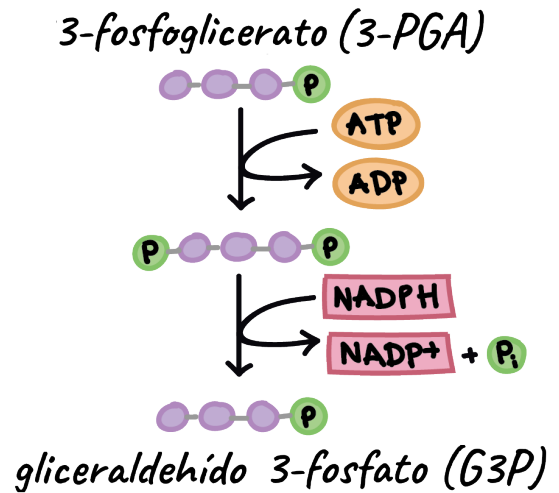
2. Reducción

En la segunda etapa, el ATP y NADPH se utilizan para convertir las moléculas de 3-PGA (de la fase de fijación) en un azúcar de tres carbonos. Esta etapa se llama así, porque el NADPH debe donar sus electrones o reducir a un intermediario de tres carbonos para formar el G3P. Este proceso ocurre en dos pasos principales:

- En primer lugar, cada molécula de 3-PGA recibe un grupo fosfato del ATP y se convierte en una molécula con doble fosforilación llamada 1,3-bisfosfoglicerato (y deja al ADP como subproducto).
- En segundo lugar, las moléculas de 1,3-bisfosfoglicerato se reducen (ganan

electrones). Cada molécula recibe dos electrones de la NADPH y pierde uno de sus grupos fosfato para convertirse en un azúcar de tres carbonos llamada gliceraldehído 3-fosfato (G3P). Este paso produce NADP⁺ y fosfato (P_i) como subproductos.

Figura 3. Fase de reducción-ciclo de Calvin (Tomado de Khan, 2019).



El ATP y NADPH utilizados en estos pasos son productos de las reacciones dependientes de la luz (la primera etapa de la fotosíntesis). Es decir, la energía química del ATP y el poder reductor de la NADPH, que generan con la energía de la luz, mantienen en funcionamiento el ciclo de Calvin. De manera recíproca, el ciclo de Calvin regenera el ADP y el NADP⁺, lo cual proporciona los substratos necesarios para las reacciones dependientes de la luz.

3. Regeneración de RuBP

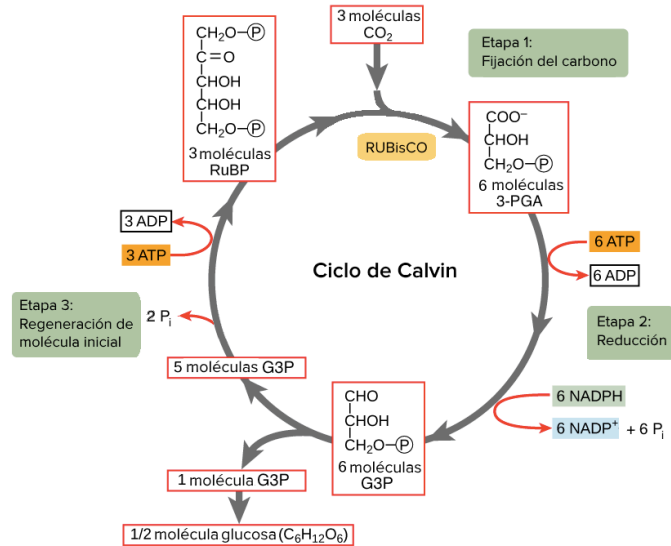
Algunas moléculas de G3P se van a formar glucosa, mientras que otras deben reciclarse para regenerar el aceptor RuBP. La regeneración necesita ATP e implica una compleja serie de reacciones.

Para que un G3P salga del ciclo (y se dirija a la síntesis de glucosa), tres moléculas de CO₂ deben entrar al ciclo, lo que resulta en tres nuevos átomos de carbono fijo. Cuando tres moléculas de CO₂ entran en el ciclo, se producen seis moléculas de G3P. Una sale del ciclo y se utiliza para formar

glucosa, mientras que las otras cinco deben reciclarse para regenerar tres moléculas del aceptor RuBP.

- **NADPH:** 6 moléculas de NADPH se convierten en 6 moléculas de NADP⁺ (durante la etapa de reducción).

Figura 3. Ciclo de Calvin (Tomado de Khan, 2019).



1) fijación de carbono; 2) reducción y 3) regeneración de RuBP

IV. Resumen de los reactivos y productos del ciclo de Calvin

Se necesitan tres vueltas del ciclo de Calvin para crear una molécula de G3P que pueda salir del ciclo para formar glucosa. Resumamos las cantidades de moléculas clave que entran y salen del ciclo de Calvin a medida que se crea una molécula de G3P neta. En tres vueltas del ciclo de Calvin:

- **Carbono:** 3 moléculas de CO₂ se combinan con tres aceptores RuBP, lo cual forma 6 moléculas de gliceraldehído-3-fosfato (G3P).
- 1 molécula de G3P sale del ciclo para formar glucosa.
- 5 moléculas de G3P se reciclan, lo cual regenera 3 moléculas aceptoras de RuBP.
- **ATP:** 9 moléculas de ATP se convierten en 9 ADP (6 durante la etapa de fijación y 3 durante la etapa de regeneración).

Bibliografía

- **Audersik, T., Gerald, A. y Bruce, E. M. (2003)**, “Captura de energía solar: Fotosíntesis”, capítulo 7 en *Biología: La vida en la Tierra*, 6ª. Ed, México, Prentice Hall, México, 114-129 Pp.
- **Campbell, N. A., Mitchell, L. G. y Reece, J.B. (2001)**, “Fotosíntesis: uso de la luz para fabricar alimento”, capítulo 7 en *Biología: Conceptos y relaciones*, 3ª. Ed, Prentice Hall, México, 108-124 Pp.
- **Khan, S. (2019)**, Khan Academy: El ciclo de calvin, California, E.U. Recuperado de: <https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-calvin-cycle-reactions/a/calvin-cycle>
- **Solomon, E.P. Linda, R.B. y Diana, W.M. (2001)**. “Fotosíntesis: Captura de energía”, capítulo 8 en *Biología*, 5ª. Ed, México, Mc Graw-Hill Interamericana, Ciudad de México, 176-197 Pp.

Glosario

- **Dinucleótido de nicotinamida y adenina (NADP⁺/NADPH):** Formas oxidada y reducida, respectivamente de la coenzima que transfiere electrones (en la forma de hidrógenos).
- **Trifosfato de Adenosina (ATP):** Compuesto orgánico que contiene adenina, ribosa y tres grupos fosfato; principal fuente de energía para la mayoría de las funciones celulares.

Nombre: _____

Grupo: _____

Fecha: _____

Horario: _____

Instrucciones: Contesta las siguientes preguntas con base a la lectura anterior.

1. ¿Dónde se efectúan el Ciclo de Calvin?

2. Describe brevemente lo que ocurre en el Ciclo de Calvin.

3. Para sintetizar una molécula de glucosa, ¿Cuántas vueltas y moléculas de CO_2 , ATP y NADPH utiliza el Ciclo de Calvin?

ANEXO 8. RÚBRICA RA-P-RP



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 Escuela Nacional
 Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur
 Biología I-III

RÚBRICA PARA EL CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO

Fecha: _____ **Grupo:** _____ **Horario:** _____

Instrucciones: El docente evaluará el desempeño de los estudiantes de forma individual con base a las respuestas que los alumnos escribirán en el cuestionario.

	Preguntas diagnóstico	Destacado (4)	Satisfactorio (3)	Suficiente (2)	Requiere apoyo (1)	Puntuación
1	¿Qué son las plantas? ¿Cuál es su importancia?	El alumno describe ampliamente el concepto de planta, mencionando tipo de célula pared celular, nutrición, reproducción, menciona su importancia y considera ejemplos en relación con la actividad humana.	El alumno describe el concepto de planta y menciona algunas de sus características, explica su importancia.	El alumno describe el concepto de planta, considerando algunas de sus características, sin considerar ejemplos de su importancia.	El alumno sólo describe el concepto de planta sin mencionar algunas de sus características, ni tampoco considera ejemplos en relación a su importancia.	
2	¿Sabes como comen las plantas?	El alumno utiliza los términos adecuados para explicar el tipo de metabolismo que tienen las plantas.	El alumno sólo menciona a la fotosíntesis, pero no menciona como se conoce ese tipo de metabolismo.	El alumno sólo menciona a la fotosíntesis o sólo menciona como se conoce ese tipo de metabolismo.	El alumno no menciona la fotosíntesis, ni como se conoce a ese tipo de metabolismo.	
3	¿Sabes que es la fotosíntesis y donde se realiza?	El alumno describe ampliamente el proceso de la fotosíntesis, mencionando los elementos que intervienen (qué y quienes) y especifica donde se realiza.	El alumno sólo describe el proceso de la fotosíntesis y donde ocurre.	El alumno menciona el proceso de la fotosíntesis y quien lo realiza, pero no menciona donde ocurre.	El alumno no describe el proceso de la fotosíntesis, ni quién lo realiza, ni en donde ocurre.	

4	¿Qué son los cloroplastos y donde se localizan?	El alumno describe ampliamente a los cloroplastos, utilizando los términos adecuados (qué son y su función) y explica detalladamente el lugar donde se localizan.	El alumno describe los cloroplastos y menciona donde se localizan.	El alumno sólo describe a los cloroplastos (que son y su función), pero no menciona donde se localizan.	El alumno no describe a los cloroplastos, ni en menciona donde se localizan.	
5	¿Qué es la clorofila?	El alumno utiliza los términos adecuados para explicar la importancia principal de la clorofila, menciona cuantos tipos existen y cuales se encuentran en las plantas.	El alumno describe la importancia de la clorofila y menciona cuales se encuentran en las plantas, pero no menciona cuantos tipos existen.	El alumno menciona la importancia de la clorofila y cuales se encuentran en las plantas, pero no menciona cuantos tipos existen.	El alumno no menciona la importancia de la clorofila, ni cuantos tipos existen, tampoco cuales son los principales que se encuentran en las plantas.	
6	¿Qué se necesita para que se lleve a cabo la fotosíntesis?	El alumno utiliza los términos adecuados para describir los elementos que se requieren para la fotosíntesis.	El alumno sólo menciona dos elementos que se requieren para la fotosíntesis.	El alumno menciona el bióxido de carbono y agua, pero no menciona que en presencia de luz.	El alumno no menciona los elementos que se requieren para la fotosíntesis.	
7	¿Porqué crees que es importante la fotosíntesis	El alumno describe ampliamente la importancia de la fotosíntesis, menciona la producción de oxígeno, como sustento alimenticio y en la producción de azúcares).	El alumno sólo menciona dos maneras en la que la fotosíntesis sustenta la vida.	El alumno sólo menciona una manera en la que la fotosíntesis sustenta la vida.	El alumno no menciona la importancia de la fotosíntesis.	

ANEXO 9. RÚBRICA LECTURAS

Lectura 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Escuela Nacional
Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur
Biología I-III

RÚBRICA PARA LA LECTURA “INTRODUCCIÓN A LA FOTOSÍNTESIS”

Fecha: _____ **Grupo:** _____ **Horario:** _____

Instrucciones: El docente evaluará el desempeño de los estudiantes de forma individual con base a las respuestas que los alumnos escribirán después de realizar la lectura.

	Preguntas diagnóstico	Destacado (4)	Satisfactorio (3)	Suficiente (2)	Requiere apoyo (1)	Puntuación
1	Explica ¿Qué es la fotosíntesis y donde se realiza?	El alumno describe ampliamente el proceso de la fotosíntesis, mencionando todos los elementos que intervienen (quienes, cómo y donde) y el resultado que se obtiene.	El alumno sólo describe el proceso de la fotosíntesis y donde se realiza.	Los alumno describe el proceso de la fotosíntesis, sin mencionar quienes, como y donde se realiza	El alumno no describe el proceso de la fotosíntesis, ni menciona los elementos que intervienen en el proceso.	
2	Describe brevemente las fases de la fotosíntesis	El alumno utiliza los términos adecuados para explicar las fases (qué y donde), y menciona el destino de cada uno de ellos.	El alumno menciona sólo dónde ocurre cada una de las fases o sólo que se forma sin mencionar el destino de los productos.	El alumno explica donde y qué se forma en cada una de las fases, pero no mencionan el destino de los productos.	El alumno no describen ninguna de las fases, o la descripción es muy vaga.	
3	¿Donde se llevan a cabo cada una de las fases?	El alumno utiliza los términos adecuados para explicar el lugar donde se desarrolla cada una de las fases.	Los alumnos mencionan la fase dependiente de la luz o sólo el Ciclo de Calvin.	Los alumnos mencionan la fase dependiente de la fotosíntesis, pero no mencionan el Ciclo de Calvin.	Los alumnos no mencionan donde se llevan a cabo cada una de las fases.	

Lectura 2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional

Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur

Biología I-III

RÚBRICA PARA LA LECTURA “FASE DEPENDIENTE DE LA LUZ”

Fecha: _____ Grupo: _____ Horario: _____

Instrucciones: El docente evaluará el desempeño de los estudiantes de forma individual con base a las respuestas que los alumnos escribirán después de realizar la lectura.

	Preguntas diagnóstico	Destacado (4)	Satisfactorio (3)	Suficiente (2)	Requiere apoyo (1)	Puntuación
1	Explica ¿Cuál es la importancia de los pigmentos? y ¿qué tipos existen?	El alumno utiliza los términos adecuados para explicar la importancia principal de los pigmentos, menciona cuantos tipos existen y cuales se encuentran en las plantas.	El alumno describe la importancia de los pigmentos y menciona cuales se encuentran en las plantas, pero no menciona cuantos tipos de pigmentos existen.	El alumno menciona la importancia de los principales pigmentos que se encuentran en las plantas, pero no menciona cuantos tipos de pigmentos existen.	El alumno no menciona la importancia de los pigmentos ni los tipos que existen, tampoco cuales son los principales que se encuentran en las plantas	
2	Describe brevemente las dos etapas que conforman la fase dependiente de la luz	El alumno describe ampliamente lo que ocurre en el fotosistema II y el fotosistema I, mencionando todos los elementos y procesos que intervienen, así como el producto de cada uno de los fotosistemas.	El alumno describe lo que ocurre en el fotosistema I y en el fotosistema II, menciona cual es el producto de cada fotosistema.	El alumno describe lo que ocurre en el fotosistema II y en el fotosistema I, pero no menciona cual es el producto de cada fotosistema.	El alumno no describe lo que ocurre en el fotosistema II y en el fotosistema I.	
3	¿Cuál es principal producto de las reacciones luminosas?	El alumno explica lo que se genera en el fotosistema II y en el fotosistema I, mencionando como proceso importante la quimiósmosis.	El alumno menciona lo que se genera en el fotosistema II y en el fotosistema I.	El alumno menciona sólo lo que se genera en el fotosistema II o en el fotosistema I, tampoco menciona el proceso de la quimiósmosis.	El alumno no menciona cual es producto de cada fotosistema.	

Lectura 3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 Escuela Nacional
 Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur
 Biología I-III

RÚBRICA PARA LA LECTURA “EL CICLO DE CALVIN”

Fecha: _____ **Grupo:** _____ **Horario:** _____

Instrucciones: El docente evaluará el desempeño de los estudiantes de forma individual con base a las respuestas que los alumnos escribirán después de realizar la lectura.

	Preguntas diagnóstico	Destacado (4)	Satisfactorio (3)	Suficiente (2)	Requiere apoyo (1)	Puntuación
1	¿Donde se efectúa el Ciclo de Calvin?	El alumno describe brevemente lo que requiere el Ciclo de Calvin y hacia donde se dirige	El alumno menciona donde se realiza el Ciclo de Calvin y describen brevemente el proceso, pero no menciona cual es el producto.	El alumno sólo menciona donde se lleva a cabo el Ciclo de Calvin.	El alumno no menciona donde se realiza, ni describen brevemente el proceso.	
2	Describe brevemente lo que ocurre en el Ciclo de Calvin	El alumno utiliza los términos adecuados para explicar los pasos y las moléculas que intervienen en la formación de glucosa durante el Ciclo de Calvin (RuBP, rubisco) y los productos de cada uno (PGA, G3P)	El alumno menciona los pasos del ciclo de Calvin, explica brevemente cada uno de ellos, pero no menciona las moléculas que intervienen, ni los productos	El alumno sólo menciona los pasos del ciclo de Calvin, pero no los describe, ni tampoco menciona las moléculas que intervienen, ni los productos	El alumno no menciona los pasos del Ciclo de Calvin, ni los describe.	
3	Para sintetizar una molécula de glucosa, ¿Cuántas moléculas de CO ₂ , ATP y NADPH utiliza el Ciclo de Calvin?	El alumno menciona el número de moléculas utilizadas en el Ciclo de Calvin y menciona porqué.	El alumno únicamente pone el número y la molécula a la que se refiere, sin mencionar porqué	El alumno sólo pone el número, pero no menciona a que molécula pertenece, si es CO ₂ , ATP o NADPH	El alumno no menciona el número de moléculas utilizadas en el ciclo.	

ANEXO 10. RESULTADOS

Resultados: Práctica docente III

Lecturas

Lectura 1: “Fotosíntesis”

Población (N)	Comprensión de la lectura	Organización del equipo	Actitud del equipo	Dinámica de trabajo	Presentación de equipo	Pensamiento crítico	Promedio final
1	5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.1
2	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
3	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
4	2.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.7
5	5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.1
6	5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.1
7	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
8	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
9	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
10	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
11	2.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.7
12	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
13	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
14	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
15	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	7.17	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.4

Destacado = 10
 Satisfactorio = 7.5
 Suficiente = 5
 Requiere apoyo = 2.5

Lectura 2: “Fase dependiente de la luz”

Población (N)	Comprensión de la lectura	Organización del equipo	Actitud del equipo	Dinámica de trabajo	Presentación de equipo	Pensamiento crítico	Promedio final
1	5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.1
2	5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.1
3	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
4	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
5	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
6	5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.1
7	2.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.7
8	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5

9	5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.1
	6.39	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.3

Destacado = 10
Satisfactorio = 7.5
Suficiente = 5
Requiere apoyo = 2.5

Lectura : “Fase independiente de la luz”

Población (N)	Comprensión de la lectura	Organización del equipo	Actitud del equipo	Dinámica de trabajo	Presentación de equipo	Pensamiento crítico	Promedio
1	2.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.7
2	2.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.7
3	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
4	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
6	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
7	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
8	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
9	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
10	5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.1
11	10	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.9
12	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	7.71	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.5

Destacado = 10
Satisfactorio = 7.5
Suficiente = 5
Requiere apoyo = 2.5